

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE INVENTARIO NACIONAL 2024

*PRIMER INFORME BIENAL DE TRANSPARENCIA DE PANAMÁ ANTE LA
CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO*



Este documento fue elaborado bajo la iniciativa del "Primer Informe Bienal de Transparencia de Panamá", ejecutado por Fundación Wetlands International; con el generoso financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), la Promesa Climática del PNUD y los gobiernos de Alemania, Japón, la Unión Europea, Reino Unido, Suecia, España, Bélgica, Islandia, Italia, Portugal, y otros socios de financiamiento básico, y respalda la contribución del PNUD a la NDC Partnership.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no representan necesariamente las de las Naciones Unidas, incluido el PNUD, la NDC Partnership, los gobiernos de Alemania, Japón, la Unión Europea, Reino Unido, Suecia, España, Bélgica, Islandia, Italia, Portugal u otros socios de financiamiento básico del PNUD.

CRÉDITOS Y AUTORÍAS

Créditos del *Documento de Inventario Nacional 2024 que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2021*

Ministerio de Ambiente Autoridades

Milcíades Concepción
Ministro de Ambiente

Diana Laguna
Viceministra de Ambiente

Ligia Castro
**Directora de Cambio Climático
Asesora del ministro de Ambiente**

Coordinación técnica

Javier Martínez
Jefe del Departamento de Mitigación

Melani Acosta Chin
**Coordinadora del Sistema Sostenible de Inventarios
Nacionales de Gases de Efecto Invernadero**
Compilación, Revisión y Edición

Paulo Cornejo
Revisor internacional
Red CBIT-GSP de Transparencia Climática
para América Latina y el Caribe
Hispanohablante (UNEP-CCC).

Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo

María del Carmen Sacasa
Representante Residente

Itziar González Gómez
Representante Residente Adjunta

Jessica Young
**Gerente País de Ambiente, Cambio Climático y Gestión
de Riesgo**

José de Gracia
Coordinador de Proyecto

Anarela Sánchez
Asociada de Programas

Anna Núñez
Asociada Técnica de Proyecto

Deyanira González
**Asistente Senior Administrativa y Financiera de
Proyectos de Cambio Climático**

Fundación Wetlands International
Mayllely Cabrera
Directora Ejecutiva de la Oficina Regional en Panamá

Magdalena Canto
Jefa de Administración y Finanzas

Lanneth Barrera
Oficial de Proyectos

Wendy Rodríguez
Asistente Administrativa

Otros agradecimientos

La Dirección de Cambio Climático desea agradecer a los diferentes individuos y organizaciones que han contribuido al desarrollo de este documento y sus diferentes versiones en los últimos años y han facilitado la mejora continua en el proceso de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero del país.

Autorías del Documento de Inventario Nacional 2024 que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2021

CAPÍTULO 1. CIRCUNTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL

Melani Acosta y Javier Martínez, Ministerio de Ambiente

CAPÍTULO 2. TENDENCIA NACIONAL DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 2000-2021

Melani Acosta, Javier Martínez y Raúl Gutiérrez, Ministerio de Ambiente

CAPÍTULO 3. SECTOR ENERGÍA

Carolina Velásquez Arias y Gabriela Marie Santamaría, Ministerio de Ambiente

Agradecimientos

- Autoridad Marítima de Panamá: Ángela Chávez de Ábrego, Carlos Burbano
- Autoridad Aeronáutica Civil: Mariela Ríos
- Secretaría Nacional de Energía: Carlos Iglesias, Carlos Rivera, Paula Mesé

CAPÍTULO 4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

Kevin Polo y Melani Acosta, Ministerio de Ambiente

Agradecimientos

- Ministerio de Salud: Niurka González, Milagros Díaz
- Secretaria Nacional de Energía: Carlos Iglesias, Carlos Rivera, Paula Mese
- Cemex Panamá: Beatriz Ho
- Instituto Nacional de Estadística y Censo: Víctor Morales, Tomás Ortiz
- Autoridad Nacional de los Servicios Públicos: Rigel Moscote, Rubén Guerrero, Alfredo Cedeño

CAPÍTULO 5. SECTOR AGRICULTURA

Yuriza Guerrero, Ministerio de Ambiente

Agradecimientos

- Ministerio de Ambiente: Margie Moreno, Raúl Gutiérrez y Sila Boya
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario: Héctor Pérez y Carlos Cornejo
- Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá: Audino Melgar

CAPÍTULO 6. SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

Yoisy Belén Castillo, Abigail Abrego e Isaías Martínez, Ministerio de Ambiente

Agradecimientos

- Ministerio de Ambiente: Raúl Gutiérrez
- Yasna Rojas

CAPÍTULO 7. SECTOR RESIDUOS

Debbra Cisneros y Michelle Ruíz, Ministerio de Ambiente

Agradecimientos:

- Javier Martínez Cedeño, Manuel López (Coclé), Sila Boya (Chiriquí), Graciela González (Herrera), Rolando Ruiloba (Veraguas), Cesar Castillo (Panamá Oeste) y Kira Sandoval (Panamá Metro), Direcciones Regionales de MiAMBIENTE
- Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales: Eduardo Ruíz
- Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario: Dirección de Servicios Técnicos
- Instituto Nacional de Estadística y Censo: Sección de Estadísticas de Ambientales

CAPÍTULO 10. NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INVENTARIO

Melani Acosta, Carolina Velásquez, Gabriela Santamaría, Kevin Polo, Yuriza Guerrero, Michelle Ruíz, Debbra Cisneros, Ministerio de Ambiente

ANEXOS

Carolina Velásquez, Gabriela Santamaría, Yoisy Belén Castillo, Javier Martínez, Yuriza Guerrero, Melani Acosta, Ministerio de Ambiente

CONTENIDOS

CONTENIDOS	5
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	12
CAPÍTULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN	
TRANSVERSAL	23
1.1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE INVENTARIOS DE GEI Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	23
1.1.1. <i>Cambio climático</i>	23
1.1.2. <i>Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero</i>	24
1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CIRCUNSTANCIAS NACIONALES Y ARREGLOS INSTITUCIONALES	25
1.2.1. <i>Entidad nacional</i>	26
1.2.2. <i>Proceso de elaboración del inventario</i>	27
1.2.3. <i>Archivo de la información</i>	29
1.2.4. <i>Proceso para el examen y la aprobación oficial del inventario.</i>	30
1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS, MÉTODOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN	30
1.3.1. <i>Métodos y fuentes de información del sector Energía</i>	36
1.3.2. <i>Métodos y fuentes de información del sector IPPU</i>	36
1.3.3. <i>Métodos y fuentes de información del sector Agricultura</i>	37
1.3.4. <i>Métodos y fuentes de información del sector UTCUTS</i>	39
1.3.5. <i>Métodos y fuentes de información del sector Residuos</i>	40
1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS PRINCIPALES.....	42
1.4.1. <i>Resultado de análisis de categorías principales</i>	42
1.4.2. <i>Resumen de resultados de categorías principales</i>	44
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE AC/CC Y SU APLICACIÓN	46
1.5.1. <i>Actividades generales de control de calidad.</i>	46
1.5.2. <i>Actividades generales de garantía de calidad</i>	47
1.5.3. <i>Actividades generales de verificación</i>	48
1.5.4. <i>Dictamen de expertos</i>	48
1.6. EVALUACIÓN GENERAL DE LA INCERTIDUMBRE	48
1.7. EVALUACIÓN GENERAL DE LA EXHAUSTIVIDAD	50
1.7.1. <i>Información sobre la exhaustividad</i>	50
1.7.2. <i>Descripción de las categorías insignificantes</i>	56
1.8. SISTEMAS DE MEDICIÓN	56
1.9. RESUMEN DE LA FLEXIBILIDAD APLICADA.....	57
CAPÍTULO 2. TENDENCIA NACIONAL DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ	
2000-2021	59
2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI DE 2021	59
2.2. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA TENDENCIA DE GEI POR SECTOR	62
2.3. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA TENDENCIA POR GEI	64
CAPÍTULO 3. SECTOR ENERGÍA (CRT sector 1)	67
3.1. PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	67
3.1.1. <i>Descripción del sector</i>	67
3.1.2. <i>Tendencia de los GEI del sector</i>	68
3.1.3. <i>Aspectos metodológicos generales del sector</i>	72
3.2. ACTIVIDADES DE QUEMA DE COMBUSTIBLES (CRT 1.A)	76
3.2.1. <i>Descripción de la categoría</i>	76
3.2.2. <i>Tendencia de los GEI de la categoría</i>	77
3.2.3. <i>Aspectos metodológicos específicos de la categoría</i>	77
3.2.4. <i>Comparación entre el Método sectorial y el Método de referencia</i>	81

3.2.5.	Actividades de GCCV de la categoría	83
3.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría	85
3.2.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	85
3.2.8.	Tanques de combustible internacional	86
3.2.9.	Emisiones de CO₂ de la biomasa usada con fines energéticos	88
3.2.10.	Materias primas y uso no energético de los combustibles	90
3.2.11.	Industrias de la energía (CRT 1.A.1)	90
3.2.12.	Industrias manufactureras y de la construcción (CRT 1.A.2)	97
3.2.13.	Transporte (CRT 1.A.3)	104
3.2.14.	Otros sectores (CRT 1.A.4)	112
3.3.	EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES (CRT 1.B)	117
3.4.	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE CO₂ (CRT 1.C)	117
CAPÍTULO 4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (CRT sector 2) ...		119
4.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	119
4.1.1.	Descripción del sector	119
4.1.2.	Tendencia de los GEI del sector	120
4.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector	127
4.2.	INDUSTRIA DE LOS MINERALES (CRT 2.A)	130
4.2.1.	Descripción de la categoría	130
4.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	130
4.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	131
4.2.4.	Producción de cemento	132
4.2.5.	Producción de vidrio	134
4.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría	138
4.2.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	138
4.2.8.	Sistema de archivo y respaldo	139
4.3.	INDUSTRIA QUÍMICA (CRT 2.B)	139
4.4.	INDUSTRIA DE LOS METALES (CRT 2.C)	139
4.5.	PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y USO DE SOLVENTES (CRT 2.D)	140
4.5.1.	Descripción de la categoría	140
4.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	140
4.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	141
4.5.4.	Uso de lubricante	141
4.5.5.	Uso de la cera de parafina	145
4.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría	148
4.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	149
4.5.8.	Sistema de archivo y respaldo	149
4.6.	INDUSTRIA ELECTRÓNICA (CRT 2.E)	149
4.7.	USO DE PRODUCTOS SUSTITUTOS DE LAS SAO (CRT 2.F)	150
4.7.1.	Descripción de la categoría	150
4.7.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	150
4.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	152
4.7.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría	156
4.7.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	156
4.7.6.	Actividades específicas de GCCV de la categoría	157
4.7.7.	Nuevos cálculos de la categoría	158
4.7.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	159
4.7.9.	Sistema de archivo y respaldo	160
4.8.	MANUFACTURA Y UTILIZACIÓN DE OTROS PRODUCTOS (CRT 2.G)	160
4.8.1.	Descripción de la categoría	160
4.8.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	160
4.8.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	161

4.8.4.	Equipos eléctricos	162
4.8.5.	Nuevos cálculos de la categoría	166
4.8.6.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	166
4.8.7.	Sistema de archivo y respaldo	167
CAPÍTULO 5. SECTOR AGRICULTURA (CRT sector 3)		169
5.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	169
5.1.1.	Descripción del sector	169
5.1.2.	Tendencia de los GEI del sector	169
5.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector	173
5.2.	FERMENTACIÓN ENTÉRICA (CRT 3.A)	175
5.2.1.	Descripción de la categoría	175
5.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	176
5.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	177
5.2.3.1.	Datos de actividad específicos de la categoría	178
5.2.3.2.	Factores de emisión aplicados en cada categoría	181
5.2.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría	189
5.2.5.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría	190
5.2.6.	Actividades específicas de garantía y control de la calidad de la categoría	191
5.2.7.	Nuevos cálculos de la categoría	191
5.2.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	192
5.2.9.	Sistema de archivo y respaldo	193
5.3.	GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (CRT 3.B)	193
5.3.1.	Descripción de la categoría	193
5.3.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	194
5.3.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	195
5.3.3.1.	Datos de actividad específicos de la categoría	196
5.3.3.2.	Factores de emisión aplicados en la categoría	198
5.3.4.	Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría	199
5.3.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	199
5.3.6.	Actividades específicas de GCCV de la categoría	200
5.3.7.	Nuevos cálculos de la categoría	200
5.3.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	202
5.3.9.	Sistema de archivo y respaldo	202
5.4.	CULTIVO DEL ARROZ (CRT 3.C)	202
5.4.1.	Descripción de la categoría	202
5.4.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	203
5.4.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	204
5.4.3.1.	Datos de actividad específicos de la categoría	204
5.4.3.2.	Factores de emisión aplicados en la categoría	205
5.4.4.	Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría	205
5.4.5.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría	205
5.4.6.	Actividades específicas de GCCV de la categoría	206
5.4.7.	Nuevos cálculos de la categoría	206
5.4.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	207
5.4.9.	Sistema de archivo y respaldo	207
5.5.	SUELOS AGRÍCOLAS (CRT 3.D)	207
5.5.1.	Descripción de la categoría	207
5.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	208
5.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	210
5.5.3.1.	Datos de actividad específicos de la categoría	210
5.5.3.2.	Factores de emisión aplicados en la categoría	213
5.5.4.	Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría	214

5.5.5.	<i>Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría</i>	214
5.5.6.	<i>Actividades específicas de GCCV de la categoría</i>	215
5.5.7.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	215
5.5.8.	<i>Plan de mejoramiento específico de la categoría</i>	216
5.5.9.	<i>Sistema de archivo y respaldo</i>	216
5.6.	QUEMA PRESCRITA DE SABANAS (CRT 3.E)	217
5.7.	QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLA EN EL CAMPO (CRT 3.F)	217
5.7.1.	<i>Descripción de la categoría</i>	217
5.7.2.	<i>Tendencia de los GEI de la categoría</i>	217
5.7.3.	<i>Aspectos metodológicos específicos de la categoría</i>	218
5.7.3.1.	<i>Datos de actividad específicos de la categoría</i>	218
5.7.3.2.	<i>Factores de emisión aplicados en la categoría</i>	219
5.7.4.	<i>Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría</i>	220
5.7.5.	<i>Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría</i>	220
5.7.6.	<i>Actividades específicas de GCCV de la categoría</i>	220
5.7.7.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	221
5.7.8.	<i>Plan de mejoramiento específico de la categoría</i>	221
5.7.9.	<i>Sistema de archivo y respaldo</i>	222
5.8.	ENCALADO (CRT 3.G-J)	222
5.8.1.	<i>Descripción de la categoría</i>	222
5.8.2.	<i>Tendencia de los GEI de la categoría</i>	222
5.8.3.	<i>Aspectos metodológicos específicos de la categoría</i>	223
5.8.3.1.	<i>Datos de actividad específicos de la categoría</i>	223
5.8.3.2.	<i>Factores de emisión aplicados en la categoría</i>	224
5.8.4.	<i>Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría</i>	224
5.8.5.	<i>Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría</i>	224
5.8.6.	<i>Actividades específicas de GCCV de la categoría</i>	225
5.8.7.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	225
5.8.8.	<i>Plan de mejoramiento específico de la categoría</i>	226
5.8.9.	<i>Sistema de archivo y respaldo</i>	226
5.9.	APLICACIÓN DE UREA (CRT 3.G-J)	226
5.9.1.	<i>Descripción de la categoría</i>	226
5.9.2.	<i>Tendencia de los GEI de la categoría</i>	227
5.9.3.	<i>Aspectos metodológicos específicos de la categoría</i>	227
5.9.3.1.	<i>Datos de actividad específicos de la categoría</i>	228
5.9.3.2.	<i>Factores de emisión aplicados en la categoría</i>	228
5.9.4.	<i>Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría</i>	228
5.9.5.	<i>Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría</i>	228
5.9.6.	<i>Actividades específicas de GCCV de la categoría</i>	229
5.9.7.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	229
5.9.8.	<i>Plan de mejoramiento específico de la categoría</i>	230
5.9.9.	<i>Sistema de archivo y respaldo</i>	230
5.10.	OTROS FERTILIZANTES QUE CONTIENEN CARBONO (CRT 3.I)	230
5.11.	ACTIVIDADES DE GCCV DEL SECTOR	230
5.11.1.	<i>Actividades de control de calidad</i>	230
5.11.2.	<i>Actividades de garantía de calidad</i>	232
5.11.3.	<i>Actividades de verificación</i>	232
CAPÍTULO 6. SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA		
(CRT sector 4)		234
6.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	234
6.1.1.	<i>Descripción del sector</i>	234

6.1.2.	Tendencia de los GEI del sector.....	234
6.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector.....	238
6.1.4.	Aplicación del Suplemento de 2013 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: humedales.....	242
6.2.	DEFINICIONES DE USO DE LA TIERRA Y LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN	242
6.2.1.	Clasificación de las categorías de uso de la tierra	243
6.2.2.	Clasificación de las regiones climáticas.....	244
6.2.3.	Clasificación de los tipos de suelo.....	245
6.3.	MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA REPRESENTACIÓN DE LAS TIERRAS	246
6.4.	TIERRAS FORESTALES (CRT 4.A)	248
6.4.1.	Descripción de la categoría	248
6.4.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	251
6.4.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	256
6.4.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría.....	265
6.4.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	266
6.4.6.	Actividades específicas de GCCV de la categoría.....	266
6.4.7.	Nuevos cálculos de la categoría	267
6.4.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	269
6.4.9.	Sistema de archivo y respaldo.....	270
6.5.	TIERRAS DE CULTIVO (CRT 4.B)	270
6.5.1.	Descripción de la categoría	270
6.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	271
6.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	272
6.5.3.1.	Cambios de las existencias de C en biomasa.....	272
6.5.3.2.	Cambios de las existencias de C en materia orgánica muerta	273
6.5.3.3.	Cambios de las existencias de C en suelos	273
6.5.3.4.	Datos de actividad específicos de la categoría.....	274
6.5.3.5.	Factores de emisión aplicados en la categoría	274
6.5.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría.....	274
6.5.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	274
6.5.6.	Actividades de GCCV de la categoría	275
6.5.6.1.	Actividades específicas de garantía de la calidad	275
6.5.6.2.	Actividades específicas de control de calidad	275
6.5.6.3.	Actividades específicas de verificación	275
6.5.7.	Nuevos cálculos de la categoría	275
6.5.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	276
6.6.	PASTIZALES (CRT 4.C).....	276
6.6.1.	Descripción de la categoría	276
6.6.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	277
6.6.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	278
6.6.3.1.	Cambios de las existencias de C en biomasa.....	278
6.6.3.2.	Cambios de las existencias de C en materia orgánica muerta	279
6.6.3.3.	Cambios de las existencias de C en suelos	279
6.6.3.4.	Datos de actividad específicos de la categoría.....	279
6.6.3.5.	Factores de emisión aplicados en la categoría	280
6.6.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría.....	280
6.6.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	280
6.6.6.	Actividades de GCCV de la categoría	281
6.6.6.1.	Actividades específicas de garantía de la calidad	281
6.6.6.2.	Actividades específicas de control de calidad	281
6.6.6.3.	Actividades específicas de verificación	281
6.6.7.	Nuevos cálculos de la categoría	281

6.6.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	282
6.7.	HUMEDALES (CRT 4.D)	282
6.7.1.	Descripción de la categoría	282
6.7.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	282
6.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	283
6.7.3.1.	Cambios de las existencias de C en biomasa	284
6.7.3.2.	Datos de actividad específicos de la categoría	284
6.7.3.3.	Factores de emisión aplicados en la categoría	284
6.7.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría	284
6.7.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	284
6.7.6.	Actividades de GCCV de la categoría	285
6.7.6.1.	Actividades específicas de garantía de la calidad	285
6.7.6.2.	Actividades específicas de control de calidad	285
6.7.6.3.	Actividades específicas de verificación	285
6.7.7.	Nuevos cálculos de la categoría	285
6.7.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	285
6.8.	ASENTAMIENTOS (CRT 4.E)	285
6.8.1.	Descripción de la categoría	285
6.8.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	286
6.8.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	286
6.8.3.1.	Cambios de las existencias de C en biomasa	287
6.8.3.2.	Cambios de las existencias de C en materia orgánica muerta	287
6.8.3.3.	Cambios de las existencias de C en suelos	287
6.8.3.4.	Datos de actividad específicos de la categoría	287
6.8.3.5.	Factores de emisión aplicados en la categoría	287
6.8.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría	287
6.8.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	288
6.8.6.	Actividades de GCCV de la categoría	288
6.8.6.1.	Actividades específicas de garantía de la calidad	288
6.8.6.2.	Actividades específicas de control de calidad	288
6.8.6.3.	Actividades específicas de verificación	288
6.8.7.	Nuevos cálculos de la categoría	288
6.8.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	289
6.9.	OTRAS TIERRAS (CRT 4.F)	289
6.9.1.	Descripción de la categoría	289
6.9.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	289
6.10.	PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA (CRT 4.G)	289
6.11.	OTROS (EMISIONES- DE N₂O POR ACUICULTURA) (4.H)	290
6.11.1.	Descripción de la categoría	290
6.11.2.	Tendencia de los GEI de la categoría	290
6.11.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría	290
6.11.3.1.	Emisiones directas de N₂O por acuicultura	290
6.11.3.2.	Datos de actividad específicos de la categoría	291
6.11.3.3.	Factores de emisión aplicados en la categoría	291
6.11.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría	291
6.11.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	291
6.12.	ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DE GARANTÍA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL SECTOR	291
6.12.1.1.	Actividades específicas de Garantía de la Calidad del sector	292
6.12.1.2.	Actividades específicas de Control de la Calidad del sector	292
CAPÍTULO 7.	SECTOR RESIDUOS (CRT 5)	297
7.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	297
7.1.1.	Descripción del sector	297

7.1.2.	Tendencia de los GEI del sector.....	298
7.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector.....	302
7.2.	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (CRT 5.A)	304
7.2.1.	Descripción de la categoría	304
7.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	305
7.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	306
7.2.4.	Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría.....	318
7.2.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	318
7.2.6.	Actividades específicas de GCCV de la categoría.....	320
7.2.7.	Nuevos cálculos de la categoría	321
7.2.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	322
7.2.	TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS (CRT 5.B).....	323
7.3.	INCINERACIÓN Y QUEMA ABIERTA DE RESIDUOS (CRT 5.C).....	323
7.3.1.	Descripción de la categoría	323
7.3.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	324
7.3.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	324
7.3.4.	Descripción de la flexibilidad aplicada en la categoría	328
7.3.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	328
7.3.6.	Actividades específicas de GCCV de la categoría.....	329
7.3.7.	Nuevos cálculos de la categoría	329
7.3.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	329
7.4.	TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (CRT 5.D).....	330
7.4.1.	Descripción de la categoría	330
7.4.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	331
7.4.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	331
7.4.4.	Descripción de la flexibilidad aplicada en la categoría	342
7.4.5.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría	342
7.4.6.	Actividades específicas de GCCV de la categoría.....	343
7.4.7.	Nuevos cálculos de la categoría	343
7.4.8.	Plan de mejoramiento específico de la categoría	344
CAPÍTULO 8.	Otros sectores	348
CAPÍTULO 9.	Emisiones indirectas de CO₂ y N₂O	348
CAPÍTULO 10.	NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INGEI	349
10.1.	JUSTIFICACIÓN E IMPLICANCIAS DE LOS NUEVOS CÁLCULOS	349
10.2.	ASPECTOS RELEVANTES EN LOS NUEVOS CÁLCULOS Y PLAN DE MEJORA	350
10.2.1.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Energía.....	350
10.2.2.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector IPPU	353
10.2.3.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Agricultura	355
10.2.4.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS	358
10.2.5.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Residuos.....	363
REFERENCIAS	367
ANEXOS	374
ANEXO 1.	CATEGORÍAS PRINCIPALES.....	375
ANEXO 2.	EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE	409
ANEXO 3.	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REFERENCIA Y COMPARACIÓN DE ESTIMACIONES.....	418
ANEXO 4.	PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD.....	423
ANEXO 5.	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS METODOLOGÍAS E INFORMACIÓN ADICIONAL	445
ANEXO 5.1.	Sector Agricultura.....	445
ANEXO 5.2.	Sector UTCUTS.....	451
ANEXO 6.	Tablas comunes de reporte	477

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AAUD	Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario
ACP	Autoridad del Canal de Panamá
AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, siglas en inglés
AIE	Agencia Internacional de Energía
AMP	Autoridad Marítima de Panamá
ANA	Autoridad Nacional de Aduanas de Panamá
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC, siglas en inglés
ASEP	Autoridad Nacional de Servicios Públicos
BEN	Balance Energético Nacional
BEP	Barril equivalente de petróleo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
C	Confidencial (clave de notación) o carbono
CAPAC	Cámara Panameña de la Construcción
CBIT-GSP	Capacity Building Initiative for Transparency - Global Support Programme
CDN	Contribución determinada a nivel nacional
CDN1	Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional Actualizada de Panamá
CEC	Cambio entre categorías
CH ₄	Metano
CKD	Polvo de horno de cemento, siglas en inglés
CMA	Conferencia de las Partes que actúa como reunión de las Partes del Acuerdo de París, siglas en inglés
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CND	Centro Nacional de Despacho de Panamá
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ eq	Dióxido de carbono equivalente
CONACCP	Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá
CONADES	Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible
COP	Conferencia de las Partes, sigla en inglés
COPE	Comisión de Política Energética
COS	Carbono orgánico del suelo
COTEA	Comité de Estadísticas Ambientales
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
D	Valor por defecto para los factores de emisión
DAP	Diámetro a la altura del pecho
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DCC	Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente de Panamá
DE100	Decreto Ejecutivo 100 de 20 de octubre de 2020
DIAM	Dirección de Información Ambiental
DIFOR	Dirección Forestal del Ministerio de Ambiente de Panamá
DIN	Documento de Inventario Nacional
DIN 2024	Informe del inventario nacional 2024 que incluye el inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá 2000-2021
DIVEDA	Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental del Ministerio de Ambiente.
DNH	Dirección Nacional de Hidrocarburos de Panamá
DOC	Carbono orgánico degradable
DPO	Descomposición de primer orden
ECI	Equipo coordinador de inventarios

ETESA	Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.
ETIS	Equipo técnico de inventarios sectoriales
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, siglas en inglés
FAOSTAT	Base de datos y estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, siglas en inglés
FMAM	Fondo para el medio ambiente mundial
GCCV	Garantía y control de la calidad y verificación
GEI	Gases de efecto invernadero
GLP	Gases licuados de petróleo
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
IBA	Informe bienal de actualización
IBT	Informe bienal de transparencia
ICA	Proceso de Consulta y Análisis Internacional
IDAAN	Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales
IDIAP	Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá
IE	Incluida en otra parte (clave de notación)
IEA	Agencia Internacional de Energía, siglas en inglés
IIN	Informe del inventario nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá
INFC	Inventario nacional forestal y de carbono de Panamá
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá
INGEI 2024	Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá 2000-2021
ISGEI	Inventarios Sectoriales de Gases de Efecto Invernadero
ISGEI- Agricultura	Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero del Sector Agricultura
ISGEI-UTCUTS	Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero del Sector UTCUTS
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, sigla en inglés
IPPU	Procesos industriales y uso de productos (sector), sigla en inglés
IRHE	Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación
kbep	Kilo barril equivalente de petróleo
kg	Kilogramo
kt	Kilotonelada o gigagramo
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MCF	Factor de corrección para el metano
MiAMBIENTE	Ministerio de Ambiente de Panamá
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá
MINSA	Ministerio de Salud de Panamá
MITRADEL	Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral de Panamá
MOM	Materia orgánica muerta
MPD	Modalidades, procedimientos y directrices del Acuerdo de París
MRT	Marco Reforzado de Transparencia
N	Nitrógeno
N ₂ O	Óxido nitroso
NA	No aplica (clave de notación)
NAMA	Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas
NE	No estimadas (clave de notación)
NF ₃	Trifluoruro de nitrógeno
NH ₃	Amoniaco
NO	No ocurre (clave de notación)
NO _x	Óxidos de nitrógeno
NRF	Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales
ODU	Oxidación durante uso
OER	Oficina de Electrificación Rural de Panamá

OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OT	Otros factores de emisión
PCA	Potencial de calentamiento atmosférico
PE	País específico para los factores de emisión
PFC	Perfluorocarbonos
PIB	Producto Interno Bruto
PNGIR	Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos
PNTC	Plataforma Nacional de Transparencia Climática
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
RedINGEI	Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero
RSCP	Relleno Sanitario de Cerro Patacón
RSED	Relleno Sanitario El Diamante
RSM	Residuos sólidos municipales
RTH	Región Tropical Húmeda
RTM	Región Tropical Montana
RTMH	Región Tropical Muy Húmeda
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
SDRS	Sitios de disposición de residuos sólidos
SF ₆	Hexafluoruro de azufre
SGE	Sistemas de gestión de estiércol
SI	Sistema internacional de unidades
siePanamá	Sistema de Información Energética de Panamá
SIN	Sistema interconectado nacional
SINIA	Sistema nacional de información ambiental de Panamá
SNE	Secretaría Nacional de Energía de Panamá
SO ₂	Dióxido de azufre
SOC	Carbono orgánico en suelos, siglas en inglés
SSINGEI	Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero de Panamá
T1	Método de Nivel 1
T1a	Método de Nivel 1a
T2	Método de Nivel 2
T2a	Método de Nivel 2a
TAM	Masa animal típica
TH	Clima tropical húmedo
TJ	Tera julio
TM	Clima tropical montano
TMH	Clima tropical muy húmedo
UM	Unidad de muestreo
UNDP	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, siglas en inglés
UNO	Unidad Nacional de Ozono
UTCUTS	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (sector)
VCN	Valor calórico neto

PRÓLOGO

La comprensión de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) son cruciales para conocer las principales fuentes de emisión y absorción de estos gases, causantes del calentamiento global y las graves consecuencias que representan para el planeta y en particular para Panamá. Este documento proporciona una visión clara de aquellos sectores y actividades sobre los que debemos incidir para lograr un desarrollo bajo en emisiones y resiliente al cambio climático; por lo que se convierte en un referente para la toma de decisiones estratégicas a nivel nacional.

Con orgullo presentamos nuestro Primer Documento de Inventario Nacional (DIN) el cual reafirma nuestra condición de país sumidero, gracias a nuestra cobertura boscosa y las gestiones para la protección, conservación y restauración forestal. Panamá es un país de cero emisiones netas, absorbiendo más emisiones de GEI de las que emitimos en nuestras actividades.

De igual forma, nos enorgullece presentar al mundo nuestro primer DIN siendo uno de los primeros países en vías de desarrollo en reportarlo bajo el Marco Reforzado de Transparencia del Acuerdo de París. Esto fue posible gracias a la labor incansable de un equipo multidisciplinario de profesionales y a la colaboración interinstitucional. La labor de reporte se ha reforzado con creación del Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI), el cual ha permitido cumplir con los principios de transparencia, exactitud, exhaustividad, coherencia y comparabilidad, así como con los requisitos de las Modalidades, Procedimientos y Directrices (MPD) del Marco Reforzado de Transparencia establecido en el Artículo 13 del Acuerdo de París.

La mejora en la información presentada incluye el uso de un factor de emisiones específico para el país en la categoría de fermentación entérica, por primera vez. También, se incluyen 6 nuevas categorías que previamente no se estimaban, agregando aquellas del suplemento 2013 del IPCC que hace énfasis en humedales costeros.

Los resultados demuestran que, si bien somos carbono negativo, esta condición es susceptible a la capacidad de absorción de nuestros bosques, lo que refuerza la necesidad de protegerlos y restaurarlos, así como implementar acciones de mitigación que reduzcan las emisiones de los sectores de mayor emisión. También se resalta la importancia de continuar con el fortalecimiento de capacidades y la formalización de acuerdos institucionales que brinden sostenibilidad al SSINGEI y que permitan continuar con el proceso de mejora continua de nuestros inventarios.

Invito a todos los panameños y panameñas, así como a la comunidad internacional, a adentrarse en la historia de las emisiones de GEI de Panamá documentada en este informe realizado por especialistas nacionales. Este informe refleja los esfuerzos del país para aumentar la capacidad de absorción y reducir el impacto de nuestras actividades sobre el cambio climático, la amenaza más grande que hemos enfrentado como humanidad.

Hemos avanzado de forma significativa, pero este informe nos demuestra que aún queda mucho por hacer. Panamá está comprometido en la lucha contra el cambio climático y sabemos que podemos hacer la diferencia, mostrando que, si bien somos un país pequeño, podemos lograr grandes cosas cuando nos lo proponemos. Ya lo hemos hecho y lo seguiremos haciendo hasta asegurar un futuro mejor para las generaciones venideras.



MILCIADES CONCEPCIÓN

Ministro de Ambiente

República de Panamá

RESUMEN EJECUTIVO

RE.1. Información general sobre inventarios de GEI y el cambio climático

Este documento es el primer reporte de inventario que la República de Panamá presenta en el marco del Acuerdo de París e incluye el Séptimo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2021 (INGEI2024), siguiendo las *Directrices del IPCC de 2006*, su *Refinamiento 2019* y adoptando de manera voluntaria el *Suplemento de Humedales de 2013* como parte de los compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), principalmente los establecidos en los artículos 4 y 12 y los nuevos compromisos adquiridos en el marco del Acuerdo de París..

Este reporte provee un estimado de las emisiones y absorciones de Panamá en el periodo 2000-2021 para los sectores Energía, Procesos industriales y uso de productos, Agricultura, Usos de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura, y Residuos. Dicho reporte ha sido preparado de acuerdo con la *Modalidades, procedimientos y directrices* del marco reforzado de transparencia del Acuerdo de París según decisión 18/CMA.1 de la Conferencia de las Partes.

Panamá es un país altamente vulnerable a los impactos de la variabilidad y el cambio climático. Los cambios mostrados en la variabilidad climática en los últimos años se han incrementado alrededor de 1-2 °C, lo que ha puesto en evidencia una condición de vulnerabilidad creciente en los sectores económicos clave: recursos hídricos, agricultura, salud humana, zonas marino-costeras, centros urbanos e infraestructuras. Además, los factores socioambientales estructurales, fuertemente influenciados por la pobreza y las varias asimetrías sociales características del país, se suman a la vulnerabilidad de nuestros ecosistemas diversos y a la dependencia de actividades económicas sobre estos ecosistemas. (MiAMBIENTE, 2023)

En abril de 1995, Panamá ratifica la CMNUCC, que tiene como objetivo «la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático» y define el cambio climático como «cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables» (CMNUCC, 1992). Asimismo, ha adoptado el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París adquiriendo compromisos vinculantes en materia de cambio climático.

Desde la presentación del Segundo Informe Bial de Actualización (2IBA) y con la institucionalización del proceso de elaboración los inventarios a través del SSINGEI, Panamá ha promovido la construcción y el fortalecimiento de las capacidades nacionales, lo que ha resultado en la mejora notable de los procedimientos y métodos de estimación y por ende en una mejora progresiva en la calidad de los inventarios.

El presente INGEI de Panamá es el resultado del esfuerzo coordinado por el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) como punto focal del país ante la CMNUCC, en el marco del proyecto "Primer Informe Bial de Transparencia de Panamá" ejecutado por la Fundación Wetlands International, con el apoyo económico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

RE.2. Resumen de tendencias relacionadas con las emisiones y absorciones nacionales

En la *Figura RE. 1*, si bien el balance nacional de GEI presenta ciertas fluctuaciones durante la serie 2000-2021, en general se mantiene favorable a la absorción neta durante toda la serie. Esto se debe a la capacidad de los bosques del país que actúan como sumideros de CO₂ y que son reportados en la categoría *tierras forestales*. En línea con lo anterior, si bien el balance de CO₂ es favorable a la absorción durante toda la serie, se observa una tendencia a la disminución en los últimos años debido al aumento de las emisiones en todos los sectores, incluso incluyendo UTCUTS. El CH₄ presenta un leve aumento en la serie debido principalmente a las emisiones del sector Residuos, ya que las emisiones de CH₄ y N₂O del sector Agricultura refleja una disminución entre 2013 y 2017, pero mantuvieron un progresivo incremento entre 2017 a 2021. Este mismo comportamiento se repite con el N₂O. Por su parte, los HFC presentan un importante aumento desde su año de contabilización en el INGEI, principalmente por el incremento sostenido en el uso de *refrigeración y aire acondicionado*. Finalmente, el SF₆ no presenta aportes significativos a la tendencia.

Tabla RE. 1.

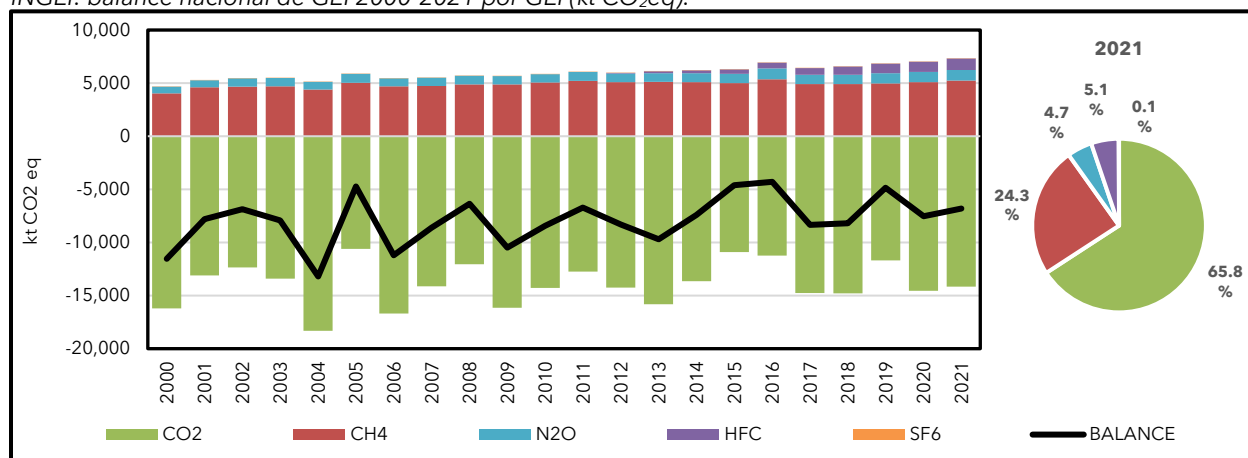
INGEI: balance nacional de GEI, por GEI (ktCO₂eq)

Sector	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	-16,208.6	-14,271.5	-15,807.4	-14,770.8	-11,698.4	-14,561.4	-14,154.6
CH ₄	4,030.4	5,057.8	5,115.1	4,912.4	4,966.3	5,096.4	5,228.8
N ₂ O	648.1	783.6	828.2	861.2	958.2	945.2	1,001.0
HFC	NE	NE	158.9	647.4	902.2	976.9	1,105.7
SF ₆	4.2	6.4	8.0	10.8	13.3	13.6	13.8
TOTAL	-11,525.8	-8,423.8	-9,697.2	-8,338.9	-4,858.3	-7,529.3	-6,805.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura RE. 1.

INGEI: balance nacional de GEI 2000-2021 por GEI (kt CO₂eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

En 2021, el balance nacional de GEI estuvo representado por un 65.8 % de CO₂, lo sigue el CH₄ con un 24.3 %, los HFC representan 5.1 % aumentando de forma muy importante desde 2012¹ mientras que la participación del N₂O es de un 4.7 %, y el SF₆ representa únicamente 0.1 %, (*Tabla RE. 1*). Cabe resaltar que los primeros registros de HFC se tienen desde 2012, es por esto por lo que se utiliza el 2012 para hacer la comparación en lugar de 2000.

¹ En 2012 las emisiones de HFC representaron un total de 55.2 kt CO₂ eq

RE.3. Panorama general de las estimaciones y tendencias de las emisiones de las categorías de fuentes y sumideros

El balance nacional² entre emisiones y absorciones de GEI de 2021 –incluyendo al sector UTCUTS– registró un total de -6,805.3 kt CO₂ eq, disminuyendo el balance de tales absorciones en un 41.5 % desde 2000 y aumentando en un 30.1 % desde 2019, último año incluido en el inventario anterior (*Tabla RE. 2*). Si bien actividades como: la deforestación y los aprovechamientos forestales tienen un impacto en la serie temporal por sus emisiones, se puede observar un aumento en las absorciones debido principalmente al incremento de la superficie de los bosques secundarios tempranos (rastros) e intermedios y de las actividades de reforestación. Esto ha permitido que Panamá continúe absorbiendo mayor cantidad de CO₂ que los GEI que son emitidos por las actividades antropogénicas, pese al aumento sostenido en el tiempo de las emisiones de GEI y la inclusión de nuevas fuentes de emisiones en esta actualización del INGEI.

Tabla RE. 2.

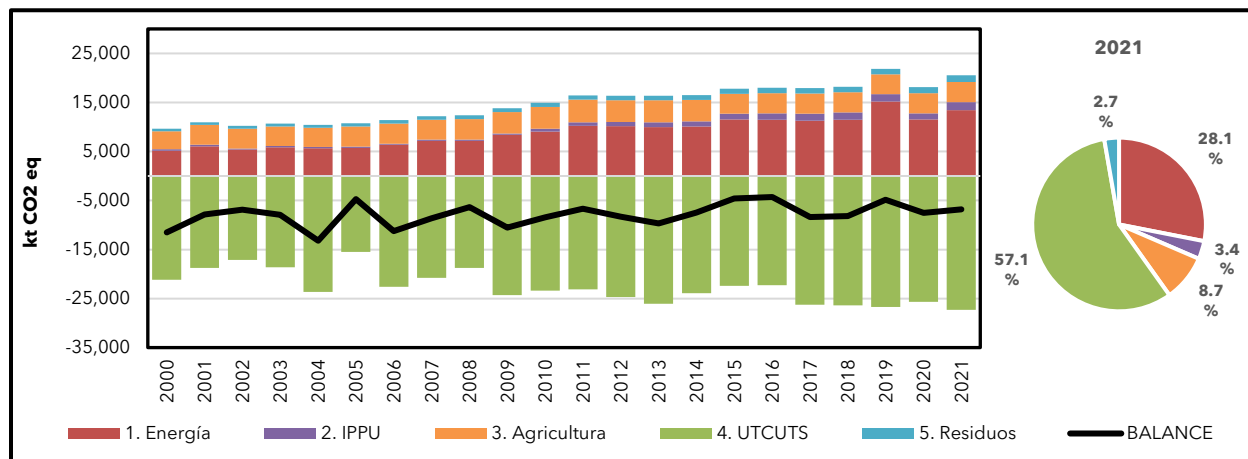
INGEI: balance nacional de GEI por sector (kt CO₂ eq)

Sector	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1. Energía	5,133.3	9,071.8	10,000.1	11,298.7	15,203.5	11,542.7	13,440.0
2. IPPU	321.3	595.6	965.9	1,428.1	1,474.1	1,266.5	1,616.5
3. Agricultura	3,661.9	4,431.5	4,460.3	4,084.0	4,050.3	4,095.4	4,150.2
4. UTCUTS	-21,146.0	-23,351.0	-26,075.1	-26,277.4	-26,717.9	-25,651.6	-27,324.6
5. Residuos	503.8	828.3	951.6	1,127.8	1,131.8	1,217.7	1,312.6
BALANCE	-11,525.8	-8,423.8	-9,697.2	-8,338.9	-4,858.3	-7,529.3	-6,805.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura RE. 2.

INGEI: balance nacional de GEI 2000-2021 por sector (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la participación de cada sector en el balance nacional, el sector UTCUTS es el de mayor relevancia, con 57.1 %, seguido del sector Energía con 28.1 %, 8.7 % del sector Agricultura, 3.4 % del sector IPPU, y finalmente 2.7 % del sector Residuos (*Figura RE. 2*). Cabe señalar que para el sector UTCUTS se considera un valor neto, es decir, sus emisiones y absorciones y no su valor absoluto. Estos resultados demuestran la relevancia significativa que tienen los bosques del país, como sumidero de CO₂, lo que impacta a su vez en que toda la tendencia de todo el inventario sea favorable a la absorción neta. Adicional, se observa un

² El término «balance nacional» a razón de este informe se refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI, es decir, las emisiones netas.

aumento sostenido en el tiempo de las emisiones, especialmente en 2019, donde se logra observar un aumento importante en las emisiones del sector Energía dado al incremento en el uso de Otro carbón bituminoso y la inactividad de uno de las plantas hidroeléctricas con capacidad de 222.7 MW debido a reparaciones en su túnel principal. Por su parte, la disminución de las emisiones observada en 2020 puede interpretarse como consecuencia de la pandemia COVID-19 la cual afectó patrones económicos y sociales.

RE.4. Otra información

En cuanto a los gases precursores, se estimaron emisiones de NO_x y CO, estas alcanzaron los 8.9 kt y 286.4 kt en 2021, respectivamente, únicamente para los sectores Agricultura y UTCUTS, siendo este último el responsable de más del 95 % de las emisiones de ambos gases. No se estimaron las emisiones de Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), SO₂, ni las emisiones indirectas de CO₂ resultantes de la oxidación atmosférica del CH₄, el CO y los COVDM y las emisiones indirectas de N₂O derivadas de fuentes distintas de los sectores Agricultura y UTCUTS ya que el país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para realizar estas estimaciones aplicando la metodología sugerida por la *Directrices del IPCC de 2006*. Se espera poder estimar estas emisiones en el futuro para tener una visión más completa de las emisiones de gases precursores en Panamá para todos los sectores.

RE.5. Análisis de categorías principales

El análisis de categorías principales es preparado según las *Directrices del IPCC de 2006*. Una categoría principal es aquella que repercute significativamente sobre los inventarios de un país en términos del nivel, tendencias o incertidumbre de las emisiones y absorciones de GEI. Estas categorías son utilizadas como referencia para la priorizar las mejoras del inventario y asegurar el incremento de la calidad de los mismos. El análisis de categorías principales sigue la metodología establecida en las *Directrices del IPCC 2006* y las disposiciones de la decisión 18/CMA.1. Con respecto al nivel de desagregación, este se determinó siguiendo el nivel de agregación sugerido en el <Cuadro 4.1> del Volumen 1, Capítulo 4, pero se tuvieron en cuenta las circunstancias nacionales.

El análisis de categorías principales se realizó para el año base 2000 y para 2021 como último año de reporte en el INGEI incluyendo y excluyendo el sector UTCUTS. La evaluación se efectuó por nivel (N) y tendencia (T) utilizando dos métodos incluyendo todos los GEI. El método 1 evalúa la influencia que ejercen ciertas categorías en términos absolutos. Al sumarse de forma acumulada, estas categorías totalizan el 95 % de la suma total de las emisiones, principalmente aquellas que más contribuyen a las emisiones y a cambios en el inventario. El método 2, por otro lado, evalúa la tendencia de las emisiones. Las categorías identificadas con este método totalizan el 90 % de las emisiones tomando en cuenta la incertidumbre que aportan al inventario. Panamá actualmente no implementa análisis cualitativo de categorías principales, pero prevé implementarlo en futuros inventarios.

Cuando el sector UTCUTS es incluido, el análisis se basa en un total de 90 categorías desagregadas. La mayor cantidad de categorías principales corresponden a fuentes de CO₂, principalmente por *tierras forestales que permaneces como tales, tierras convertidas en pastizales y transporte terrestre*. Otras fuentes relevantes son el CH₄ por *fermentación entérica - otros vacunos y eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados* y el HFC por *refrigeración y aire acondicionado*. No se identificaron categorías principales por fuentes de SF₆.

Mientras que cuando el sector UTCUTS es excluido, el análisis se basa en 73 categorías desagregadas. En esta ocasión la mayor cantidad de categorías principales corresponde a fuentes de CO₂, principalmente del sector Energía por *transporte terrestre, navegación marítima y fluvial, industrias manufactureras e industrias de la energía*, seguido por el CH₄ por *fermentación entérica - otros vacunos*, y la *eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados*; el HFC por *refrigeración y aire acondicionado* y N₂O por *emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas*

Resultados detallados del análisis de categorías principales, método 1 y 2, por nivel y tendencia para el año base y último año de reporte se presenta en el ANEXO 1

RE.6. Mejoras introducidas

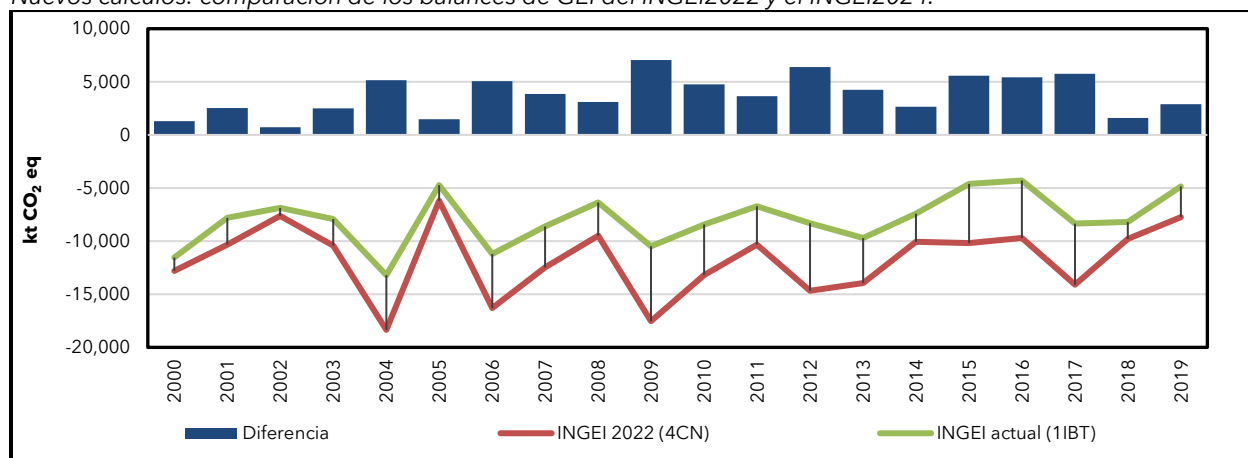
Este nuevo INGEI, al igual que su predecesor en la 4CN, ha sido elaborado en conformidad con las *Directrices del IPCC de 2006*. Para este inventario, se mejoraron aspectos metodológicos para los cinco sectores reportados. Además, se han incorporado ciertos factores de emisión y aspectos metodológicos del Refinamiento 2019 de las *Directrices del IPCC de 2006*, así como el Suplemento de Humedales 2013.

El presente inventario, presenta importantes mejoras transversales con el objetivo de incrementar la transparencia del reporte, especialmente aspectos referentes a los canales formales que permiten la compilación de datos, cálculo y la aprobación del inventario, actividades realizadas durante los procesos de garantía y control de calidad, transparencia en los aspectos metodológicos de la incertidumbre. A nivel sectorial, el sector Energía implementó cinco mejoras, el sector IPPU cuatro, el sector Agricultura quince, el sector UTCUTS diecisiete y el sector Residuos doce.

Como parte del compromiso de Panamá con la mejora continua de sus inventarios, se han llevado a cabo revisiones externas voluntarias del INGEI, como parte de las actividades de garantía y control de calidad. Además, se han recibido asistencias técnicas por parte de la CMNUCC para fortalecer el plan de mejoramiento del inventario. Estas actividades han generado recomendaciones para mejorar el inventario, las cuales han sido priorizadas según su importancia y la disponibilidad de recursos. Mayores detalles se pueden encontrar en el CAPÍTULO 10.

Figura RE. 3.

Nuevos cálculos: comparación de los balances de GEI del INGEI2022 y el INGEI2024.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

1 CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL



El INGEI, liderado por MiAMBIENTE, en conjunto con otras instituciones del país, abarca las emisiones de todo el territorio nacional.

© Autoridad de Turismo de Panamá.

CAPÍTULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL

Este Documento del Inventario Nacional 2024 (DIN2024) incluye el Séptimo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2021³ (INGEI2024), siguiendo las *Directrices del IPCC de 2006*, su *Refinamiento 2019* y adoptando de manera voluntaria el *Suplemento de Humedales de 2013* como parte de los compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), principalmente los establecidos en los artículos 4 y 12⁴ y los nuevos compromisos adquiridos en el marco del Acuerdo de París.

Este capítulo incluye información general sobre los inventarios nacionales de GEI y el cambio climático, seguido de una descripción de las circunstancias nacionales y los arreglos institucionales del desarrollo del inventario; su proceso de elaboración; el archivo de información, el proceso para “el examen y la aprobación oficial del inventario”. También se detallan las metodologías, métodos y fuentes de información utilizadas; el análisis de las categorías principales; plan de aseguramiento de la calidad y control de calidad; evaluación de la incertidumbre y la exhaustividad; sistemas de medición y la flexibilidad aplicada en el presente reporte.

1.1. Información general sobre inventarios de GEI y el cambio climático

1.1.1. Cambio climático

Panamá es un país altamente vulnerable a los impactos de la variabilidad y el cambio climático. Los cambios mostrados en la variabilidad climática en los últimos años se han incrementado alrededor de 1-2 °C, lo que ha puesto en evidencia una condición de vulnerabilidad creciente en los sectores económicos clave: recursos hídricos, agricultura, salud humana, zonas marino-costeras, centros urbanos e infraestructuras. Además, los factores socioambientales estructurales, fuertemente influenciados por la pobreza y las varias asimetrías sociales características del país, se suman a la vulnerabilidad de nuestros ecosistemas diversos y a la dependencia de actividades económicas sobre estos ecosistemas. (MiAMBIENTE, 2023)

La economía panameña ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, la misma está impulsada principalmente por el sector servicios y el sector logístico, debido al Canal de Panamá; seguido por la construcción y el turismo. Este crecimiento económico sin duda ha contribuido a un aumento sostenido de las emisiones de GEI a nivel nacional, sin embargo, a nivel mundial Panamá es un emisor relativamente bajo, ya que representa aproximadamente solo 0.039 %⁵ de las emisiones globales (sin incluir UTCUTS).

En abril de 1995, Panamá ratifica la CMNUCC, que tiene como objetivo «la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático» y define el

³ El Documento del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2021 es parte de los anexos técnicos que acompañan el Primer Informe Bienal de Transparencia de Panamá

⁴ Más información en https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf

⁵ Participación de Panamá con base en las emisiones globales reportadas para el 2021 en el Emissions Gap Report (UNEP, 2022): 52.8 Gt CO₂ eq (excluyendo el cambio de uso de la tierra).

cambio climático como «cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables» (CMNUCC, 1992). Asimismo, ha adoptado el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París adquiriendo compromisos vinculantes en materia de cambio climático.

Como respuesta a estos compromisos, en los últimos años el país ha fortalecido su gobernanza institucional para tomar acciones concretas y establecer herramientas para incorporar el cambio climático a la gestión pública. Para ello, reglamentó la mitigación al cambio climático a nivel nacional mediante el Decreto Ejecutivo 100 de 20 de octubre de 2020 (DE100) y la adaptación al cambio climático mediante el Decreto Ejecutivo de 30 de abril de 2021.

1.1.2. Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Tras la ratificación de la CMNUCC, el país adquiere el compromiso de reportar comunicaciones nacionales e informes bienales de actualización (IBA). Con la implementación del Acuerdo de París y su marco reforzado de transparencia (MRT), se añaden los informes bienales de transparencia (IBT), que reemplaza a los IBA. Cada IBT debe presentarse junto con un informe de inventario nacional (IIN), utilizando metodologías comparables, cada dos años. Panamá realiza su primer reporte a la Convención en el 2000, mediante su primera comunicación nacional.

Los INGEI pretenden contabilizar las emisiones y absorciones de GEI antropogénicas del territorio nacional, incluyendo los administrativos y las zonas marinas en las que el país tiene jurisdicción, durante un período específico, correspondiente a un año calendario. Entendiendo los retos y desafíos de reportar inventarios cada dos años y la importancia de hacer el debido seguimiento a las tendencias de emisiones a través del tiempo, Panamá desde 2020 establece su Sistema Sostenible de Inventario Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI).

El SSINGEI es un sistema nacional que comprende todas las disposiciones y arreglos institucionales, jurídicos y de procedimientos para el desarrollo de inventarios. Este llega para hacer la transición de un proceso de elaboración basados en consultorías a un proceso institucional que permita presentar la información requerida como una labor constante a través de la presentación puntual de informes de conformidad con las *Modalidades, procedimientos y directrices* (MPD) del Acuerdo de París. A la vez que, permite proporcionar información nacional de calidad sobre el perfil de emisiones y absorciones del país al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), y otras partes interesadas para apoyar la planificación, implementación y evaluación de las políticas públicas de Panamá.

Panamá ha presentado previamente seis INGEI ante la CMNUCC (*Tabla 1. 1*), cuyo proceso de desarrollo y aspectos metodológicos han ido evolucionando con el objetivo de asegurar su mejora continua, exhaustividad, coherencia, comparabilidad, exactitud y transparencia, siguiendo las buenas prácticas establecidas por las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), principalmente desde el establecimiento el SSINGEI en 2020.

Tabla 1. 1.

Inventarios Nacionales de GEI de Panamá presentados ante la CMNUCC

Informe	Año de presentación	Período incluido	Metodología utilizada
Primera Comunicación Nacional ⁶	2001	1994	Directrices Revisadas del IPCC de 1996
Segunda Comunicación Nacional ⁷	2011	2000	Directrices Revisadas del IPCC de 1996
Tercera Comunicación Nacional ⁸	2018	2005 y 2010	Directrices del IPCC de 2006
Primer Informe Bienal de Actualización ⁹	2019	2013	Directrices del IPCC de 2006
Segundo Informe Bienal de Actualización ¹⁰ e IIN2020 ¹¹	2021	1994-2017	Directrices del IPCC de 2006
Cuarta Comunicación Nacional ¹² e IIN2022 ¹³	2023	2000-2019	Directrices del IPCC de 2006, Refinamiento 2019

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Este Primer Informe Bienal de Transparencia (1IBT) incluye el séptimo INGEI de Panamá que presenta los resultados de la serie temporal 2000-2021 e incluye emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), hexafluoruro de azufre (SF₆) y absorciones de CO₂ para los sectores de Energía, IPPU, Agricultura, UTCUTS y Residuos. El inventario fue estimado siguiendo las *Directrices del IPCC 2006* y su *Refinamiento 2019*, asimismo se ha incorporado el *Suplemento de Humedales 2013* como una de las principales mejoras de este nuevo inventario.

Desde la presentación del Segundo Informe Bienal de Actualización (2IBA) y con la institucionalización del proceso de elaboración los inventarios a través del SSINGEI, Panamá ha promovido la construcción y el fortalecimiento de las capacidades nacionales, lo que ha resultado en la mejora notable de los procedimientos y métodos de estimación y por ende en una mejora progresiva en la calidad de los inventarios.

El presente INGEI de Panamá es el resultado del esfuerzo coordinado por el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) como punto focal del país ante la CMNUCC, en el marco del proyecto "Primer Informe Bienal de Transparencia de Panamá" ejecutado por la Fundación Wetlands International, con el apoyo económico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

1.2. Descripción de las circunstancias nacionales y arreglos institucionales

La base de los arreglos institucionales para la elaboración de INGEI de la República de Panamá, se establecen en el DE100. A continuación, se presentan aspectos relevantes que permiten la planificación, la preparación y la gestión del inventario.

⁶ Disponible en [Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)

⁷ Disponible en [Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)

⁸ Disponible en [Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)

⁹ Disponible en [Primer Informe Bienal de Actualización de Panamá](#)

¹⁰ Disponible en [Segundo Informe Bienal de Actualización de Panamá](#)

¹¹ Disponible en [Informe del Inventario Nacional de Panamá 2020](#)

¹² Disponible en [Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)

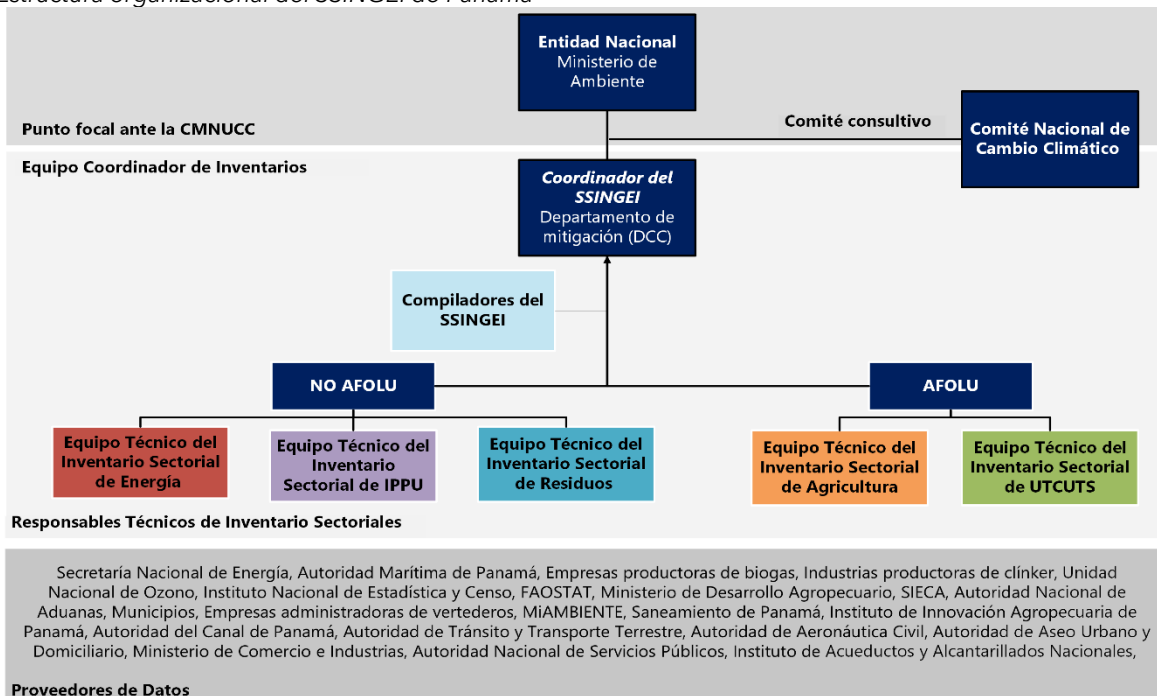
¹³ Disponible en [Informe de Inventario Nacional de Panamá 2022](#)

1.2.1. Entidad nacional

A nivel nacional, la responsabilidad general del IIN recae directamente en el MiAMBIENTE, que actúa como el punto focal ante la CMNUCC y es la entidad nacional única en el marco del SSINGEI responsable de presentar el inventario, de acuerdo con lo establecido en la Ley General de Ambiente y los Decretos Ejecutivos 100 del 20 de octubre de 2020 y 125 del 2 de marzo de 2021. Para cumplir con el compromiso de elaborar el inventario bienalmente, se estableció este sistema, asignando al Departamento de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático (DCC) como coordinador para mantenerlo y cumplir con todas las obligaciones de reporte ante la CMNUCC. Su principal función es el establecimiento de procedimientos que permitan planificar, elaborar, gestionar y presentar inventarios periódicamente. A continuación, se presenta la estructura organizacional del sistema.

Figura 1. 1.

Estructura organizacional del SSINGEI de Panamá



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

La estructura organizacional del SSINGEI (Figura 1. 1) está conformada por el MiAMBIENTE, como entidad nacional única responsable final del inventario, que cuenta, a su vez, con: el Equipo Coordinador del Inventario (ECI) del SSINGEI establecido en el Departamento de Mitigación de la DCC, responsable de la elaboración del inventario y las actividades estipuladas en el plan de trabajo; cinco equipos técnicos de inventarios sectoriales (ETIS), responsables de la compilación de los inventarios sectoriales; y proveedores de datos, responsables de proporcionar los conjuntos de datos a los ETIS. Es importante destacar que en el proceso de validación y consulta se involucra a actores clave de varias instituciones, en su mayoría parte del Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá (CONACCP) y el Comité de Estadísticas Ambientales (COTEA). Mayores detalles se pueden encontrar en el Manual de Procedimientos del SSINGEI, el cual fue reglamentado mediante la Resolución N°DM-0138-2022."

1.2.2. Proceso de elaboración del inventario

El proceso de planificación, elaboración y gestión de inventarios de Panamá ha sido posible gracias al fomento de capacidades y al establecimiento de arreglos institucionales y de procedimiento mediante un marco legal robusto que dio como resultado el establecimiento del SSINGEI. Este ha permitido la definición de roles y responsabilidades; y el fomento de las capacidades técnicas necesarias para el desarrollo del inventario cumpliendo con los métodos y principios establecidos.

El inventario debe actualizarse cada dos años, y 2024 es el año de presentación del 11BT de conformidad con las MPD. En enero de 2023, se inició la planificación con la designación del personal, la definición de los productos esperados, cronograma y plan de trabajo. Estos se presentaron en una reunión plenaria en marzo de 2023 con los ETIS, el ECI y actores claves, dando paso a la fase elaboración.

La elaboración del inventario requirió del apoyo de diversas instituciones y actores desde la identificación de fuentes de emisión, determinar la disponibilidad de información, su compilación y la calidad de esta. Los inventarios sectoriales de gases de efecto invernadero (ISGEI), a la fecha, son elaborados por personal del MiAMBIENTE. En el caso de los sectores energía y agricultura, se trabaja muy de la mano con la Secretaría Nacional de Energía (SNE) y el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA); respectivamente, para asegurar un adecuado uso de los métodos y compilación de la información. Se prevé que, con el fomento de capacidades y la designación de personal, la elaboración de estos ISGEI sea asumida de manera progresiva por estas instituciones como líderes sectoriales.

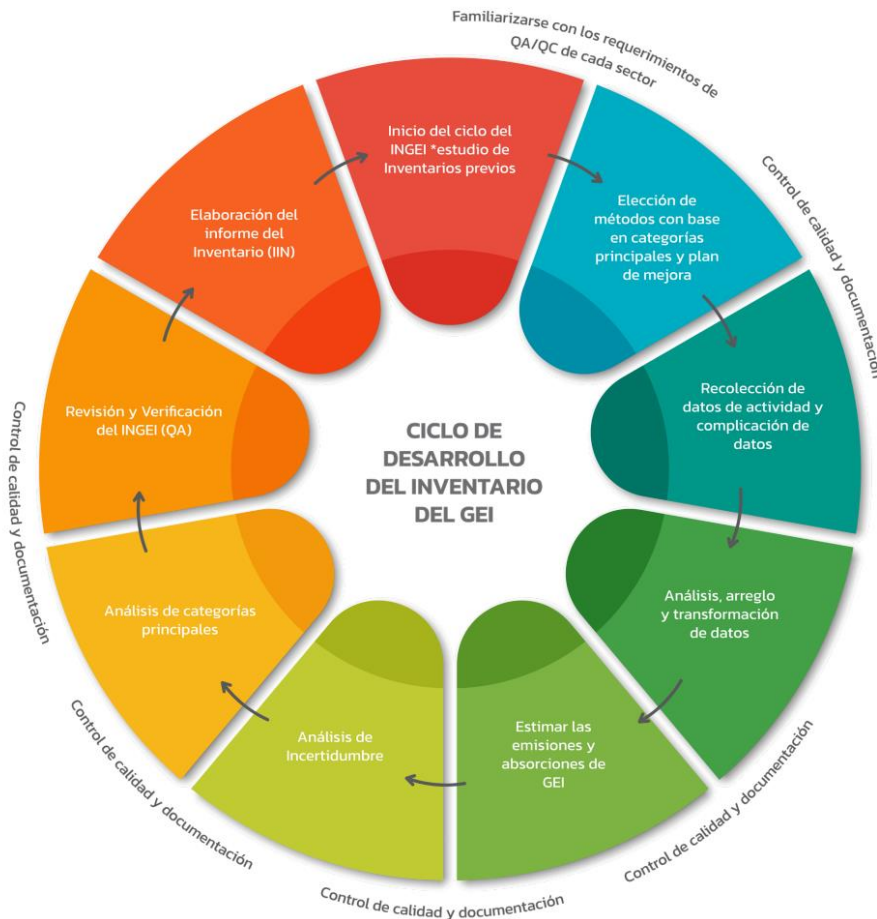
Este ciclo de inventario inició con el estudio del inventario anterior y el plan de mejoras establecido, donde las mejoras se priorizaron considerando el análisis de categorías principales y los recursos y capacidades disponibles. Después, cada sector estableció procedimientos para implementar mejoras, compilar información mediante canales oficiales, cálculos, estimación de incertidumbre y procedimientos de control de calidad para garantizar el cumplimiento del plan de trabajo.

Cumpliendo con lo establecido en el Manual de Procedimientos SSINGEI, los proveedores de datos fueron los responsables de proporcionar a los ETIS la información necesaria para el desarrollo de este inventario. Esto fue solicitado mediante comunicaciones formales a instituciones gubernamentales o privadas y fueron recibidos de manera oportuna por la misma vía. Actualmente, a través de la Plataforma Nacional de Transparencia Climática (PNTC) se ha avanzado en el desarrollo de acuerdos específicos con los proveedores de datos los cuales están en proceso de revisión. Cabe destacar que el DE100 establece en su Artículo 30 que «todas las entidades que posean datos necesarios para la elaboración del inventario deberán colaborar con los equipos responsables». El listado de los proveedores y conjuntos de datos se puede encontrar en la <Tabla 3> del manual.

Desde agosto de 2023, el ECI realizó sesiones de trabajo continuas para compilar el inventario, análisis de tendencia, procesos de control de calidad internos, análisis de las categorías principales y el desarrollo del Documento del Inventario Nacional (DIN) para su presentación en el 11BT. En abril de 2024 se celebró una reunión extraordinaria del SSINGEI con miembros del CONACCP, COTEA y demás actores claves del INGEI como parte del proceso de validación de inventario.

En la (Figura 1. 2) se muestra cada una de las etapas del ciclo de elaboración del inventario. El SSINGEI de Panamá es un sistema nuevo que está comprometido con la mejora continua. Es por ello que se mantiene trabajando en la implementación y mejoramiento de cada una de las etapas desde la planificación hasta la gestión de información para asegurar su operación continua cumpliendo con cada uno de los procedimientos establecidos.

Figura 1. 2.
Ciclo de inventario



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la Figura 1.1, Capítulo 1, Volumen 1, *Directrices del IPCC de 2006*.

Un punto importante para resaltar es que Panamá ha implementado el formato común de reporte de la Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI) el cual consiste en un conjunto de plantillas estandarizadas que incluye las hojas de resumen sectorial y nacional con una codificación única para cada fuente y absorción de GEI, subcategoría, categoría y sector. Asimismo, la plantilla para el DIN de los países de la Red de Transparencia Climática de América Latina y el Caribe Hispanohablante del Capacity Building Initiative for Transparency - Global Support Programme (CBIT-GSP). Ambas herramientas han sido claves para cumplir con los requerimientos establecidos en las MDP del Acuerdo de París.

1.2.3. Archivo de la información

El archivo y gestión de información del INGEI se lleva a cabo a través del Subsistema de información del SSINGEI, este consiste en un conjunto de carpetas, libros de cálculo y documentos vinculados entre sí, creados con el objetivo de documentar y archivar toda la información, datos y registros de entrada y de salida necesarios para la estimación y el reporte de GEI de Panamá, garantizando la sostenibilidad, transparencia y replicabilidad. El subsistema se encuentra alojado en una nube virtual la cual responde a las necesidades del SSINGEI, y el acceso a los ETIS se brinda mediante permisos específicos otorgados por el ECI para resguardar la seguridad de la información.

El archivo de la información se realiza a lo largo de todo el ciclo de elaboración de la serie temporal y posterior a la presentación del documento ante la CMNUCC, ya que incluye toda la información de respaldo sobre la que se informa, incluidos todos los factores de emisión y datos de actividad desglosados, toda la documentación relativa a la generación y agregación de datos, en particular el AC/CC, los resultados de las revisiones y las mejoras que se haya previsto incluir en el inventario., incluyendo anexos, documentación de dictamen de expertos, referencias bibliográficas. Además, se archiva toda solicitud y recepción de información que es solicitada y recibida mediante comunicaciones oficiales entre las diferentes instituciones y organizaciones. En un futuro se prevé que este proceso se realice a través de la PNTC. Los registros de información como las hojas de compilación, hojas de trabajo y hojas de reporte también se archivan en el subsistema. En la *Figura 1. 3* se resume el diagrama de flujo de información del INGEI.

Figura 1. 3.

Diagrama de flujo de información para el INGEI



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Adicionalmente, el SSINGEI cuenta con un módulo virtual que forma parte de la PNTC (<https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/modulo-ssingei/>) como mecanismo oficial para consultas públicas y publicación de los resultados del INGEI. Asimismo, se puede encontrar un repositorio de los informes y los anexos del inventario en el SINIA (<https://www.sinia.gob.pa/ingei/>) garantizando la conservación y accesibilidad de todos los datos, de manera que puedan ser consultados, revisados y actualizados según sea necesario.

Al momento de la preparación de este informe la herramienta de reporte para el llenado de las tablas comunes de reportes (CRT, por sus siglas en inglés) aún se encontraba en desarrollo. Sin embargo, el subsistema actual compila la información mandatada por parte de la CMNUCC, con la misma codificación y se podrá adaptar una vez esta herramienta se cuente disponible en su versión final.

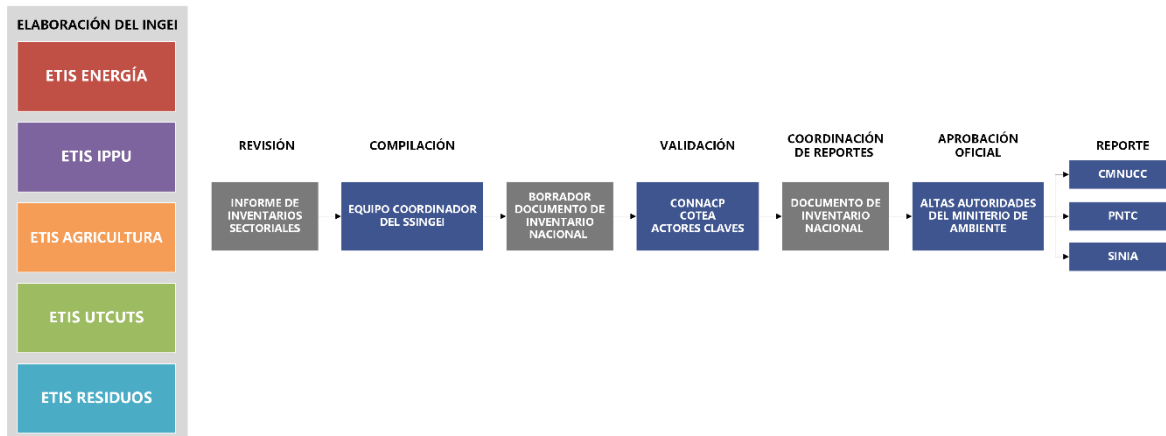
1.2.4. Proceso para el examen y la aprobación oficial del inventario.

Los ETIS, bajo la coordinación del Departamento de Mitigación de la DCC del MiAMBIENTE, compilan el inventario siguiendo procesos de garantía y control de calidad. Cada ETIS realiza un proceso de validación con actores claves sectoriales antes de la compilación del inventario final. Una vez atendidos los comentarios, se compila el inventario final y se desarrolla el DIN. Posteriormente, en cumplimiento con lo establecido en el DE100, se realiza una reunión plenaria para validar el inventario como documento oficial. Esta reunión se lleva a cabo en el marco de una reunión extraordinaria del CONACCP y se invita a miembros del COTEA y otros actores claves relevantes.

Luego de la reunión plenaria, se inicia un periodo de validación de 15 días calendario como mínimo para que el CONACCP evalúe y emita comentarios sobre el informe y los resultados. El ECI documenta las sugerencias recibidas en una nueva versión del inventario. Si no se recibe comunicación de los asistentes de la plenaria con respecto a los documentos o solicitando tiempo adicional para emitir comentarios durante el plazo establecido, el inventario se considera aprobado y se presenta al ministro de ambiente como máxima autoridad para su aprobación oficial y su posterior presentación ante la CMNUCC. La *Figura 1. 4* resume el proceso de aprobación del INGEI 2024.

Figura 1. 4.

Proceso de aprobación del INGEI 2000-2021



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

1.3. Descripción de las metodologías, métodos y fuentes de información

De acuerdo con las MPD del Acuerdo de París, las presentes emisiones y absorciones de GEI -que forman parte del inventario- ha sido estimadas aplicando las *Directrices del IPCC de 2006*¹⁴, su *Refinamiento 2019* y el *Suplemento de humedales de 2013*. Estos incluyen metodologías y métodos para estimar los principales GEI producto de la actividad humana, estos GEI son: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃).

¹⁴ Ver párrafo 17 del anexo de la [Decisión 18/CMA.1](#).

Es importante mencionar que Panamá presenta el sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, siglas en inglés (AFOLU) separado en dos sectores: Agricultura y, por otra parte, el sector UTCUTS con el fin de transparentar los GEI de cada sector y facilitar el desarrollo y gestión de cada inventario sectorial, ya que son preparados por equipos técnicos diferentes.

La estimación de emisiones y absorciones, el análisis de categorías principales y la evaluación de incertidumbre se realiza en libros de cálculos propios. Se incluyeron las emisiones y absorciones de CO₂, CH₄, N₂O, HFC, SF₆, Óxidos de nitrógeno (NO_x), Monóxido de carbono (CO), que ocurren a nivel nacional de acuerdo con la información disponible y utilizando los métodos más exactos posibles, siguiendo los árboles de decisión y las buenas prácticas de las directrices del IPCC.

Con respecto a los abordajes metodológicos, la mayor parte de las emisiones fueron estimadas con métodos de nivel 1, considerado un método de estimación básico. Sin embargo, algunos sectores, como IPPU, Residuos y Agricultura estimaron ciertas fuentes con métodos de nivel 2, incluyendo factores de emisión específicos para el país en el caso del sector Agricultura. Cabe destacar que para el sector UTCUTS se empleó el método de pérdidas y ganancias, el cual abarca todos los cambios anuales en las existencias de carbono de cualquier depósito de C con abordajes metodológicos de nivel 1 y nivel 2 con factores de emisión por defecto y país específico, respectivamente. Un resumen de los métodos de Nivel y los factores de emisión aplicados en el INGEI 2000-2021 se incluyen en la *Tabla 1. 2* y *Tabla 1. 3*

En el contexto de la implementación de los métodos de estimación superiores en categorías principales, se ha priorizado el uso de métodos de nivel superior siempre que los recursos disponibles y las capacidades técnicas lo han permitido. Se han realizado esfuerzos significativos para maximizar la eficiencia y precisión en la recolección y análisis de datos, siguiendo de cerca las directrices establecidas por el IPCC. No obstante, en casos específicos donde la adopción de un método de nivel superior no ha sido factible debido a limitaciones de recursos, se ha recurrido a métodos de nivel 1, documentando de manera detallada las razones detrás de esta elección metodológica y asegurando que estas decisiones estén alineadas con el árbol de decisiones de las directrices del IPCC e incorporando las actividades necesarias para utilizar factores de emisión y datos de actividad específicos de país en el plan de mejoramiento del inventario. Este enfoque garantiza transparencia y establece una base sólida para mejorar continuamente las prácticas metodológicas en futuras evaluaciones, priorizando aquellas categorías principales que no pudieron beneficiarse del método de buena práctica en esta ocasión.

Tabla 1.2. Resumen de los métodos y factores de emisión aplicados en el inventario de Panamá por GEI, sector y categoría

Cód.	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		Mezcla no especificada de HFC y PFC	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
0.	Todas las emisiones y las absorciones nacionales	T1, T2, IE, NE, NO, NA	PE, D, C, IE, NE, NO, NA	T1, T2, T2a, IE, NE, NO, NA	PE, D, IE, NE, NO, NA	T1, T2, IE, NE, NO, NA	PE, D, IE, NE, NO, NA	T1a, NE, NO	D, NE, NO	NO, NE	NO, NE	NO	NO
1.	Energía	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO						
1.A.	Actividades de quema de combustible	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO						
1.A.1.	Industrias de la energía	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO						
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO						
1.A.3.	Transporte	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
1.A.4.	Otros sectores	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
1.A.5.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NO	NO						
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NO	NO						
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NO										
2.	Procesos industriales y uso de productos	T2, T1, C, NE, NO	D, C, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO, NE	NA, NO, NE	T1a, NE, NO	D, NE, NO	NO, NE	NO, NE	NO	NO
2.A.	Industria de los minerales	T1, T2, C, NE, NO	D, C, NE, NO										
2.B.	Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.	Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, T2	D	NA	NA	NA	NA						
2.E.	Industria electrónica							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO							T1a, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO	NO	NO
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO, NE	NO, NE	NO	NO	NO, NE	NO, NE	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NE	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3.	Agricultura	T1, NO	D, NO	T1, T2, NA, NO, IE	D, NA, NO, IE, PE	T1, T2, NA, NO, IE	D, NA, NO, IE						
3.A.	Fermentación entérica			T1, T2, NA, NO	D, NA, NO, PE								
3.B.	Gestión del estiércol			T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO						
3.C.	Cultivo del arroz			T1, NO	D, NO								
3.D.	Suelos agrícolas					T1, T2, NO	D, NO						
3.E.	Quema prescrita de sabanas			IE	IE	IE	IE						
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo			T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO						
3.G.	Encalado	T1	D										
3.H.	Aplicación de urea	T1	D										
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO	NO										

Cód.	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		Mezcla no especificada de HFC y PFC	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	T1, T2, NA, NE, NO, IE	PE, D, NO, NA, NE	T1, T2, IE, NA, NE, NO	PE, D, IE, NA, NE, NO	T1, T2, IE, NA, NE, NO	D, PE, IE, NA, NE, NO						
4.A.	Tierras forestales	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D	T1, T2, NO	PE, D, NO	T1, T2, NO	PE, D, NO						
4.B.	Tierras de cultivo	T1, T2, NE, NO	PE, D, NO	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D, IE, NO, NE	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D, IE, NE, NO						
4.C.	Pastizales	T1, T2, NO, IE, NE	PE, D, NO, NE	T1, T2, NE, NA, NO	PE, D, NE, NA, NO	T1, T2, NO, NA, NE	PE, D, NE, NA, NO						
4.D.	Humedales	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA	NA	NA	NA						
4.E.	Asentamientos	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA	NA	NA	NA						
4.F.	Otras tierras	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO						
4.G.	Productos de madera recolectada	NE	NE										
4.H.	Otros (especificar)	NA	NA	NA	NA	T1	D						
5.	Residuos	T2a, NE, NO	D, NE, NO	T1, T2a, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO						
5.A.	Disposición de residuos sólidos	-	-	T1, IE	D, IE								
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos			NE	NE	NE	NE						
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	NE, T2a	NE, D	T1, NE	D, NE	NE	NE						
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales			T1, IE, NE	D, IE, NE	T1, IE, NE	D, IE, NE						
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
Elementos informativos													
	Tanque internacional	TI, IE	D, IE	TI, IE	D, IE	TI, IE	D, IE						
	Aviación internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
	Navegación internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	T1	D										
	CO ₂ capturado	NO	NO										
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NE	NE										
	N ₂ O indirecto					NO	NO						
	CO ₂ indirecto	NO	NO										

Nota: T1 = método de Nivel 1; T1a = método de Nivel 1a; T2 = método de Nivel 2; T2a = método de Nivel 2a; C = confidencial; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; PE = país específico; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 1.3. Resumen de los métodos y factores de emisión aplicados en el inventario de Panamá por GEI, sector y categoría

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	SF ₆		NF ₃		NO _x		CO		CO ₂ DM		SO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
0.	Todas las emisiones y las absorciones nacionales	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NO	NO	T2, T1, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, NO	T2, T1, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.	Energía					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.	Actividades de quema de combustible					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.	Industrias de la energía					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.	Transporte					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.4.	Otros sectores					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.A.5.	Otros (especificar)					NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.B.1.	Combustibles sólidos					NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂												
2.	Procesos industriales y uso de productos	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NO	NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.A.	Industria de los minerales					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.B.	Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.	Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes					NO	NO	NO	NO	NE, NO	NE, NO	NO	NO
2.E.	Industria electrónica	NO	NO	NO	NO								
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO	NA	NA	NO	NO								
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	T1, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3.	Agricultura					T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	NO	NO		
3.A.	Fermentación entérica												
3.B.	Gestión del estiércol									NO	NO		
3.C.	Cultivo del arroz									NO	NO		
3.D.	Suelos agrícolas									NO	NO		
3.E.	Quema prescrita de sabanas					IE	IE	IE	IE	NO	NO		
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo					T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO		
3.G.	Encalado												
3.H.	Aplicación de urea												

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	SF ₆		NF ₃		NO _x		CO		CO ₂ DM		SO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono												
3.J.	Otros (especificar)					NO	NO	NO	NO	NO	NO		
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura					T2, T1, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, NO	T2, T1, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, NO	NA, NO	NA, NO		
4.A.	Tierras forestales					T2, T1, NA, NO	D, NA, NO	T2, T1, NA, NO	D, NA, NO	NA, NO	NA, NO		
4.B.	Tierras de cultivo					T2, T1, IE, NO	D, IE, NO	T2, T1, IE, NO	D, IE, NO	NA	NA		
4.C.	Pastizales					T2, T1, NO	D, NO	T2, T1, NO	D, NO	NA, NO	NA, NO		
4.D.	Humedales					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NA	NA		
4.E.	Asentamientos					NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO		
4.F.	Otras tierras					NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO		
4.G.	Productos de madera recolectada												
4.H.	Otros (especificar)					NO	NO	NO	NO	NO	NO		
5.	Residuos					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
5.A.	Disposición de residuos sólidos					NE	NE	NE	NE	NE	NE		
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos					NE	NE	NE	NE	NE	NE		
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO		
5.E.	Otros (especificar)					NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Elementos informativos													
	Tanque internacional					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Operaciones multilaterales					NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Emisiones de CO ₂ de la biomasa												
	CO ₂ capturado												
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos												
	N ₂ O indirecto												
	CO ₂ indirecto												

Nota: T1 = método de Nivel 1; T1a = método de Nivel 1a; T2 = método de Nivel 2; T2a = método de Nivel 2ª; C = confidencial; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; PE = país específico; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

A continuación, se describen los métodos de Nivel aplicados y las principales fuentes de datos para cada sector.

1.3.1. Métodos y fuentes de información del sector Energía

Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 para la única categoría estimada del sector, *actividades de quema de combustible*, utilizando datos de actividad de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto. Las herramientas empleadas para el cálculo de estas emisiones fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. También se utilizó el software del IPCC como herramienta de verificación.

En la *Tabla 1. 4* se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 1. 4.

Fuentes de información del sector energía por subcategoría

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
ENERGÍA		
1.A. Actividades de quema de combustible	1.A.1 Industrias de la energía	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de JetFuel, AV Gas y Kerosene desagregadas - SNE Estadísticas de Carbón Mineral para autoproducción - SNE Estadísticas de Gas de Vertedero - Relleno Sanitario Cerro Patacón (RSCP)
	1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de JetFuel, AV Gas y Kerosene - SNE Estadísticas de Carbón Mineral para autoproducción - SNE
	1.A.3 Transporte	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de JetFuel, AV Gas y Kerosene - SNE Estadísticas de Embarque de combustible marino, según literal - Autoridad Marítima de Panamá (AMP)
	1.A.4 Otros sectores	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de JetFuel, AV Gas y Kerosene - SNE

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

1.3.2. Métodos y fuentes de información del sector IPPU

Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando diferentes metodologías según la subcategoría. Para las subcategorías *producción de vidrio, uso de la cera de parafina y equipos eléctricos*, se aplicó el método de Nivel 1, para *uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)*, se aplicó el método de Nivel 1a y para las subcategorías *producción de cemento y uso de lubricante*, se aplicó método de Nivel 2. Estas estimaciones se basaron en datos de producción de las industrias respectivas y estadísticas nacionales de consumo de ceras de parafina, lubricantes y grasas. Los factores de emisión utilizados para todas las subcategorías son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. Para realizar las estimaciones, se emplearon hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector; también se utilizó el software del IPCC como herramienta de verificación.

En la Tabla 1. 5 se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 1. 5.

Fuentes de información del sector IPPU por subcategoría

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS		
2.A Industria de los Minerales	2.A.1 Producción de cemento	Estadísticas de producción proporcionadas directamente por las industrias cementeras e industrias productoras de vidrio entre 2009 y 2013 del país.
	2.A.3 Producción de vidrio	
2.D Uso de productos energéticos de combustibles y de solventes	2.D.1 Uso de lubricantes	Estadísticas de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH): utilizada para desagregar los consumos de combustible no energético incluidos de manera agregada en el Balance Nacional de Energía (BEN).
	2.D.2 Uso de la cera de parafina	Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC): importación a la República de Panamá, de parafina, según descripción arancelaria y país de origen.
2.F Uso de productos sustitutos de las SAO	2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021. Ministerio de Salud (MINSAL) - Unidad Nacional de Ozono (UNO)
	2.F.2 Agentes espumantes	
	2.F.3 Producción contra incendios	
2.G Manufactura y utilización de otros productos	2.G.1 Equipos eléctricos	Información levantada por MiAMBIENTE y Autoridad de los Servicios Públicos (ASEP) en conjunto con las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras de energía en Panamá.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

1.3.3. Métodos y fuentes de información del sector Agricultura

Las emisiones del sector Agricultura fueron estimadas aplicando el método de Nivel 2 para la categoría de *fermentación entérica* en ganado lechero y otros vacunos, mientras que para el resto de las categorías se utilizó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* que incluyen el uso de factores de emisión por defecto del *Refinamiento del 2019*. En algunos parámetros utilizados se aplicaron los dictamen de experto de profesionales del MIDA, el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y actores sectoriales para subsanar algunos vacíos existentes de datos y para seleccionar el mejor parámetro de acuerdo a la categoría, tomando como referencia su conocimiento en la dinámica de la producción agropecuaria a nivel nacional, toda esta información fue documentada en el subsistema de información del SSINGEI y siguiendo los lineamientos establecidos en las *Directrices del IPCC de 2006*. Para realizar las estimaciones, se emplearon hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. En la Tabla 1. 6 se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 1. 6.

Fuentes de información del sector Agricultura por subcategoría

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
AGRICULTURA		
3.A. Fermentación entérica	3.A.1.a. / 3. B.1.a. Vacas lecheras (vacas de alta, baja producción).	INEC: Estadísticas de los censos agropecuarios puntuales 2001 y 2011, como referencia para determinar la población de ganado lechero por región climática.
3.B. Gestión del estiércol (los mismos datos de actividad).		Base de datos y estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO/STAT): Estadísticas de vacas lecheras.

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
AGRICULTURA		
	3.A.1.b / 3.B.1.b Otros vacunos (toros, novillos/as, toretes, terneros/as, buey.	INEC: Estadísticas pecuarias.
	3.A.2. / 3.B.2 Ovinos	MIDA: Datos puntuales de los censos agropecuarios y dictamen de expertos Fuentes secundarias (nota de prensa),
	3.A.3. / 3.B.3 Porcino	INEC: Estadísticas pecuarias de población porcina.
	3.A.4. / 3.A.4 Otro ganado (búfalos, caprinos, equinos, mulas y asnos, aves de corral.	INEC: Estadísticas pecuarias de población de aves de corral. Dictamen de experto: aplicado a la población de búfalos y nota de prensa. FAOSTAT: Estadísticas de equinos, mulas y asnos. Caprinos: se aplicaron las mismas fuentes de datos de la ovinos.
3.C. Cultivo de Arroz	3.C.1. Irrigado	MIDA: Datos estadísticos de cierres agrícolas, memorias históricas para datos de hectáreas de la producción de arroz a chuzo.
	3.C.2. Alimentado por llluvias	
3.D. Suelos Agrícolas	3.D.1.a. Fertilizantes de N sintético (F _{SN})	INEC: Estadísticas sobre importación de fertilizantes por año y según la descripción arancelaria.
	3.D.1.b. N orgánico aplicado como fertilizante (FON)	ISGEI -Agricultura: Datos de la cantidad anual de N de estiércol gestionado aplicado en los suelos gestionados, se obtiene a partir de la estimación de emisiones de N ₂ O de la categoría 3.B. <i>Gestión del estiércol</i> . MIDA: Estadísticas de otros fertilizantes (ej. lombrices, compost) para el 2021. Para el resto de la serie se estimó con base en el total de hectáreas de producción de ciertos rubros.
	3.D.1.c. N de la orina y el estiércol de animales en pastoreo (FPRP)	INGEI: Datos de orina y estiércol de animales en pastoreo se obtienen como resultado de la estimación de emisiones de N ₂ O la categoría 3.B. <i>Gestión del estiércol</i> .
	3.D.1.d. N en residuos agrícolas (FCR)	MIDA: Datos estadísticos de cierres agrícolas para los distintos rubros y puntualmente memorias históricas para datos de hectáreas de la producción de arroz a chuzo.
	3.D.1.d. Mineralización de N materia orgánica del suelo (FSOM)	ISGEI-UTCUTS: Se obtiene en base a cambios en el uso de la tierra, generados mediante fotointerpretación de imágenes satelitales.
3.F. Quema de Residuos Agrícolas	3.F.1. Cereales	MIDA: Datos estadísticos de la serie histórica sobre producción de caña. Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental del MiAMBIENTE (DIVEDA): Estadísticas de incendios reportados y datos de cosecha en verde.
	3.F.4. Caña de azúcar	
3.G. Encalado	3.G.1. Caliza	INEC: Estadísticas sobre importación de caliza por año y según la descripción arancelaria.
	3.G.1. Dolomita	Estadísticas de producción proporcionadas directamente por las empresas productoras
3.H. Aplicación de Urea	3.H. Aplicación de Urea	INEC: Estadísticas sobre importación de urea por año y según la descripción arancelaria.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

1.3.4. Métodos y fuentes de información del sector UTCUTS

Las emisiones y absorciones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2. Adicionalmente, se utilizó el método de pérdidas y ganancias, el cual abarca todos los cambios anuales en las existencias de carbono de cualquier depósito de C. Se utilizaron datos de actividad con base en datos nacionales. Algunos factores de emisión utilizados para las *tierras forestales*, *tierras de cultivo*, y *tierra de pastizales* son factores país específico y provienen del *Inventario Nacional Forestal (INFC)* y de *Carbono de Panamá (INFC)*, factores por defecto de las *Directrices del IPCC* de 2006, su Refinamiento 2019 y de una consultoría nacional titulada “*Gestión de la base de datos Silva Metricus para la generación de informes de factores de emisión del sector forestal para el reporte INGEI del Ministerio de Ambiente de Panamá*” con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Adicionalmente, para el caso de manglares, y la aplicación del Suplemento de Humedales Costeros del IPCC 2013, se determinó el crecimiento medio anual de biomasa proveniente de un esfuerzo nacional utilizando datos de varios artículos científicos e investigaciones nacionales, así como el dato de contenido de carbono en suelos, que proviene del estudio nacional: *Resultados finales de la implementación del Protocolo de Medición de Carbono en Ecosistemas de Manglares en los Distritos de Remedios, San Félix y San Lorenzo, provincia de Chiriquí*. Para las demás categorías se utilizaron solo factores por defecto. Los cálculos se realizaron utilizando las hojas de trabajo desarrolladas por el equipo técnico sectorial.

Para estimar las emisiones del sector, se han utilizado datos nacionales, levantados desde escritorio, como en el caso del análisis geoespacial basado en imágenes generadas por sensores remotos como en el caso de la actividad denominada Mapatón, así como datos estadísticos nacionales. En *la Tabla 1. 7* se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 1. 7.

Fuentes de información del sector UTCUTS por subcategoría

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
UTCUTS		
4. General (sector UTCUTS)	Representación de tierras	Mapatón - Herramienta Collect Earth Desktop de la iniciativa nacional denominada “Proyecto Mapatón 2021” resultado de la colaboración institucional entre el MiAMBIENTE, el Servicio Forestal de los Estados Unidos y personal de la FAO. Mapas de Regiones Climáticas elaborados por el equipo técnico de la Dirección de Cambio Climático y la Dirección de Información Ambiental (DIAM) del MiAMBIENTE
4.A. Tierras Forestales 4.B. Tierras de cultivo 4.C. Pastizales 4.D. Humedales 4.E. Asentamientos 4.F. Otras tierras	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales 4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales 4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales 4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá del MiAMBIENTE.

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
UTCUTS		
	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales 4.D.2. Tierras convertidas en humedales 4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos 4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras	
4.A. Tierras Forestales 4.C. Pastizales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Estadísticas de incendios forestales de la Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental (DIVEDA) del MiAMBIENTE
4.A. Tierras Forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Estadísticas de producción de madera de la Dirección de Política Ambiental del MiAMBIENTE y del INEC. Estadísticas de consumo Anual de Leña - Secretaría Nacional de Energía
4.H. Otros (especificar)	4.H.1 Emisiones N ₂ O de Acuicultura	Estadísticas nacionales de producción de peces y camarones del INEC.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

1.3.5. Métodos y fuentes de información del sector Residuos

Las emisiones del sector fueron estimadas de acuerdo con el método de Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006 para las categorías de *disposición de residuos sólidos y tratamiento y descarga de aguas residuales*, mientras que el método de Nivel 2a se aplicó para la incineración y quema abierta de residuos. En todos los casos, se utilizaron datos de actividad de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto.

Para el presente inventario no fue posible utilizar un nivel metodológico superior para la estimación de las emisiones debido que las circunstancias nacionales para la recolección de datos no lo permiten, por lo que para la estimación de emisiones del sector se han utilizado un conjunto de datos provenientes de estadísticas nacionales con datos de estudios previos y encuestas a las municipalidades del país.

Es importante destacar que, para las categorías *disposición de residuos sólidos e incineración y quema abierta de residuos*, los datos de actividad se obtuvieron de las mismas fuentes de información, se llevaron a cabo visitas de campo y se realizaron encuestas en diferentes regiones del país para recopilar datos actualizados. Esto fue necesario ya que los estudios previos más recientes tenían más de seis años de antigüedad. En el caso de la categoría de *tratamiento y descarga de aguas residuales*, se recurrió al dictamen de expertos para definir los tipos de sistemas de tratamiento y clasificar las fracciones de utilización, dado que no existen estadísticas nacionales que proporcionen estos datos, toda esta información fue documentada en el subsistema de información del SSINGEI y siguiendo los lineamientos establecidos en las Directrices del IPCC de 2006. Los cálculos se realizaron utilizando las hojas de trabajo desarrolladas por el equipo técnico sectorial. En la siguiente *Tabla 1. 8* se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 1. 8.
Fuentes de información del sector residuos por subcategoría

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
RESIDUOS		
5.A Disposición de residuos sólidos	5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados 5.A.3 Sitios de disposición de residuos no categorizados	Estadísticas de población. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadísticas de eliminación de la basura en viviendas. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC 2000, 2010 y 2023.
		Tasas de generación. Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2001.
		Diagnóstico por provincia. Dirección de Servicios Técnicos, Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD), 2014.
		Encuestas en campo. Departamentos de Ornato y Aseo de los Municipios de Panamá, Secciones de Cambio Climático de las Direcciones Regionales de MiAMBIENTE y ETIS Residuos, 2023.
		Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos. Dirección de Servicios Técnicos, AAUD - INECO, 2017.
5.C Incineración y quema abierta de residuos	5.C.2 Quema abierta de residuos	Estadísticas de población. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC, años 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadísticas de eliminación de la basura en viviendas. INEC. Censos de Población y de Vivienda de Panamá de 2000, 2010 y 2023.
		Tasas de generación. Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. OPS, 2001.
		Diagnóstico por provincia. Dirección de Servicios Técnicos, AAUD, 2014.
		Encuestas en campo. Departamentos de Ornato y Aseo de los Municipios de Panamá, Secciones de Cambio Climático de las Direcciones Regionales de MiAMBIENTE y ETIS Residuos, 2023.
		Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos. Dirección de Servicios Técnicos, AAUD - INECO, 2017.
5.D Aguas residuales	5.D.1. Aguas residuales domésticas	Estadísticas de población. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC, años 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadística de tipo de vía y/o sistema de tratamiento. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC, años 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadísticas de consumo de proteína. Hoja de Balance de Alimentos. INEC, 2021.

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
RESIDUOS		
		Propuesta Económica de Ajuste al Salario Mínimo en Panamá: 2021. Patiño Martínez, A. E., & Godoy O., C. A. (2023). D'Economía, 3, 78-93.
		Evolución del Salario Mínimo en Panamá. Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral de Panamá (MITRADEL), 2020.
		Dictamen de expertos para la clasificación de tipos de población y definición de la fracción de uso de los tipos de sistema de tratamiento de aguas residuales en Panamá. Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAN), Departamento de Demografía del INEC y ETIS del Sector Residuos.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

1.4. Descripción de las categorías principales

El análisis de categorías principales es preparado según las *Directrices del IPCC de 2006*. Una categoría principal es aquella que repercute significativamente sobre los inventarios de un país en términos del nivel, tendencias o incertidumbre de las emisiones y absorciones de GEI. Estas categorías son utilizadas como referencia para la priorizar las mejoras del inventario y asegurar el incremento de la calidad de los mismos. El análisis de categorías principales sigue la metodología establecida en las Directrices del IPCC 2006 y las disposiciones de la decisión 18/CMA.1. Con respecto al nivel de desagregación, este se determinó siguiendo el nivel de agregación sugerido en el <Cuadro 4.1> del Volumen 1, Capítulo 4, pero se tuvieron en cuenta las circunstancias nacionales.

El análisis de categorías principales se realizó para el año base 2000 y para 2021 como último año de reporte en el INGEI incluyendo y excluyendo el sector UTCUTS. La evaluación se efectuó por nivel (N) y tendencia (T) utilizando dos métodos incluyendo todos los GEI. El método 1 evalúa la influencia que ejercen ciertas categorías en términos absolutos. Al sumarse de forma acumulada, estas categorías totalizan el 95 % de la suma total de las emisiones, principalmente aquellas que más contribuyen a las emisiones y a cambios en el inventario. El método 2, por otro lado, evalúa la tendencia de las emisiones. Las categorías identificadas con este método totalizan el 90 % de las emisiones tomando en cuenta la incertidumbre que aportan al inventario. Panamá actualmente no implementa análisis cualitativo de categorías principales, pero prevé implementarlo en futuros inventarios.

1.4.1. Resultado de análisis de categorías principales

Cuando el sector UTCUTS es incluido, el análisis se basa en un total de 90 categorías desagregadas. La mayor cantidad de categorías principales corresponden a fuentes de CO₂, principalmente por *tierras forestales que permaneces como tales, tierras convertidas en pastizales y transporte terrestre*. Otras fuentes relevantes son el CH₄ por *fermentación entérica - otros vacunos y eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados* y el HFC por *refrigeración y aire acondicionado*. No se identificaron categorías principales por fuentes de SF₆.

Mientras que cuando el sector UTCUTS es excluido, el análisis se basa en 73 categorías desagregadas. En esta ocasión la mayor cantidad de categorías principales corresponde a fuentes de CO₂, principalmente del sector Energía por *transporte terrestre, navegación marítima y fluvial, industrias manufactureras e industrias de la energía*, seguido por el CH₄ por *fermentación entérica - otros vacunos*, y la *eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados*; el HFC por *refrigeración y aire acondicionado* y N₂O por *emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas*

Resultados detallados del análisis de categorías principales, método 1 y 2, por nivel y tendencia para el año base y último año de reporte se presenta en el ANEXO 1.

1.4.1.1. Método 1

Para 2021, de un total de 90 categorías, 16 fueron identificadas como categorías principales bajo el método 1. De estas, seis pertenecen al sector Energía, cinco al sector UTCUTS, dos del sector Agricultura, dos del sector IPPU y una del Residuos. Cabe destacar que más del 50 por ciento de la contribución de nivel es atribuida a *tierras forestales que permaneces como tales* por su contribución al balance nacional.

En el año base, se identificaron 13 categorías como principales. Es importante destacar que categorías como *'tierras de cultivo que permaneces como tales, tierras convertidas en humedales e industrias de la energía - líquidos'*, que fueron categorías principales en el año base, ya no lo son en el último año de reporte. Otras como *refrigeración y aire acondicionado, industrias manufactureras y de la construcción - sólidos, industrias de la energía - gas natural, tierras convertidas en asentamientos* son categorías principales en el último año de reporte, pero no lo eran en el año base.

Con respecto al análisis de tendencia entre el año base y el último año de reporte, 12 categorías fueron identificadas como principales, donde el 56 por ciento del aporte a la tendencia se debe a el CO₂ de *tierras forestales que permanecen como tales*.

1.4.1.2. Método 2

Para 2021, de un total de 90 categorías, 13 fueron identificadas como categorías principales bajo el método 2. De estas, cinco al sector UTCUTS, tres pertenecen al sector Energía, dos del sector Agricultura, dos del sector Residuos y una del sector IPPU. Cabe destacar que más del 50 por ciento de la contribución de nivel es atribuida a *tierras forestales que permaneces como tales* por su contribución al balance nacional.

En el año base, se identificaron 13 categorías como principales. De las cuales categorías como *industrias manufactureras y de la construcción - líquido, y emisiones indirectas de N₂O de suelos agrícolas*, que fueron categorías principales en el año base, ya no lo son en el último año de reporte y *refrigeración y aire acondicionado* es categoría principal en el último año de reporte, pero no lo era en el año base.

Con respecto al análisis de tendencia entre el año base y el último año de reporte, el CO₂ de *tierras forestales que permanecen como tales* es la única categoría principal identificada ya que su aporte a la evaluación de la tendencia con respecto a la incertidumbre es superior al 90 por ciento por su alta contribución al balance nacional.

1.4.2. Resumen de resultados de categorías principales

Panamá realizó su análisis de categorías principales para el año base y el último año de reporte, con el objetivo de evaluar las tendencias y la relevancia de las diferentes fuentes de emisión del INGEI. El análisis se realizó con y sin el sector UTCUTS, utilizando ambos métodos considerando un total de doce criterios detallados en la *Tabla 1. 9* en donde a través de una "X" se muestra el o los criterios y métodos que cumple cada categoría.

Los resultados de este análisis revelaron la relevancia que tiene el CH₄ *por la eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados*, ya que fue identificada como categoría principal para once de los doce criterios evaluados, seguido por el CO₂ *por transporte terrestre* y CH₄ *por fermentación entérica - otros vacunos*. Otras fuentes relevantes, son el CO₂ *por industrias manufactureras y de la construcción - sólido* y *por transporte de navegación marítima y fluvial*, lo que demuestra la influencia del sector energía como principal fuente de emisión. En la *Tabla 1. 9* se presenta un resumen de los resultados obtenidos,

Para más información sobre el análisis de categorías principales ver el ANEXO 1.

Tabla 1. 9. Resumen del análisis de categorías principales del INGEI 2000-2021 aplicando el método 1 y 2 (con y sin UTCUTS)

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Criterio de identificación											
		N1 2000 IU	N1 2000 EU	N1 2019 IU	N1 2019 EU	T1 IU	T1 EU	N2 2000 IU	N2 2000 EU	N2 2019 IU	N2 2019 EU	T2 IU	T2 EU
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO ₂	X	X		X	X	X						
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO ₂				X								
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO ₂			X	X	X	X						
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	X	X	X	X		X	X	X		X		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO ₂		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO ₂	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH ₄								X		X		
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N ₂ O								X		X		
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO ₂		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1A4 Otros sectores - Líquido	CO ₂	X	X	X	X	X			X		X		
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH ₄		X						X				
2.A.1 Producción de cemento	CO ₂	X	X	X	X		X		X		X		
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC			X	X	X	X			X	X		
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH ₄	X	X	X	X		X		X		X		
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH ₄	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH ₄		X		X		X		X				
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N ₂ O								X				
3.B.5. Gestión del estiércol - Emisiones indirectas de N ₂ O	N ₂ O								X				
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH ₄		X										
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH ₄		X						X				
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N ₂ O		X		X		X	X	X	X	X		
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N ₂ O		X		X		X	X	X		X		
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	X		X		X		X		X			
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO ₂			X		X		X		X			
4.B.1.Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO ₂	X											
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	X		X				X		X			
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO ₂	X		X		X		X		X			
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH ₄	X		X									
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO ₂	X											
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO ₂			X		X		X		X			
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH ₄	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH ₄		X		X		X		X				
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄										X		
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH ₄				X				X				
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N ₂ O							X	X	X	X		

Nota: N1 = Nivel según el método 1; N2 = Nivel según el método 2; T1 = Tendencia según el método 1; T2 = Tendencia según el método 2; IU = Incluyendo UTCUTS; EU = Excluyendo UTCUTS

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

1.5. Descripción del plan de AC/CC y su aplicación

El principal objetivo de este plan es contribuir al cumplimiento de los objetivos del SSINGEI de Panamá, acorde con lo establecido en sus líneas de trabajo, específicamente: *Calidad y mejoramiento*. Su función se basa en establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo de las actividades apropiadas para la garantía y control de la calidad y verificación (GCCV) del inventario y los productos pertinentes, como el plan de calidad y el plan de mejoramiento del inventario siguiendo los procedimientos mínimos indicados por las *Directrices del IPCC de 2006* y siguiendo sus indicadores de calidad.

Transparencia

- Existe suficiente documentación clara para que las personas o los grupos que no sean los compiladores del inventario entiendan cómo se compiló el inventario y puedan asegurarse de que cumple los requisitos de buenas prácticas para los inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero

Exhaustividad

- Se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de gases.

Coherencia

- Se realizan las estimaciones para diferentes años, gases y categorías de inventarios, de tal forma que las diferencias de resultados entre los años y las categorías reflejan las diferencias reales en las emisiones.

Comparabilidad

- Se declara el inventario nacional de gases de efecto invernadero de forma tal que permite su comparación con los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero correspondientes a otros países.

Exactitud

- El inventario nacional de gases de efecto invernadero no contiene estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida en la que pueda juzgarse.

La responsabilidad de coordinar las actividades de control de calidad, garantía de la calidad y verificación es el Departamento de Mitigación de la DCC del MiAMBIENTE, específicamente del equipo coordinador del inventario. Asimismo, se han establecido herramientas apropiadas para el seguimiento de las actividades y su registro en el sistema de archivo y documentación tanto del plan de calidad como el plan de mejoramiento ya que es tratado como un plan independiente. Ambos planes son dinámicos, por lo que se revisan, actualizan y se retroalimentan con cada ciclo de inventario. A continuación, se especifican las principales actividades que se consideran durante el proceso de planificación, elaboración y gestión del inventario.

1.5.1. Actividades generales de control de calidad.

El control de la calidad es un sistema de actividades técnicas rutinarias destinado a evaluar y mantener la calidad del INGEI a medida que se elabora. Forma parte de las responsabilidades del personal encargado de elaborar el INGEI.

De forma general, Panamá implementó las actividades y procedimientos de control de calidad incluidas en <Tabla 6.1> de las *Directrices del IPCC de 2006*, por ejemplo,

revisión de las suposiciones y criterios de selección de metodologías, datos de actividad y factores de emisión; verificación de existencia de errores de transcripción en los datos; revisión de las estimaciones y cálculos de GEI; verificación de la exhaustividad; coherencia de la serie temporal; revisión de la documentación y archivo de la información; etc. Las actividades generales fueron incluidas en un libro de cálculo para hacer seguimiento a su implementación, el cual funciona como un listado de verificación. Estas actividades se enfocan en el proceso de cálculo de las emisiones y absorciones, la identificación de parámetros, verificación de la calidad y el origen de los datos.

Además, se incluyen procedimientos para el proceso de documentación de la información, la exhaustividad de la estimación y la comparación con la estimación de los años anteriores. Las actividades de control las realiza el equipo técnico de cada sector a lo largo del proceso de estimación. Asimismo, a cada sector se le asigna un controlador de calidad de otro sector para revisar los archivos de cálculo una vez se tienen las estimaciones preliminares. El último control lo realiza el compilador del inventario.

Es importante mencionar que las actividades específicas de control de calidad se describen en las secciones pertinentes a cada categoría. Estas son implementadas cuando es necesario analizar una fuente en particular con más detalle.

1.5.2. Actividades generales de garantía de calidad.

Panamá ha mejorado progresivamente la calidad y verificación de su inventario, potenciado gracias a distintos procesos de revisión efectuados por personal externo a los cuales ha sido sometido. En 2018, Panamá llevó a cabo una revisión por pares con la RedINGEI, luego el proceso de Consulta y Análisis Internacional (ICA, por el inglés) del ZIBA en 2021, seguido de un ejercicio de garantía y control de calidad dictado por expertos de la CMNUCC en 2022 y, recientemente en 2023, una asistencia técnica recibida por parte de la Convención para el fortalecimiento del plan de mejoramiento del inventario y un ejercicio de garantía y control de calidad de las estadísticas energéticas.

Todas estas actividades han dado como resultado la compilación de diferentes sugerencias y recomendaciones de mejora, las cuales fueron discutidas y priorizadas de acuerdo con su relevancia como categoría principal y la disponibilidad de recurso para su abordaje como parte del plan de mejora del inventario. El plan de mejoras tiene el objetivo de establecer acciones concretas, identificando proyectos para su implementación de los recursos necesarios para el abordaje de las recomendaciones y aquellos hallazgos identificados durante el control de calidad del inventario.

Un ejemplo de las actividades implementadas durante este ciclo de inventarios se encuentra la *“Cooperación multilateral entre Panamá, Chile, Colombia, Paraguay y Uruguay sobre INGEI”*. Esta iniciativa facilitada con el apoyo del CBIT-GSP, en el marco de la Red de Transparencia Climática, tuvo como objetivo principal fortalecer las capacidades del equipo técnico de nacional en temas estratégicos de los sectores de Energía, IPPU, Agricultura y estimación de incertidumbre aplicando el método de propagación del error. Cubierto mediante ocho sesiones de intercambios de conocimientos, lecciones aprendidas y buenas prácticas en torno a los temas requeridos. Mayores detalles del plan de mejora y las actividades implementadas se pueden encontrar en el CAPÍTULO 10.

Adicionalmente, para este inventario, una vez se contó con las estimaciones se realizaron procesos de revisión y validación con expertos sectoriales, los cuales son terceros independientes al proceso de elaboración. Las recomendaciones y sugerencias recibidas fueron archivadas y documentadas para su abordaje en el inventario futuro. Por otra parte, como parte de los apoyos brindados por CBIT-GSP, el borrador del DIN fue revisado por el coordinador regional de CBIT-GSP y experto en inventarios de GEI, dicha revisión se enfocó en el análisis del alcance de la información en línea con las MPD y una revisión general de texto.

1.5.3. Actividades generales de verificación

La verificación del inventario es fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de la información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello, se implementaron diferentes actividades de verificación durante el proceso de elaboración del inventario, las cuales se describen a continuación:

- Comparación del método sectorial y el método de referencia para las estimaciones del sector energía
- Comparación de los resultados con datos internacionales de la Agencia Internacional de Energía (AIE) para el sector energía y de la FAO para el sector agricultura.
- Comparación de los GEI resultantes de la aplicación de métodos de Nivel 2 versus el método de Nivel 1.

Las actividades específicas de verificación se describen en las secciones pertinentes a cada categoría.

1.5.4. Dictamen de expertos

Para el presente inventario, fue requerido la utilización de dictamen de expertos para los sectores de Agricultura y Residuos, específicamente para subsanar vacíos existentes de datos disponibles y para seleccionar datos de una gama de valores disponibles. Ambos dictámenes fueron conformados por expertos del sector tanto público como privado y se siguió el protocolo para la solicitud de información establecido en el Anexo 2A.1 del *Volumen 1 de las Directrices del IPCC 2006*. Se ha documentado de acuerdo con las buenas prácticas establecidas y mayores detalles se pueden encontrar en las secciones de aspectos metodológicos de los respectivos sectores.

1.6. Evaluación general de la incertidumbre

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial para un inventario exhaustivo. El análisis de la incertidumbre del INGEI 2000-2021 de Panamá fue realizado mediante el *Método 1 de Propagación del Error*, el cual sirve para estimar las incertidumbres en las categorías individuales (datos de actividad y factores de emisión) en todo el inventario, ya sea en la tendencia o en un año en particular, en este caso el análisis se hizo para el año base y el 2021.

Para 2021, la incertidumbre del INGEI alcanza el $\pm 194.5\%$. Las incertidumbres de este INGEI están asociadas principalmente a los factores de emisión por defecto aplicados para cada fuente o sumidero y, en menor medida, a los datos de actividad. El *CO₂ de tierras forestales que permanecen como tales* es el mayor contribuyente a la varianza, si bien, su incertidumbre combinada tiene un valor aceptable ($\pm 36.3\%$), el hecho que esta categoría sea la más contribuye al balance nacional de GEI (-35,071.0 kt CO₂ eq) hace

que su aporte ponderado a la varianza sea el más importante. Otros contribuyentes relevantes a la varianza son el CO₂ de las *tierras convertidas en pastizales, navegación marítima y fluvial* y de *tierras convertidas en asentamientos*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del INGEI fue de ± 65.9 % entre 2000-2021.

Cualitativamente, basado en factores como: la disponibilidad de datos de buena calidad (con algunas brechas en la cobertura en ciertos sectores), la metodología utilizada y los controles de calidad y aseguramiento de la calidad implementados, se considera que el inventario nacional tiene una incertidumbre general media. Considerando que la complejidad de sectores como UTCUTS y Residuos puede incrementarla debido a la dificultad de estimar con precisión las emisiones de estos sectores. Mientras que sectores como Energía y Agricultura ayudan a reducir la incertidumbre en general gracias a la buena disponibilidad de datos.

Sector Energía

Para 2021, la incertidumbre alcanzó ± 10.6 %, mientras que la incertidumbre de la tendencia es de ± 35.0 % entre 2000-2021. Los principales contribuyentes a la varianza son el CO₂ de los combustibles sólidos consumidos en *industrias manufactureras y de la construcción*, el CH₄ y N₂O de *transporte terrestre* y el CO₂ de *navegación marítima y fluvial*. La incertidumbre en general aumento con respecto al inventario anterior, este aumento se atribuye principalmente a un ajuste metodológico en la estimación de la misma.

Sector IPPU

Para 2021, la incertidumbre del sector IPPU alcanza el ± 70.3 %. Los HFC por la categoría *refrigeración y aire acondicionado* son los mayores contribuyentes a la varianza, su incertidumbre combinada es de las mayores (± 48.2 %). Otro contribuyente relevante a la varianza es el CO₂ de *producción de cemento*. Las incertidumbres están asociadas principalmente a los factores de emisión por defecto aplicados para cada fuente y, en menor medida, a los datos de actividad. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector IPPU fue de ± 371.8 % entre 2000-2021 lo que representa un aumento con respecto al inventario anterior que podría atribuirse a la naturaleza exponencial de las emisiones del sector de refrigeración y aire acondicionado, así como los factores de emisión por defecto aplicados.

Sector Agricultura

Para 2021, la incertidumbre del sector agricultura alcanza el ± 17.93 % dominada por el CH₄ de la *fermentación entérica de otros vacunos*, esta tiene el mayor aporte a la varianza aun cuando su incertidumbre combinada es aceptable (± 22.4 %), seguido por el N₂O de las *emisiones directas e indirectas de suelos agrícolas* cuya incertidumbre está asociada principalmente a los factores de emisión por defecto aplicados y adicional se contemplan muchos supuestos asociados a los datos de actividad. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia fue de ± 13.97 % entre 2000-2021 la cual disminuyo con respecto al inventario anterior lo que puede estar relacionado el uso de un factor de emisión para las subcategorías vacas lecheras y otros vacunos, de igual forma las emisiones en suelos agrícolas disminuyeron producto del ajuste en varios de los parámetros utilizados.

Sector UTCUTS

Para 2021, la incertidumbre del sector UTCUTS alcanza el ± 47.5 . Los valores de incertidumbre provienen del error estándar de los datos de actividad geoespaciales (error de muestreo) y del error estándar de los factores de emisión estimados por el INFC. El CO₂ de *tierras forestales que permanecen como tales* es el mayor contribuyente a la incertidumbre de la tendencia con un 72.5%, el hecho que sea a su vez la principal categoría que contribuye al balance nacional de GEI hace que su aporte ponderado a la varianza sea el más importante. Otros contribuyentes a la incertidumbre del sector son las emisiones de CO₂ *tierras convertidas en pastizales y tierras convertidas en asentamientos*.

Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector fue de $\pm 87.0\%$ entre 2000-2021 lo que representa un aumento con respecto al inventario anterior. Este resultado se atribuye principalmente al aumento significativo de las absorciones con respecto al año base; a la fotointerpretación de categorías de uso de la tierra que no ocurrían en el año base y ajustes en la metodología de cálculo al corregir formular para estimar la propagación del error.

Residuos

Para 2021, la incertidumbre del sector alcanza el ± 126.3 %. las incertidumbres están asociadas principalmente a los factores de emisión por defecto aplicados para cada fuente de emisión y, en menor medida, a los datos de actividad. El CH₄ de la *eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados* y el N₂O de proveniente de la *eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas* son los mayores contribuyentes a la varianza, con una incertidumbre combinada de ± 81.2 % y ± 74.8 %, respectivamente. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia fue de ± 310.1 % entre 2000-2021, aumentando con respecto al inventario anterior, lo que se considera que está directamente relacionado con la desagregación de la categoría de *Disposición de residuos sólidos* en: *Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados* y *Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizados*. Además, por la introducción de la categoría de *Incineración y quema abierta de residuos* y los ajustes en varios de los parámetros utilizados en el sector.

Para más información sobre la evaluación general de la incertidumbre ver el ANEXO 2.

1.7. Evaluación general de la exhaustividad

Panamá ha incorporado todas las categorías de fuentes y sumideros que ocurren en el país y para los cuales haya información disponible. Para aquellos elementos faltantes se ha documentado claramente su ausencia junto con su respectiva justificación siguiendo los lineamientos establecidos por la Directrices del IPCC de 2006. Cabe destacar que los planes para estimar y reportar dichas categorías en futuros inventarios se pueden encontrar en las secciones de mejoras y nuevos cálculos de cada sector. A continuación, se presenta más información.

1.7.1. Información sobre la exhaustividad

El INGEI de Panamá incluye todo el territorio nacional e incluye emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, HFC, SF₆ y absorciones de CO₂ para la serie 2000-2021, mientras que las emisiones de PFC no fueron estimadas por falta de información y las de NF₃ no ocurren en el país. En cuanto a los gases precursores, solo se reportan parcialmente emisiones de NO_x y CO

de los sectores Agricultura y UTCUTS, el resto de los gases precursores no fue estimado por falta de tiempo para implementar las metodologías apropiadas de estimación.

Cabe destacar que en la actualización de este inventario las emisiones de SF₆ son incluidas por primera vez con la inclusión de la categoría 2.G.1. *Equipos eléctricos*. Además, se han estimado por primera vez las emisiones de las siguientes categorías que anteriormente fueron reportadas como no estimadas:

- 2.A.3. *Producción de vidrio*
- 2.D.2. *Uso de la cera de parafina*
- 2.F.2. *Agentes espumantes*
- 3.D.1.d. *Residuos de cosechas*
- 3.D.1.e. *Mineralización de la materia orgánica del suelo*
- 5.C.2. *Incineración abierta de residuos*

Las fuentes o sumideros de GEI no estimadas (NE), principalmente por falta de datos de actividad, y su explicación correspondiente, se encuentran en la Tabla 1.10.

Tabla 1.10.

Fuentes y sumideros del INGEI de Panamá reportados como no estimados

GEI	Categoría de fuente o sumidero	Explicación o comentario
Energía		
CO ₂ , y CH ₄	1.B.2.a. Petróleo	Atribuidas a la producción y refinación de Petróleo. Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería. Atribuidas a la distribución de productos petrolíferos. El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO ₂ , y CH ₄	1.B.2.b. Gas natural	Emisiones fugitivas vinculadas a la transmisión, almacenamiento y distribución de gas natural. El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
IPPU		
CO ₂	2.A.2. Producción de cal	No se cuenta con estadística nacional
CO ₂	2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	Específicamente en el uso de cerámicas, se carece de datos en la estadística nacional debido a que mayormente se lleva a cabo de forma artesanal.
CO ₂	2.D.3. Otros (especificar)	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría y no cuenta con la estadística nacional.
HFC	2.F.4. Aerosoles	No se cuenta con estadística nacional.
HFC	2.F.5. Solventes	No se cuenta con estadística nacional.
N ₂ O	2.G.3. N ₂ O de usos de productos	No se cuenta con estadística nacional.
SF ₆ y PFC	2.G.2. SF ₆ y PFC de otros usos de productos	No se cuenta con estadística nacional
CO ₂	2.H.2. Industria de la alimentación y las bebidas	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría y no cuenta con la estadística nacional.
UTCUTS		
CO ₂	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	El cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales no se estima para esta subcategoría debido a que no se cuentan con data sobre el carbono orgánico del suelo (COS) en periodos distintos periodos en el tiempo.

GEI	Categoría de fuente o sumidero	Explicación o comentario
CO ₂	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	El cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa, MOM no se estima ya que se asume que las tierras de cultivo están en balance, ya que lo que se gana en un ciclo de cosecha se pierde en la próxima. El cambio anual en las reservas de carbono en suelos minerales no se estima porque el país no cuenta con información suficiente y adecuada para realizar las estimaciones de manera coherente y precisa sobre los cambios en las prácticas de gestión en los cultivos.
CO ₂	4.B.2.c. Humedales convertidos en tierras de cultivo	El cambio anual en la existencia de carbono de la biomasa y MOM no se estima debido a falta de datos sobre el valor de biomasa de la vegetación baja inundable en el país, así como falta de desagregación de datos de actividad de la vegetación baja inundable de las tierras inundadas. Esta subcategoría solo ocurre durante los años 2015 y 2017.
CH ₄ y N ₂ O	4.B.2.c. Humedales convertidos en tierras de cultivo	Las emisiones a partir del quemado de la biomasa en la subcategoría de humedales convertidos a tierras de cultivo no se estiman debido a falta de datos de actividad sobre incendios registrados en zonas de humedales.
CO ₂	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	El cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a perturbaciones no se estima debido a que el país considera que su estimación podría generar una sobreestimación, ya que las emisiones de esta sección entran en balance en el próximo ciclo del pasto y tampoco hay cambio de uso de la tierra cuando ocurren perturbaciones (incendios). Las emisiones de no CO ₂ sí se estiman para incendios ocurridos en Pastizales. El Cambio anual en las reservas de carbono en suelos minerales no se estima por falta de datos en los cambios de tipos de gestión en pastizales que permanecen como tal.
CH ₄ y N ₂ O	4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas en pastizales	Las emisiones de no-CO ₂ a partir del quemado de biomasa en Tierras convertidas en pastizales (Cultivo a Pastos) no se estiman debido a que no se cuenta con data desagregada, sobre qué superficie de cultivos cambia a pasto por medio aplicación de quema-roza. Además, la información de quemas de cultivos que a su vez se estima dentro de Quemados de residuos agrícola, puede contener o no, quemados de cultivos que implican un cambio de uso de la tierra a pasto. Para evitar la doble contabilidad, no se estiman las quemados de cultivos a Pastos.
CO ₂	4.C.2.c. Humedales convertidos en pastizales	El Cambio anual en las reservas de carbono en suelos no se estima porque no se cuenta con datos de gestión para humedales ni valores de carbono orgánico del suelo de humedales. El Cambio anual en las reservas de carbono de la biomasa de las Tierras Convertidas en Pastizales (Humedales a Pastos) no se estiman ya que, en la imagen de satélite, humedal corresponde cuerpos de aguas (naturales, así como artificiales) para no incurrir en sobreestimaciones o subestimaciones no se estima esta subcategoría.
CO ₂	4.C.2.d. Asentamientos convertidos en pastizales	El Cambio anual en las reservas de carbono en MOM de las Tierras Convertidas en Pastizales (Asentamientos a Pastos) no se estiman ya que en Tier 1, se coloca el Co de pastos como cero. En asentamientos se asume que la hojarasca es cero.
CH ₄	4.D.1. Humedales que permanecen como tales	Las emisiones de CH ₄ de humedales que permanecen como tal no se estiman por falta de la desagregación de la

GEI	Categoría de fuente o sumidero	Explicación o comentario
		información sobre tierras inundadas en el país, y manejo adecuado de la nueva metodología establecida en el refinamiento 2019.
CO ₂ y N ₂ O	4.D.1. Humedales que permanecen como tales	Las emisiones de CO ₂ y N ₂ O de bonales durante la extracción de turba no se estima por falta de información, no se tiene registro de extracción de turba en el país.
CO ₂	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	Las emisiones de CO ₂ por cambios en la biomasa en asentamientos se asumen en equilibrio. Tier 1.
CO ₂	4.E.2.d. Humedales convertidos en asentamientos	El Cambio anual en las reservas de carbono (Biomasa, MOM y suelos minerales) de las Tierras Convertidas en Asentamientos (Humedales a Asentamientos) no se estiman ya que no se cuenta con valores para los factores de cambio de existencias para el régimen de gestión de la tierra para humedales.
CO ₂	4.F.1. Otras tierras que permanecen como tales	El Cambio anual en las reservas de carbono en suelos minerales de Otras Tierras que permanecen como tales no se estiman ya que asume se mantiene en equilibrio, Tier 1.
CO ₂	4.F.2.d. Humedales convertidos en otras tierras	El Cambio anual en las reservas de carbono de la biomasa de las Tierras Convertidas en Otras tierras (Humedales a Otras tierras) no se estiman ya que, en la imagen de satélite, humedal corresponde a cuerpos de aguas (naturales, así como artificiales) para no incurrir en sobreestimaciones o subestimaciones no se estima esta subcategoría. Por otro lado, tampoco se cuenta con información de biomasa para vegetación baja inundable, en caso de tratarse de este caso. El Cambio anual en las reservas de carbono en materia orgánica muerta de las Tierras Convertidas en Otras tierras (Humedales a Otras tierras) no se estiman ya que no se cuenta con valores para los factores de cambio de existencias para el régimen de gestión de la tierra para humedales. El Cambio anual en las reservas de carbono en suelos minerales de las Tierras Convertidas en Otras tierras (Humedales a Otras tierras) no se estiman ya que no se cuenta con valores para los factores de cambio de existencias para el régimen de gestión de la tierra para humedales.
CO ₂	4.G. Productos de madera recolectada	No se estiman las emisiones/absorciones de Productos de Madera Recolectada por falta de tiempo con respecto a la entrega de esta serie de inventario. El equipo técnico logró iniciar el fortalecimiento de las capacidades para la estimación de esta categoría, sin embargo, no se contó con el tiempo para iniciar los trabajos de recolección de datos.
RESIDUOS		
CH ₄ y N ₂ O	5.B.1. Compostaje	No se cuenta con estadística nacional
CH ₄ y N ₂ O	5.B.2. Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás	No se incluyen por falta de datos de actividad y el país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	5.C.1. Incineración de residuos	No se incluyen por falta de datos de actividad.
CH ₄ y N ₂ O	5.D.2. Aguas residuales industriales	No se incluyen por falta de datos de actividad.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en hoja Tabla 9 de los CRT.

Cabe mencionar que las emisiones indirectas de CO₂ resultantes de la oxidación atmosférica del CH₄, el CO y los COVDM y las emisiones indirectas de N₂O derivadas de fuentes distintas de los sectores Agricultura y UTCUTS no fueron estimadas ya que el país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para realizar estas estimaciones.

Por otra parte, de los depósitos de carbono del sector UTCUTS incluidos en las *Directrices del IPCC de 2006*, Panamá incluye los depósitos de biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca), y suelos minerales para *tierras convertidas en tierras forestales, tierras convertidas en tierras de cultivos, tierras convertidas en pastizales, y tierras convertidas en asentamientos*. Solamente se estiman los cambios en las reservas de carbono de biomasa aérea y subterránea en *tierras forestales que permanecen como tales, tierras de pastizales que permanecen como tales y tierras convertidas en humedales*, excluyendo los suelos orgánicos, ya que para todo el país los suelos son minerales.

Con respecto a las categorías incluidas en otro lugar (IE), la Tabla 1. 11 presenta las asignaciones que ha hecho el país y la explicación correspondiente.

Tabla 1. 11.

Fuentes y sumideros del INGEI de Panamá reportados como incluidos en otro lugar

GEI	Categoría de fuente o sumidero del IPCC	Asignación de Panamá	Explicación o comentario
ENERGÍA			
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	1.A.2.g. Otros (especificar)	Falta de información desagregada de los datos de la quema de combustible para la fabricación de carbón vegetal.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	1.A.2.g. Otros (especificar)	Falta de información desagregada.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	1.A.2.g. Otros (especificar)	Falta de información desagregada.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	1.A.3.a. Aviación civil	Aviación internacional	Falta de información desagregada de datos concretos sobre el consumo de combustible en vuelos nacionales. Para más detalle ver Sección 3.2.10.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	Navegación internacional	Falta de información desagregada sobre consumo de Fuelóleo residual para consumo nacional. Para más detalle ver Sección 3.2.10.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	1.A.3.e. Otro tipo de transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	Falta de información desagregada para Todo terreno.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	1.A.3.b. Transporte terrestre	Falta de información desagregada para Transporte de pesca artesanal.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	Navegación internacional	1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	Falta de información desagregada sobre consumo de Gas/Diésel Oil para consumo internacional. Para más detalle ver Sección 3.2.5.
CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	Aviación internacional	1.A.3.a. Aviación civil	Falta de información desagregada de datos concretos sobre el consumo de combustible en vuelos internacionales. Para más detalle ver Sección 3.2.5.

GEI	Categoría de fuente o sumidero del IPCC	Asignación de Panamá	Explicación o comentario
AGRICULTURA			
CO ₂ y CH ₄	3.E. Quema prescrita de sabanas	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Esta categoría se incluye en los cálculos de las emisiones no CO ₂ de tierras forestales y pastizales; se entiende como pasto todas las gramíneas sean o no pastoreadas (todos los pastos de las sábanas)
UTCUTS			
CO ₂	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	<p>La <u>Pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques</u> se estima dentro de la subcategoría 4.A.1. <i>Tierras forestales que permanecen como tales</i> debido a que no es posible la desagregación de la extracción de madera de las tierras que permanecen como tal, de las que cambian.</p> <p>La <u>Pérdida anual de carbono debida a remoción de madera combustible</u> se estima dentro de la subcategoría 4.A.1. <i>Tierras forestales que permanecen como tales</i> debido a que no es posible la desagregación de la extracción de leña de las tierras que permanecen como tal, de las que cambian.</p> <p>La <u>Pérdida anual de carbono debida a perturbaciones</u> se estima dentro de la subcategoría 4.A.1. <i>Tierras forestales que permanecen como tales</i> debido a que no es posible la desagregación de las perturbaciones (incendios/plagas) de las tierras que permanecen como tal, de las que cambian.</p>
CH ₄ y N ₂ O	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	Las quemas en los cultivos que permanecen como tal se estiman en el sector Agricultura, categoría 3.F., para evitar doble contabilidad.
CO ₂	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	<p>La <u>Pérdida anual de carbono debida a remociones</u> se estima dentro de la subcategoría 4.A.1. <i>Tierras forestales que permanecen como tales</i> debido a que se asume que todas las remociones de madera se calculan en tierras forestales que permanecen como tal</p> <p>La <u>Pérdida anual de carbono debida a la remoción de madera combustible</u> se estima dentro de la subcategoría 4.A.1. <i>Tierras forestales que permanecen como tales</i> debido a que se asume que todas las remociones de madera combustible (leña) se calculan en tierras forestales que permanecen como tal, debido a que no se pueden desagregar</p>
RESIDUOS			

GEI	Categoría de fuente o sumidero del IPCC	Asignación de Panamá	Explicación o comentario
CH ₄	5.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	Debido a la falta de información oficial sobre el inicio de operaciones de los sitios de disposición gestionados, las emisiones estimadas fueron clasificadas como generadas en sitios no gestionados.
CH ₄ y N ₂ O	5.D.3. Otros (aguas residuales comerciales y/o institucionales)	5.D.1. Aguas residuales domésticas	Debido a la falta de información desagregada, las emisiones estimadas fueron incluidas en las aguas residuales domésticas y contempladas en la selección de parámetros.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en Tabla 9 de los CRT.

En el presente inventario se han estimado bajo las categorías de fuentes esperadas las emisiones de las siguientes categorías que anteriormente fueron reportadas como incluidas en otro lugar:

- 1.A.3.c Ferrocarriles, anteriormente reportada bajo la categoría [1.A.2] Industrias manufactureras y de la construcción

Respecto a la confidencialidad, Panamá cuenta con un grupo muy pequeño de industrias relacionadas con la producción de cemento, por lo que las estimaciones y aspectos metodológicos de estas subcategorías fueron tratadas como información confidencial, ateniéndose a lo establecido en el Título VI, capítulo 2 de la Ley No. 10 de 22 de enero de 2009 que reglamenta el secreto estadístico y dicta que los datos individuales que se obtengan para formar parte de la estadística nacional no pueden ni deben vulnerar el derecho a la intimidad de las personas naturales o jurídicas.

Por último, y en conformidad con los requerimientos de la CMNUCC y de las *Directrices del IPCC de 2006*, para el sector Energía, las emisiones de GEI de los tanques de combustible de la *aviación y la navegación internacional*, y las *emisiones de CO₂ de la biomasa* que es quemada con fines energéticos han sido cuantificadas y reportadas como partidas informativas, pero no han sido incluidas en el total o el balance de GEI del INGEI 2000-2021 de Panamá, para evitar el computo doble ya que estas últimas han sido incluidas en el sector UTCUTS siguiendo el método alternativo para estimar los datos de la actividad para el uso de la madera combustible.

1.7.2 Descripción de las categorías insignificantes

Las MPD establecen que se podrá utilizar la clave de notación "NE" (no estimada) cuando el nivel de las estimaciones sea insignificante, teniendo en cuenta ciertas consideraciones. En el INGEI de Panamá en ninguna ocasión se utilizó la clave de notación "NE" para estimaciones insignificantes.

1.8 Sistemas de medición

De acuerdo con lo establecido en las MPD para el reporte conjunto de las emisiones y absorciones de los diferentes GEI, se aplicaron los potenciales de calentamiento atmosférico (PCA) del *Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)* para un horizonte de 100 años, de manera tal que las estimaciones pudieran ser expresadas en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq). Los valores de PCA aplicados pueden observarse en la Tabla 1. 12

Tabla 1. 12. PCA utilizados en el INGEI

Nombre comercial o común	Fórmula química	Potencial de calentamiento atmosférico
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	28
Óxido nitroso	N ₂ O	265
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	23.500
Hidrofluorocarbonos (HFC)		
HFC-23	CHF ₃	12.400
HFC-32	CH ₂ F ₂	677
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	3.170
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1.300
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	4.800
HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	3.350
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	804

Fuente: Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2014)

Además de lo anterior, en las hojas de trabajo, los resúmenes y en otra documentación se utilizan unidades SI (sistema internacional de unidades). Las emisiones y absorciones del INGEI se expresan en unidades de masa, las cuales se usan en forma coherente dentro del DIN 2024. Las emisiones y absorciones en las tablas se expresan en kilo toneladas (kt). Por último, es importante mencionar que –con respecto a los GEI– los números positivos representan emisiones de GEI por las fuentes, mientras que los números negativos representan absorciones de CO₂ por los sumideros.

1.9 Resumen de la flexibilidad aplicada

Panamá se ha comprometido a mejorar la robustez, comparabilidad y consistencia de sus inventarios. Consciente de los compromisos que implica el cumplimiento de las obligaciones de presentación de informes, se ha utilizado la flexibilidad del MRT para ciertas disposiciones, las cuales se detallan a continuación en la Tabla 1. 13.

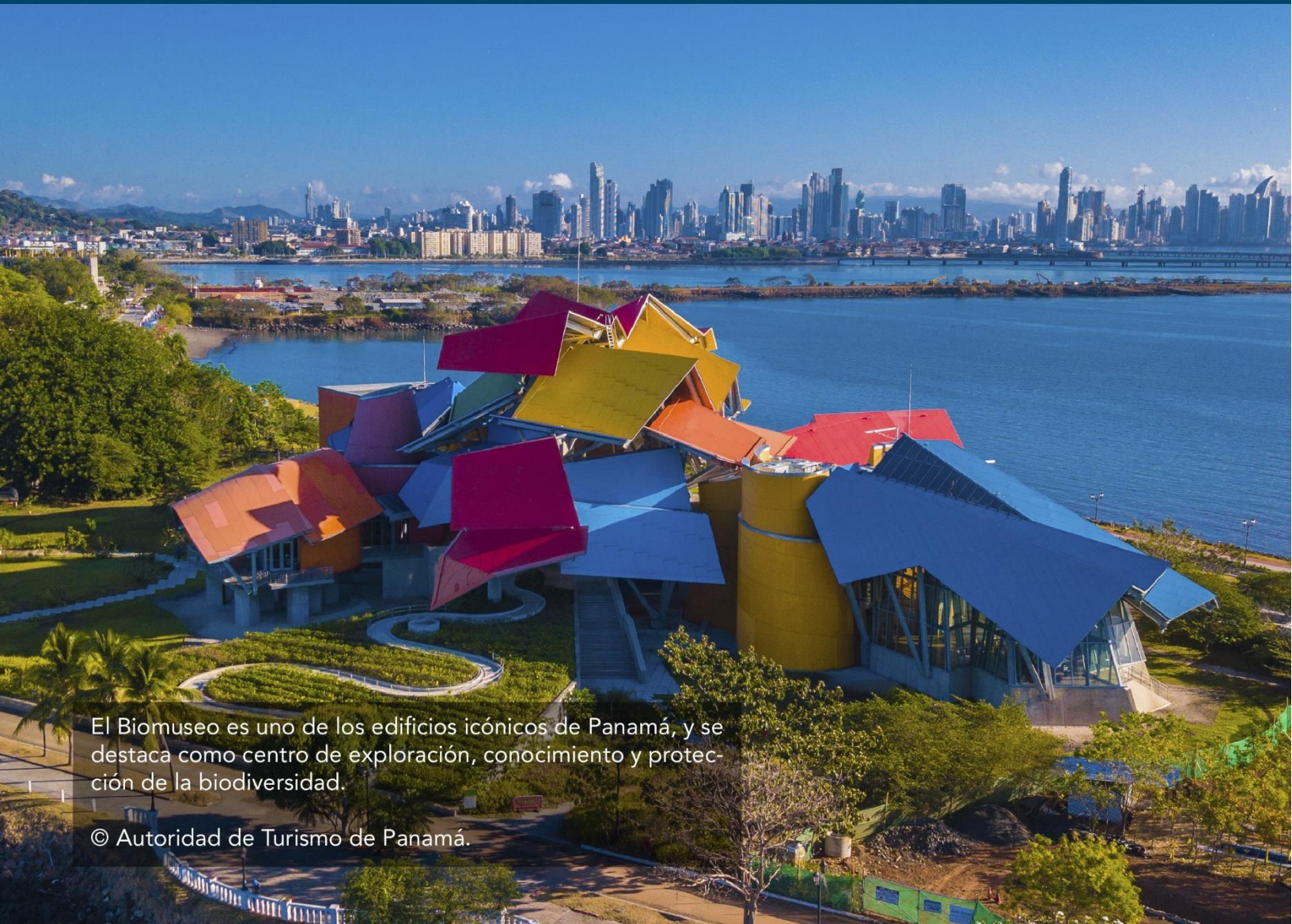
Tabla 1. 13.

Resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas

Disposición de flexibilidad de la MPD	Año	Sector	Categoría	Gas	Descripción de la aplicación de flexibilidad	Clarificación de la limitación de capacidad	Plazo para la mejora de la capacidad	Avances realizados para abordar las áreas a mejorar
57	1990-1999	Todos	Todas	Todos	Cambio del año de inicio de la serie temporal de 1990 a 2000	Falta de información completa para el sector UTCUTS por no contar con imágenes satelitales continuas y libres de cobertura nubosa para el periodo comprendido entre 1990 y 1999	No se han evaluado mejoras ya que este periodo no se toma como referencia en la CDN.	Se levantó información año a año para el periodo 2000-2021
58	2022	Todos	Todas	Todos	Último año de reporte tres años previos al año de presentación del informe	Falta de disponibilidad de información al momento de iniciar el proceso de elaboración de inventarios	3IBT previsto en 2028	Proceso de mejoras de los sistemas estadísticos nacionales y mejora continua del SSINGEI

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en Tabla de Resumen de Flexibilidad los CRT.

2 TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 2000-2021



El Biomuseo es uno de los edificios icónicos de Panamá, y se destaca como centro de exploración, conocimiento y protección de la biodiversidad.

© Autoridad de Turismo de Panamá.

CAPÍTULO 2. TENDENCIA NACIONAL DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 2000-2021

El segundo capítulo se enfoca en el análisis de las emisiones y absorciones de GEI a nivel nacional. Se aborda un análisis específico para el INGEI de 2021 y luego se describe e interpreta la tendencia 2000-2021 por sector y por GEI.

2.1. Descripción de las emisiones y absorciones de GEI de 2021

El balance de emisiones de GEI¹⁵ incluidas en el INGEI de Panamá para 2021 por tipo de GEI (Tabla 2. 1), fueron: -14,154.6 kt CO₂ (absorciones), 186.7 kt CH₄, 3.8 kt N₂O y 1,105.7 kt CO₂ eq de HFC. Las emisiones SF₆ son estimadas por primera vez como parte del INGEI y alcanzaron un total de 13.8 kt CO₂ eq, mientras que las emisiones de NF₃ no ocurren en el país y las de PFC no son estimadas por falta de datos. Es muy relevante hacer notar que, de acuerdo con el balance de las emisiones que da como resultado -6,805.3 kt CO₂ eq, se concluye que Panamá es un sumidero de GEI, lo que significa que en el país se absorbe más GEI de los que se emiten a la atmósfera.

Al analizar las emisiones totales de CO₂ eq (Tabla 2. 1), para todos los sectores corresponden a 29,150.7 kt, donde el mayor emisor es el sector Energía con el 46.4%, seguido de UTCUTS con el 29.2% y de Agricultura con el 14.3%; mientras que el resto (10.1%) es generado por los sectores de IPPU y Residuos. En cuanto a las absorciones totales, estas corresponden a 35,778.7 kt, donde el 100% proviene del sector UTCUTS de la categoría Tierras forestales.

Como lo muestra la (Tabla 2. 1), el CO₂ es el GEI más relevante en el balance, seguido por el CH₄, HFC y N₂O. En cuanto a los sectores, UTCUTS es el de mayor relevancia, seguido por el sector *Energía, Agricultura, IPPU y Residuos*. Más información y detalle sobre las emisiones y absorciones de GEI se encuentra en el capítulo específico de cada sector.

En cuanto a los gases precursores, se estimaron emisiones de NO_x y CO, estas alcanzaron los 8.9 kt y 286.4 kt, respectivamente, únicamente para los sectores Agricultura y UTCUTS, siendo este último el responsable de más del 95 % de las emisiones de ambos gases. No se estimaron las emisiones de COVDM y de SO₂ debido a la falta de información y tiempo para la aplicación de la metodología sugerida por la *Directrices del IPCC de 2006*. Se espera poder estimar estas emisiones en el futuro para tener una visión más completa de las emisiones de gases precursores en Panamá para todos los sectores.

Más información sobre los INGEI de Panamá para los años presentados ante la CMNUCC y el detalle de la serie temporal 2000-2021 se encuentra en el [ANEXO DIGITAL](#).

¹⁵ El término «balance nacional» a razón de este informe se refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI, es decir, las emisiones netas.

Tabla 2. 1.

Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá de 2021

Cód.	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
0.	Todas las emisiones y las absorciones nacionales	-14,154.6	186.7	3.8	1,105.7	NO, NE	13.8	NO	8.9	286.4	NA, NE, NO	NE, NO
1.	Energía	13,222.6	4.3	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.	Actividades de quema de combustible	13,222.6	4.3	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.	Industrias de la energía	1,509.0	0.0	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	3,785.0	0.5	0.1					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.	Transporte	7,191.0	1.7	0.3					NE	NE	NE	NE
1.A.4.	Otros sectores	737.6	2.2	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.5.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	NE, NO	NE, NO	NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NE, NO	NE, NO	NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO										
2.	Procesos industriales y uso de productos	497.1	NA, NO	NA, NO, NE	1,105.7	NO, NE	13.8	NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.A.	Industria de los minerales	493.6							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.B.	Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.	Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	3.5	NA	NA					NO	NO	NE, NO	NO
2.E.	Industria electrónica				NO	NO	NO	NO				
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				1,105.7	NO	NA	NO				
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO, NE	NO	NO, NE	13.8	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3.	Agricultura	24.1	123.7	2.5					0.3	12.4	NO	
3.A.	Fermentación entérica		115.9									
3.B.	Gestión del estiércol		3.3	0.5								NO
3.C.	Cultivo del arroz		4.1									NO
3.D.	Suelos agrícolas			2.0								NO
3.E.	Quema prescrita de sabanas		IE	IE					IE	IE		NO
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo		0.4	0.0					0.3	12.4		NO
3.G.	Encalado	2.0										
3.H.	Aplicación de urea	22.2										

Cód.	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO										
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	-27,920.5	15.0	0.7					8.6	274.0	NA, NO	
4.A.	Tierras forestales	-35,778.7	0.3	0.0					0.1	4.5	NA	
4.B.	Tierras de cultivo	1,721.8	1.4	0.1					0.9	26.2	NA	
4.C.	Pastizales	4,944.0	13.3	0.6					7.6	243.3	NA	
4.D.	Humedales	311.1	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.	Asentamientos	867.0	NA	NA					NA	NA	NA	
4.F.	Otras tierras	14.3	NA, NO	NA, NO					NA	NA	NA	
4.G.	Productos de madera recolectada	NE										
4.H.	Otros (Emisiones N ₂ O de acuicultura)	NA	NA	0.0					NA	NA	NA	
5.	Residuos	22.2	43.7	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NA	39.0						NE	NE	NE	
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE					NE	NE	NE	
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	22.2	1.7	NE, NA					NE	NE	NE	NE
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		2.9	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
Elementos informativos												
	Tanque internacional	17.242,4	1,5	0,4					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	1.224,1	0,0	0,0					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	16.018,2	1,4	0,4					NE	NE	NE	NO
	Operaciones multilaterales	-	-	-					NO	NO	NO	NO
	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	1.398,1										
	CO ₂ capturado	-										
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	-										
	N ₂ O indirecto			NO								
	CO ₂ indirecto	NO										

Nota: C = confidencial; IE = incluido en otra parte; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Los números 0.0 corresponden a valores inferiores a 0.01 kt

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

2.2. Descripción e interpretación de la tendencia de GEI por sector

El balance nacional¹⁶ entre emisiones y absorciones de GEI de 2021 –incluyendo al sector UTCUTS– registró un total de -6,805.3 kt CO₂ eq, disminuyendo el balance de tales absorciones en un 41.5 % desde 2000 y aumentando en un 30.1 % desde 2019, último año incluido en el inventario anterior (Tabla 2. 2.). Si bien actividades como: la deforestación y los aprovechamientos forestales tienen un impacto en la serie temporal por sus emisiones, se puede observar un aumento en las absorciones debido principalmente al incremento de la superficie de los bosques secundarios tempranos (rastrojos) e intermedios y de las actividades de reforestación. Esto ha permitido que Panamá continúe absorbiendo mayor cantidad de CO₂ que los GEI que son emitidos por las actividades antropogénicas, pese al aumento sostenido en el tiempo de las emisiones de GEI y la inclusión de nuevas fuentes de emisiones en esta actualización del INGEI.

Tabla 2. 2.

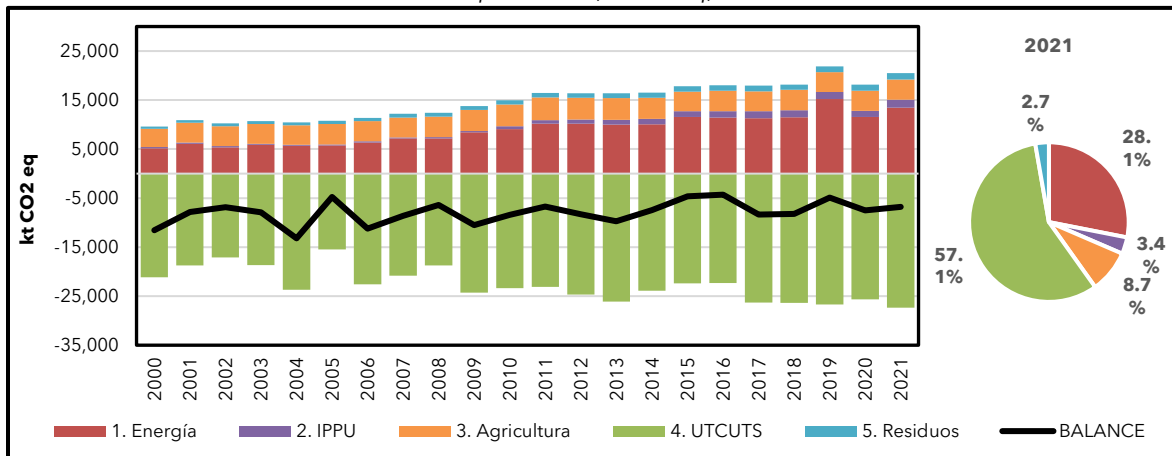
INGEI: balance nacional de GEI por sector (kt CO₂ eq)

Sector	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1. Energía	5,133.3	9,071.8	10,000.1	11,298.7	15,203.5	11,542.7	13,440.0
2. IPPU	321.3	595.6	965.9	1,428.1	1,474.1	1,266.5	1,616.5
3. Agricultura	3,661.9	4,431.5	4,460.3	4,084.0	4,050.3	4,095.4	4,150.2
4. UTCUTS	-21,146.0	-23,351.0	-26,075.1	-26,277.4	-26,717.9	-25,651.6	-27,324.6
5. Residuos	503.8	828.3	951.6	1,127.8	1,131.8	1,217.7	1,312.6
BALANCE	-11,525.8	-8,423.8	-9,697.2	-8,338.9	-4,858.3	-7,529.3	-6,805.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 2. 1.

INGEI: balance nacional de GEI 2000-2021 por sector (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la participación de cada sector en el balance nacional, el sector UTCUTS es el de mayor relevancia, con 57.1 %, seguido del sector Energía con 28.1 %, 8.7 % del sector Agricultura, 3.4 % del sector IPPU, y finalmente 2.7 % del sector Residuos (Figura 2.1.). Cabe señalar que para el sector UTCUTS se considera un valor neto, es decir, sus emisiones y absorciones y no su valor absoluto. Estos resultados demuestran la relevancia significativa que tienen los bosques del país, como sumidero de CO₂, lo que impacta a su vez en que toda la tendencia de todo el inventario sea favorable a la absorción neta. Adicional, se observa un aumento sostenido en el tiempo de las

¹⁶ El término «balance nacional» a razón de este informe se refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI, es decir, las emisiones netas.

emisiones, especialmente en 2019, donde se logra observar un aumento importante en las emisiones del sector Energía dado al incremento en el uso de Otro carbón bituminoso y la inactividad de uno de las plantas hidroeléctricas con capacidad de 222.7 MW debido a reparaciones en su túnel principal. Cabe mencionar que la sequía también tuvo un impacto en la generación eléctrica durante este año, reduciendo la disponibilidad de agua para las plantas hidroeléctricas. Por su parte, la disminución de las emisiones observada en 2020 puede interpretarse como consecuencia de la pandemia COVID-19 la cual afecto patrones económicos y sociales.

En cuanto a las emisiones totales de GEI (excluyendo al sector UTCUTS) de 2021, se registró un total de 20,519.3 kt CO₂ eq, incrementándose en 113.3 % desde 2000 debido principalmente al aumento del consumo de combustibles líquidos en el transporte terrestre, el desarrollo de megaproyectos desde 2009 y el aumento en el consumo de carbón bituminoso en la industria minera. En cambio, se observa una disminución de un 6.1 % desde 2019 atribuida a la reducción del consumo de fuelóleo residual en la generación eléctrica producto de la retirada de plantas de generación eléctrica de ese combustible y al aumento en la generación proveniente de fuentes renovables en el sector Energía. (Tabla 2. 3)

Con respecto a la participación de cada sector individual en las emisiones totales de GEI en 2021, el sector Energía es el sector de mayor impacto en el INGEI, aportando un 65.5 %, seguido del sector Agricultura con un 20.2 %, un 7.9 % del sector IPPU y, finalmente, un 6.4 % del sector Residuos (Figura 2. 2). En el contexto de las emisiones totales, resalta la importancia del sector Energía en la tendencia completa del país, al representar anualmente más de la mitad de las emisiones para todo el período 2000-2021.

Tabla 2. 3.

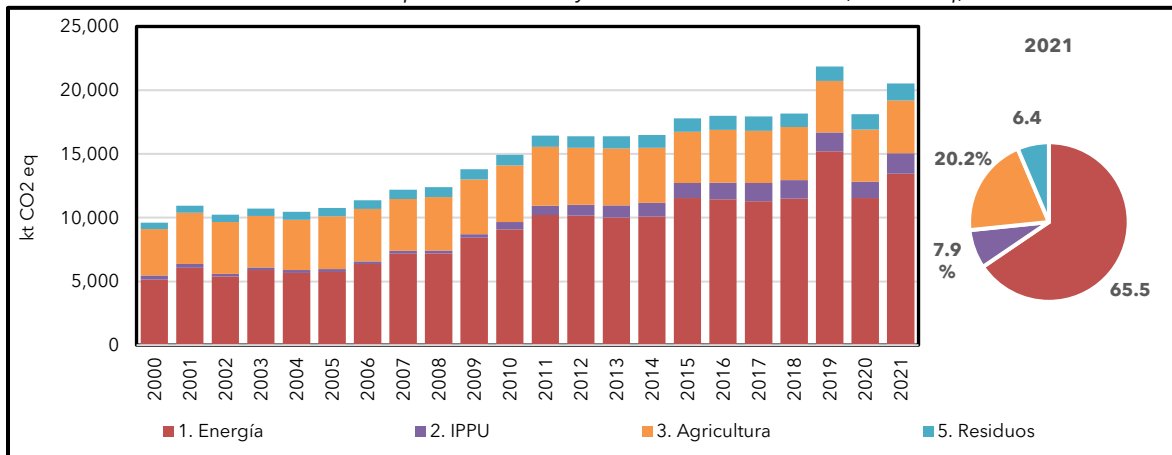
INGEI: emisiones totales por sector excluyendo el sector UTCUTS (kt CO₂ eq).

Sector	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1. Energía	5,133.3	9,071.8	10,000.1	11,298.7	15,203.5	11,542.7	13,440.0
2. IPPU	321.3	595.6	965.9	1,428.1	1,474.1	1,266.5	1,616.5
3. Agricultura	3,661.9	4,431.5	4,460.3	4,084.0	4,050.3	4,095.4	4,150.2
5. Residuos	503.8	828.3	951.6	1,127.8	1,131.8	1,217.7	1,312.6
TOTAL	9,620.2	14,927.2	16,377.9	17,938.6	21,859.6	18,122.3	20,519.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 2. 2.

INGEI: emisiones totales 2000-2021 por sector excluyendo el sector UTCUTS (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El análisis de las emisiones totales de GEI vuelve a poner en evidencia la relevancia de los bosques del país como sumideros de GEI, ya que, si no se incluye la dinámica propia de estos sumideros, la contabilidad de GEI del país tendería a las emisiones netas. Además, es relevante mencionar que, pese a que el sector UTCUTS es favorable a la absorción neta, en 2021 registro un total de 8,433.7 kt CO₂ eq principalmente por la conversión de tierras a pastizales y tierras de cultivo.

2.3. Descripción e interpretación de la tendencia por GEI

En 2021, el balance nacional de GEI estuvo representado por un 65.8 % de CO₂, disminuyendo la absorción general de CO₂ del país en un 12.7 % desde 2000 y aumentando 21.0 % desde el 2019. Lo sigue el CH₄ con un 24.3 %, aumentando en un 29.7 % desde 2000 y en un 5.3 % desde 2019. Los HFC representan 5.1 % aumentando de forma muy importante en un 1,903.0 % desde 2012¹⁷ y un 22.6 % desde 2019 mientras que la participación del N₂O es de un 4.7 %, aumentando un 54.4 % desde 2000 y 4.5 % desde 2019. Por último, el SF₆ representa únicamente 0.1 %, (Tabla 2.4.) Cabe resaltar que los primeros registros de HFC se tienen desde 2012, es por esto por lo que se utiliza el 2012 para hacer la comparación en lugar de 2000.

Tabla 2. 4.

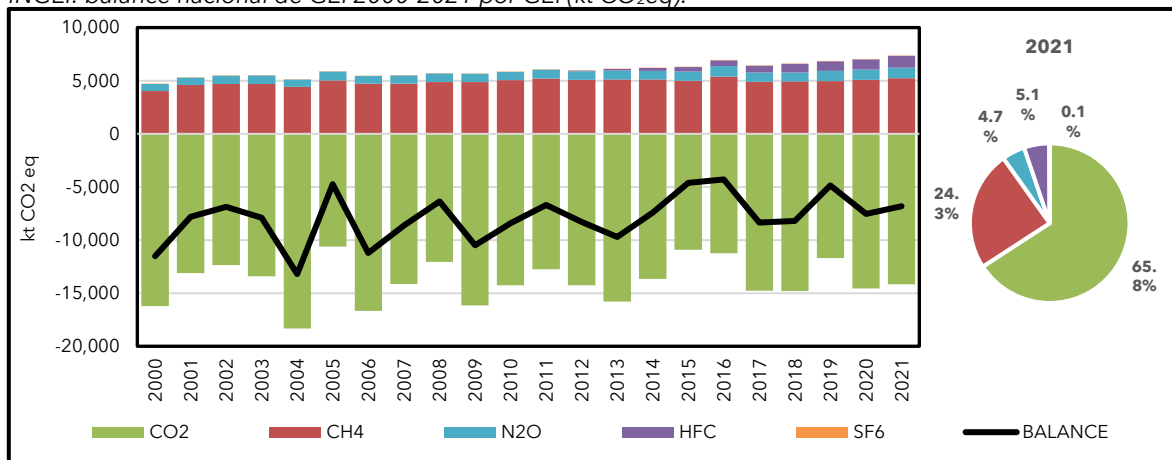
INGEI: balance nacional de GEI por GEI (kt CO₂eq).

Sector	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	-16,208.6	-14,271.5	-15,807.4	-14,770.8	-11,698.4	-14,561.4	-14,154.6
CH ₄	4,030.4	5,057.8	5,115.1	4,912.4	4,966.3	5,096.4	5,228.8
N ₂ O	648.1	783.6	828.2	861.2	958.2	945.2	1,001.0
HFC	NE	NE	158.9	647.4	902.2	976.9	1,105.7
SF ₆	4.2	6.4	8.0	10.8	13.3	13.6	13.8
TOTAL	-11,525.8	-8,423.8	-9,697.2	-8,338.9	-4,858.3	-7,529.3	-6,805.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 2. 3.

INGEI: balance nacional de GEI 2000-2021 por GEI (kt CO₂eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

En la Figura 2. 3, si bien el balance nacional de GEI presenta ciertas fluctuaciones durante la serie 2000-2021, en general se mantiene favorable a la absorción neta durante toda la serie. Esto se debe a la capacidad de los bosques del país que actúan como sumideros de CO₂ y que son reportados en la categoría *tierras forestales*. En línea con lo anterior, si bien el balance de CO₂ es favorable a la absorción durante toda la serie, se observa una

¹⁷ En 2012 las emisiones de HFC representaron un total de 55.2 kt CO₂ eq

tendencia a la disminución en los últimos años debido al aumento de las emisiones en todos los sectores, incluso incluyendo UTCUTS. El CH₄ presenta un leve aumento en la serie debido principalmente a las emisiones del sector Residuos, ya que las emisiones de CH₄ y N₂O del sector Agricultura refleja una disminución entre 2013 y 2017, pero mantuvieron un progresivo incremento entre 2017 a 2021. Este mismo comportamiento se repite con el N₂O. Por su parte, los HFC presentan un importante aumento desde su año de contabilización en el INGEI, principalmente por el incremento sostenido en el uso de *refrigeración y aire acondicionado*. Finalmente, el SF₆ no presenta aportes significativos a la tendencia.

Las emisiones totales de GEI (excluyendo al sector UTCUTS) de 2021 (Tabla 2. 5) estuvieron representadas por un 67.1 % de CO₂, aumentando en un 158.2 % desde 2000 y disminuyendo un 11.6 % desde 2019; seguido por un 23.4 % de CH₄, aumentando un 28.9 % desde 2000 y 4.9 % desde 2019; un 5.5 % de HFC, aumentando 1,534.3 % desde 2012 y 22.6 % desde 2019; un 4.0 % de N₂O, aumentando un 49.1 % desde 2000 y 4.8 % desde 2019, y 0.1 % de SF₆.

Tabla 2. 5.

INGEI: emisiones totales por GEI excluyendo el sector UTCUTS (kt CO₂ eq)

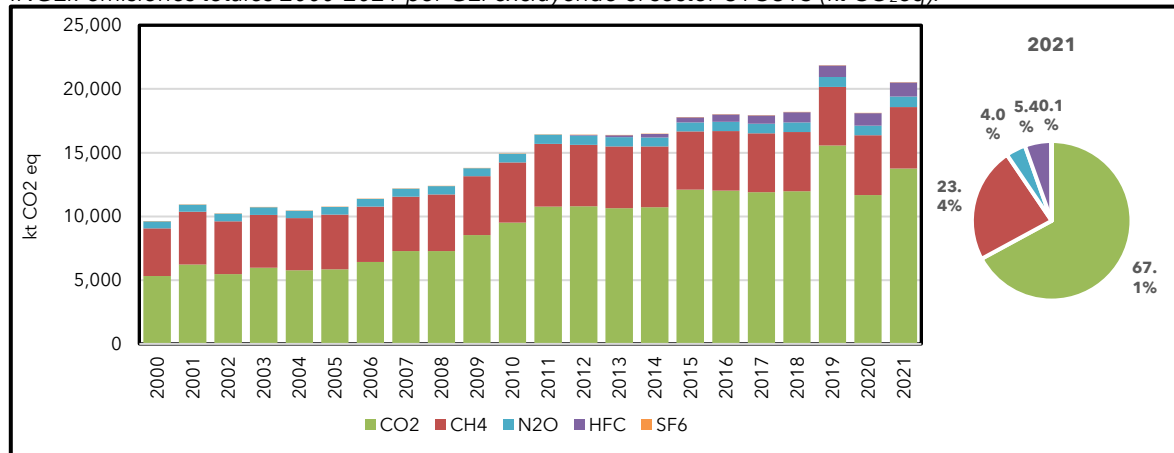
Sector	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	5,330.9	9,520.7	10,651.9	11,904.6	15,574.6	11,675.8	13,765.9
CH ₄	3,731.6	4,728.1	4,835.9	4,627.9	4,582.2	4,684.0	4,808.6
N ₂ O	553.4	672.1	723.1	747.8	787.3	772.1	825.3
HFC	NE	NE	158.9	647.4	902.2	976.9	1,105.7
SF ₆	4.2	6.4	8.0	10.8	13.3	13.6	13.8
TOTAL	9,620.2	14,927.2	16,377.9	17,938.6	21,859.6	18,122.3	20,519.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

En la Figura 2. 4, se observa un importante aumento de las emisiones de CO₂ que se debe principalmente a los sectores de Energía e IPPU producto del crecimiento económico del país junto con la realización de megaproyectos en los últimos años. En cuanto al CH₄ y al N₂O, ambos tienen un comportamiento similar fuertemente influenciado por el sector Agricultura, que varía a lo largo de la serie con una tendencia a la baja en los últimos años. El aumento de los HFC desde su registro en 2012 se ha mantenido principalmente por el crecimiento de su uso como sustituto de las SAO en *refrigerantes y aire acondicionado*. Con respecto al SF₆ tiene un comportamiento estable y no tiene un peso significativo en la tendencia de emisiones.

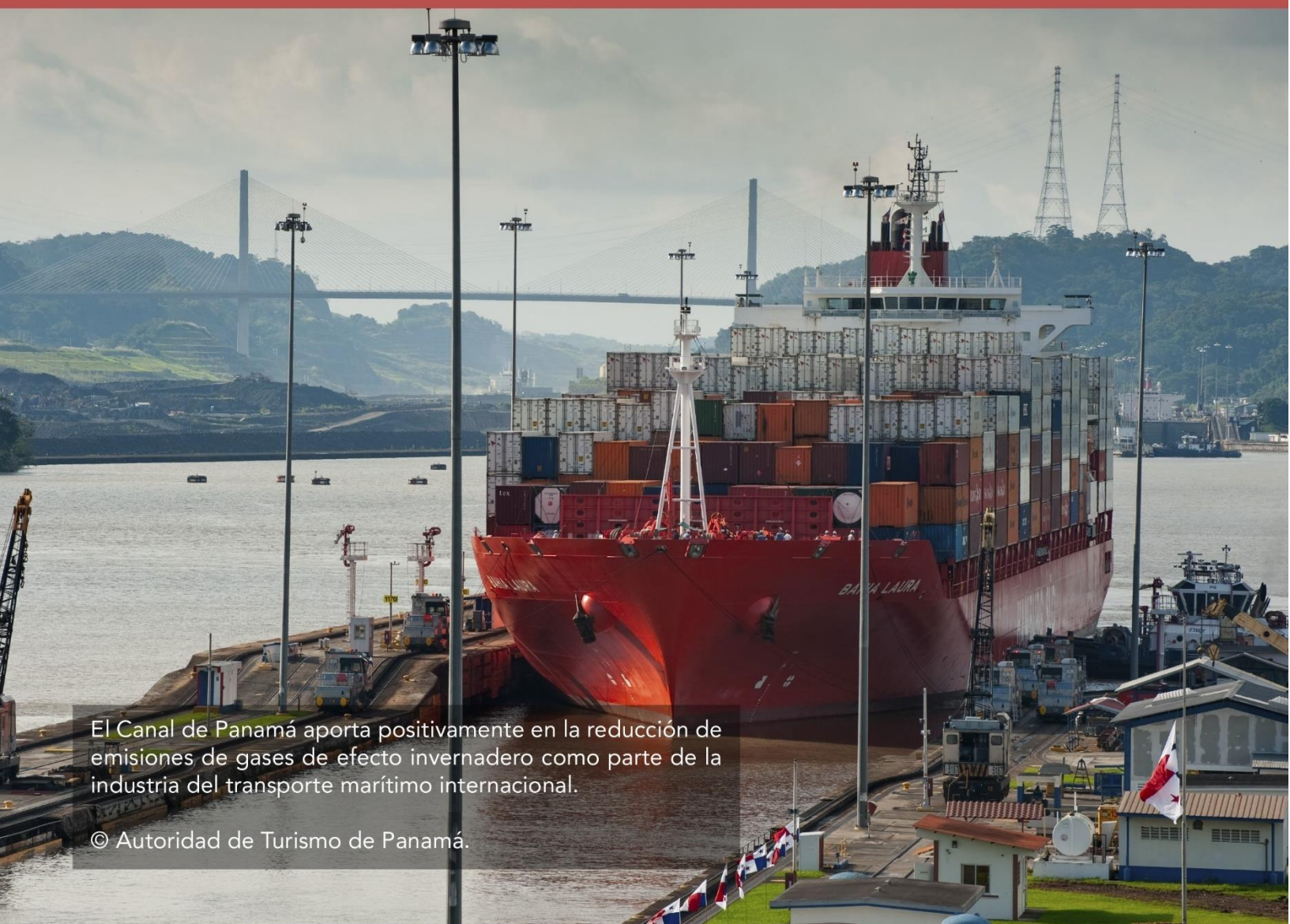
Figura 2. 4.

INGEI: emisiones totales 2000-2021 por GEI excluyendo el sector UTCUTS (kt CO₂eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3 SECTOR ENERGÍA



El Canal de Panamá aporta positivamente en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero como parte de la industria del transporte marítimo internacional.

© Autoridad de Turismo de Panamá.

CAPÍTULO 3. SECTOR ENERGÍA (CRT sector 1)

En este capítulo se incluye todo aspecto metodológico considerado para la estimación de las emisiones de GEI del sector Energía, que consiste en presentar la descripción y tendencia de las emisiones, aspectos metodológicos generales y específicos, actividades de garantía y control de calidad, flexibilidades aplicadas, incertidumbre de las estimaciones, constancia de la serie temporal, justificación de nuevos cálculos y un plan de mejoramiento para cada una de las categorías que componen este sector.

3.1. Panorama general del sector

3.1.1. Descripción del sector

La oferta interna total de energía en Panamá para el 2021 alcanzó los 32,760.0 kbep, siendo el 75.1 % de origen fósil. Dentro de este porcentaje, el 50.2 % provino de derivados de petróleo, el 14.0 % de carbón y el 10.9 % de gas natural. En contraste, las fuentes renovables representaron el 25% restante, dividiéndose en un 15.8 % de energía hidráulica y un 9.2 % de renovables no convencionales, como biomasa, eólica, solar y biogás (Tabla 3. 1.) (SNE , 2021).

Tabla 3. 1.

Oferta energética por fuente para 2021

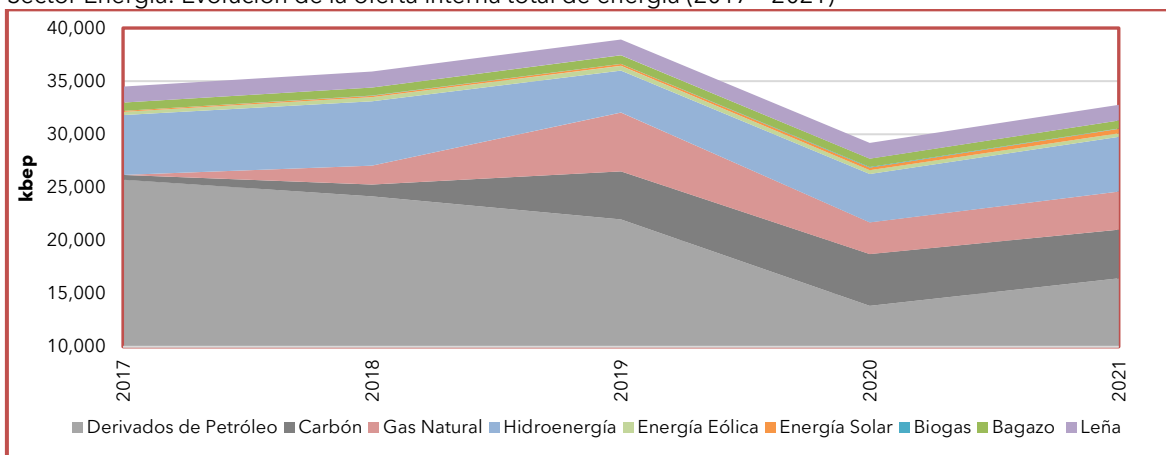
Fuente	Oferta (kbep)	Participación porcentual (%)
Derivados de Petróleo	16,454.0	50.2%
Carbón	4,581.0	14.0%
Gas Natural	3,561.0	10.9%
Hydroenergía	5,171.0	15.8%
Energía Eólica	328.0	1.0%
Energía Solar	416.0	1.3%
Bio Gas	45.0	0.1%
Bagazo	738.0	2.3%
Leña	1,467.0	4.5%
TOTAL	32,761.0	100%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en estadística de la matriz energética por la Secretaría Nacional de Energía.

En la Figura 3. 1. se muestra la evolución de la oferta interna total de energía durante los últimos cinco años de la serie (2017 a 2021). Se destaca la incorporación del gas natural y el notable incremento de la oferta del carbón en un 941.1 %. Este aumento se atribuye principalmente a la puesta en marcha de una planta de generación de energía a base de carbón mineral por parte de la industria minera a partir del 2018 para satisfacer sus necesidades operativas. Además, se observa la introducción del gas natural, utilizado como combustible de transición. Por otro lado, se evidencia una reducción del 36 % en el uso de derivados del petróleo y un aumento del 86 % en la generación de energía solar y eólica. Este último incremento se debe a la implementación de nuevas tecnologías de energía renovable como resultado de políticas dirigidas a la mitigación del sector energético (SNE , 2021).

Figura 3. 1.

Sector Energía: Evolución de la oferta interna total de energía (2017 - 2021)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en estadística de la matriz energética por la Secretaría Nacional de Energía.

En términos de demanda, el transporte fue el mayor consumidor de derivados de petróleo, abarcando el 67.7 %. Las industrias representaron el 20.8 %, mientras que otros sectores, incluyendo residencial, comercial, servicios públicos, agrícola, pesquero y minero, conformaron el 11.4 % restante. Por otra parte, la capacidad instalada del parque eléctrico para el 2021 fue de 4,074.3 MW, generando aproximadamente 13,886.5 GWh. La energía hidráulica fue la principal fuente de suministro eléctrico, cubriendo el 60.1 % de la demanda, seguida por el 31.7 % de origen térmico y, finalmente, un 8.2 % proveniente de fuentes renovables no convencionales (SNE, 2021).

Para efectos del INGEI, el sector Energía aborda las emisiones que se originan en la combustión, la transformación de combustibles, su transporte y la distribución, su explotación y exploración, así como el transporte y almacenamiento de CO₂. En todas esas actividades se puede producir CO₂, CH₄ y N₂O (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, este sector incluye las emisiones de las *actividades de quema del combustible*. Las *emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles* no se incluyen por falta de datos de actividad y las *actividades de transporte y almacenamiento de dióxido de carbono* no ocurren en Panamá.

Siguiendo los lineamientos de las Directrices del IPCC de 2006, se estiman e informan de manera separada del total nacional las emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles en los tanques de combustible del transporte aéreo y marítimo internacional (ver Sección 3.2.6); a su vez, se estiman e informan de manera separada del total del sector, las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de biomasa con fines energéticos debido a que estos se incluyen en el sector UTCUTS (ver Sección 3.2.6).

3.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI del sector Energía de Panamá de 2021, por tipo de GEI, contabilizaron 13,222.6 kt CO₂, 4.3 kt CH₄ y 0.4 kt N₂O (Tabla 3. 2). Con respecto a las categorías, el total de las emisiones de GEI corresponde a *actividades de quema de combustible*. Más información y detalle sobre las emisiones de GEI se encuentra en las secciones específicas de cada categoría.

En cuanto a los gases precursores no fueron estimados por falta de tiempo e información.

Tabla 3. 2.

Sector Energía: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
1.	Energía	13,222.6	4.3	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.	Actividades de quema de combustible	13,222.6	4.3	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.	Industrias de la energía	1,509.0	0.0	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	1,509.0	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.1.b.	Refinación del petróleo	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	IE	IE	IE					NO	NO	NO	NO
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	3,785.0	0.5	0.1					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2.a.	Hierro y acero	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.2.b.	Metales no ferrosos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.2.c.	Sustancias químicas	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.2.d.	Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE					NE	NE	NE	NE
1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IE	IE	IE					NE	NE	NE	NE
1.A.2.f.	Minerales no metálicos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.2.g.	Otros (especificar)	3,785.0	0.5	0.1					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.	Transporte	7,191.0	1.7	0.3					NE	NE	NE	NE
1.A.3.a.	Aviación civil	41.5	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.3.b.	Transporte terrestre	4,656.8	1.3	0.2					NE	NE	NE	NE
1.A.3.c.	Ferrocarriles	11.1	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	2,481.5	0.3	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.3.e.	Otro tipo de transporte	IE	IE	IE					NE	NE	NE	NE
1.A.4.	Otros sectores	737.6	2.2	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.a.	Comercial / Institucional	264.9	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.b.	Residencial	431.7	2.1	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.c.	Agricultura / Silvicultura / Pesca	41.0	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.5.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.5.a.	Estacionaria	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.5.b.	Móvil	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	NE, NO	NE, NO	NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.B.1.a.	Minería y manejo del carbón	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
1.B.1.b.	Transformación de combustibles sólidos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.B.1.c.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NE, NO	NE, NO	NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.B.2.a.	Petróleo	NE, NO	NE, NO	NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.B.2. b.	Gas natural	NE, NO	NE, NO								NE, NO	NE, NO
1.B.2. c.	Venteo y quemado	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.B.2. d.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO										
1.C.1.	Transporte de CO ₂	NO										
1.C.2.	Inyección y almacenamiento	NO										
1.C.3.	Otros	NO										
Elementos informativos												
	Tanque internacional	17,242.4	1.5	0.4					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	1,224.1	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	16,018.2	1.4	0.4					NE	NE	NE	NE
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	1,398.1										
	CO ₂ capturado	NO										
	Para el almacenamiento doméstico	NO							NO	NO	NO	NO
	Para almacenamiento en otros países	NO							NO	NO	NO	NO
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO										
	N ₂ O indirecto			NO								
	CO ₂ indirecto	NO										

Nota: IE = incluido en otra parte; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El sector Energía es el principal sector emisor de GEI en el país, representando el 28.1 % del balance nacional de GEI en 2021 (65.5 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 13,440.0 kt CO₂eq, incrementándose en un 161.8 % desde 2000. Este incremento se debe principalmente al aumento en el consumo de combustibles líquidos (gas/diésel oíl y gasolina para motores) en el transporte terrestre, impulsado por el aumento en el número de vehículos en circulación, así como el impulso a la construcción de megaproyectos a partir del 2009 y al aumento del consumo de otro carbón bituminoso en la industria minera, los cuales conllevaron a un aumento del consumo en la categoría de *Industrias manufactureras y de la construcción*.

En cambio, se observa una disminución del 11.6 % desde 2019, atribuida principalmente a una considerable reducción del consumo de Fuelóleo residual en la generación eléctrica. Dicha reducción es resultado de la retirada de plantas de generación eléctrica que utilizaban este combustible, así como al aumento en la generación proveniente de fuentes renovables. Además, en el 2019 se experimentó un incremento notable en el uso de Otro carbón bituminoso y una de las plantas hidroeléctricas, con capacidad de 222.7 MW, estuvo inactiva debido a reparaciones en su túnel principal. Cabe mencionar que la sequía también tuvo un impacto en la generación eléctrica durante el 2019, reduciendo la disponibilidad de agua para las plantas hidroeléctricas. (Tabla 3. 3 y Figura 3. 2.).

Tabla 3. 3.

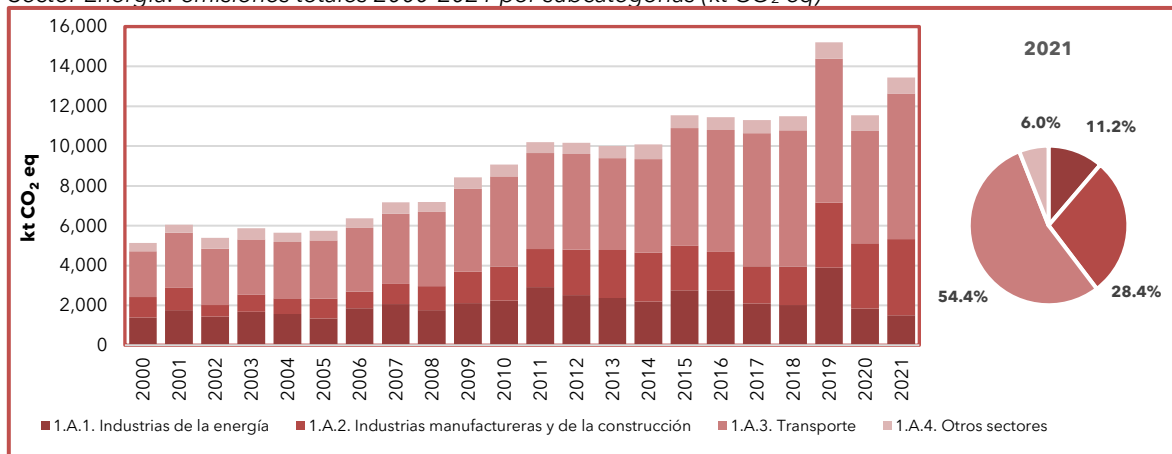
Sector Energía: emisiones totales por subcategorías (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1.A.1. Industrias de la energía	1,391.6	2,248.4	2,369.7	2,103.1	3,906.1	1,841.3	1,511.4
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	1,022.6	1,692.2	2,408.5	1,860.8	3,253.9	3,279.6	3,817.6
1.A.3. Transporte	2,307.0	4,531.3	4,618.6	6,680.9	7,232.1	5,643.0	7,304.8
1.A.4. Otros sectores	412.1	600.0	603.2	653.9	811.5	778.8	806.1
TOTAL	5,133.3	9,071.8	10,000.1	11,298.7	15,203.5	11,542.7	13,440.0

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 2.

Sector Energía: emisiones totales 2000-2021 por subcategorías (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las emisiones por tipo de GEI del sector Energía estuvieron representadas por un 98.4 % de CO₂, seguido por un 0.9 % de CH₄, y un 0.7 % de N₂O de las emisiones totales del sector (Tabla 3. 4 y Figura 3. 3).

Tabla 3. 4.

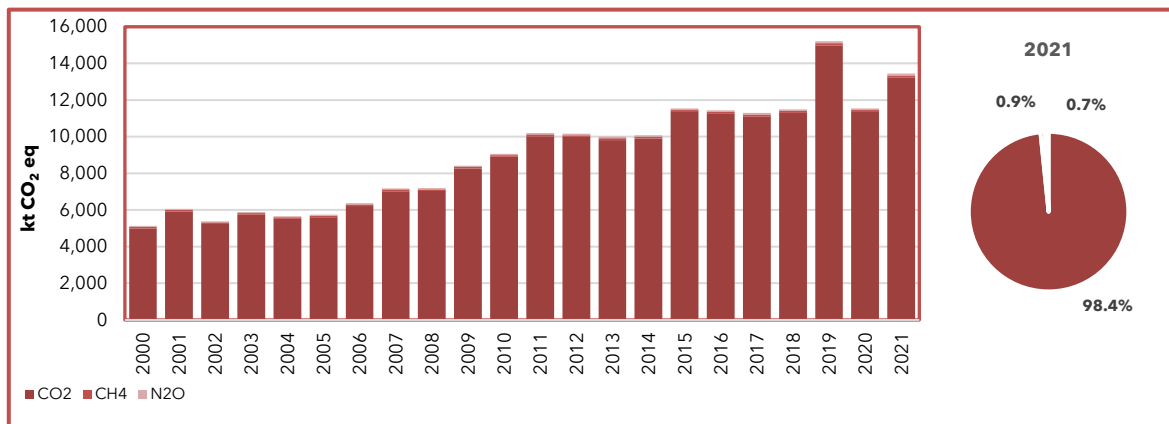
Sector Energía: emisiones totales por tipo de GEI (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	4,996.4	8,901.0	9,819.1	11,094.6	14,978.9	11,352.2	13,222.6
CH ₄	89.8	99.6	102.8	114.4	122.5	109.6	121.4
N ₂ O	47.0	71.1	78.2	89.7	102.0	80.8	96.0
TOTAL	5,133.3	9,071.8	10,000.1	11,298.7	15,203.5	11,542.7	13,440.0

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 3.

Sector Energía: emisiones totales 2000-2021 por tipo de GEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a los gases precursores NO_x, CO y COVDM, no se contabilizaron por falta de información desagregada respecto de las tecnologías utilizadas. Las emisiones de SO₂ no fueron estimadas por falta de tiempo para la recopilación de la información con respecto al contenido de azufre en los combustibles utilizados.

3.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para el sector Energía, en donde la única categoría estimada fue *actividades de quema de combustible*, se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para estimar las emisiones procedentes de la quema del combustible fósil. Para el Método sectorial se utilizaron datos de actividad provenientes de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto. Asimismo, se aplicó el Método de referencia como verificación del Método sectorial.

En la Tabla 3. 5. se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI. El detalle de la elección del nivel utilizado, los métodos empleados, los datos de actividad y los factores de emisión utilizados se pueden encontrar en las secciones correspondientes a cada subcategoría.

Tabla 3. 5.

Sector Energía: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1. Energía	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO
1.A. Actividades de quema de combustible	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.1. Industrias de la energía	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.3. Transporte	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.4. Otros sectores	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.5. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1. Combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NO	NO
1.C. Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NO				
Elementos informativos						
Tanque internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
Aviación internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
Navegación internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
Operaciones multilaterales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Emisiones de CO ₂ de la biomasa	T1	D				
CO ₂ capturado	NO	NO				
Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO	NO				
N ₂ O indirecto					NO	NO
CO ₂ indirecto	NO	NO				

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El cálculo de las emisiones de GEI del sector Energía se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo técnico de Energía con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*. También se utilizó el Software del IPCC, a manera de verificación cruzada.

3.1.3.1. Datos de actividad del sector

Los datos de actividad del sector *Energía* son las cantidades y tipos de combustibles quemados. Estos datos fueron obtenidos de las siguientes fuentes de información:

Secretaría Nacional de Energía (SNE):

- Balance Energético Nacional (BEN): constituye la principal fuente de datos de actividad de 2000 a 2021. Es confeccionado siguiendo la metodología establecida por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y es reportado anualmente en la página web de la SNE (SNE, 2022). Para obtener más detalles al respecto, consultar la Sección 3.1.3.1.1.
- Estadísticas de consumo de Jet Fuel, AV Gas y Kerosene desagregadas: se utilizan para desagregar consumos agregados en el BEN para el periodo 2005-2021 de Jet Fuel (queroseno para motor a reacción), AV Gas (gasolina para la aviación) y Kerosene (otro queroseno). Son enviadas por medio de correo electrónico a los puntos focales del inventario de GEI de Energía.
- Estadísticas de Carbón Mineral para autoproducción: se utiliza para obtener información desagregada del consumo de Carbón Mineral (otro carbón bituminoso) de 2018 a 2021 en centrales eléctricas, así como para la autoproducción y el excedente inyectado a la red eléctrica. Son enviadas por medio de correo electrónico a los puntos focales del inventario de GEI de Energía.

Autoridad Marítima de Panamá (AMP):

- Embarque de combustible marino por litoral: se refiere al traslado de Diésel Oil Marino (Gas/diésel oil) y Fuel Oil (fuelóleo residual) desde las terminales situadas en los litorales del Pacífico y del Atlántico durante el periodo comprendido entre 2011 y 2021. Estas estadísticas abarcan la cantidad de

combustible despachado a través de barcazas en toneladas métricas. Este procedimiento implica la transferencia de combustible desde el puerto hacia las barcazas, las cuales a su vez lo comercializan a naves destinadas al comercio exterior o a cabotaje. Estas estadísticas son actualizadas anualmente en la página web de la AMP.

Empresa de Generación Eléctrica ubicada en el Relleno Sanitario de Cerro Patacón (RSCP):

- Recuperación de CH₄ en la Planta de Generación Eléctrica ubicada en el RSCP: se refiere a la cantidad de CH₄ recuperado del RSCP para la generación eléctrica en los años 2017 a 2019. Esta información fue enviada por medio de Nota oficial y únicamente se consideró para los años en mención, ya que, para esos años, el BEN lo reportaba en unidades de GWh.

En los casos en que fue necesario transformar unidades físicas en unidades energéticas, así como para convertir de kilo barril equivalente de petróleo (kbep) a terajulios (TJ), se emplearon factores de conversión de la OLADE. Para las estadísticas de la AMP, se aplicó el Valor Calórico Neto (VCN) obtenido de las Directrices del IPCC de 2006.

En la siguiente tabla (Tabla 3. 6.) se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad:

Tabla 3. 6.

Sector Energía: principales fuentes de información de los datos de actividad.

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
ENERGÍA		
1.A. Actividades de quema de combustible	1.A.1 Industrias de la energía	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de Jet Fuel, AV Gas y Kerosene desagregadas - SNE Estadísticas de Carbón Mineral para autoproducción - SNE Estadísticas de Gas de Vertedero - RSCP
	1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de JetFuel, AV Gas y Kerosene - SNE Estadísticas de Carbón Mineral para autoproducción - SNE
	1.A.3 Transporte	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de JetFuel, AV Gas y Kerosene - SNE Estadísticas de Embarque de combustible marino, según literal - AMP
	1.A.4 Otros sectores	Balance Energético Nacional - SNE Estadísticas de consumo de JetFuel, AV Gas y Kerosene - SNE

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

La fuente de información para el Método de referencia fue el BEN para los datos de provisión. Para mayor detalle de esto, ver Sección 3.2.4.1.

3.1.3.1.1. Balance Energético Nacional

De acuerdo con el *Manual de Estadística Energética 2017* de la OLADE (OLADE, 2017), el balance energético es la contabilización de los flujos de energía en cada una de las etapas de la cadena energética y las relaciones de equilibrio entre la oferta y la demanda, por las cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; tomando como sistema de análisis el ámbito de un país o una región y para un período determinado (generalmente un año).

Durante 1990 a 1996, la elaboración de los balances de energía de la República de Panamá recaía en el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE). Este desapareció con la privatización del servicio de energía eléctrica cuando surgió la Ley No. 6 de 3 de febrero de 1997 que dicta el marco regulatorio e institucional para la prestación del servicio público de electricidad y crea la Comisión de Política Energética (COPE). Para 1997 a 2004, la información en buena medida fue interpolada, ya que, a partir del 2005, se retomó la elaboración de los balances de energía por la COPE, hasta el 2008. En este último año, las funciones y atribuciones de la COPE, que estaba adscrita al Ministerio de Economía y Finanzas, pasan a la denominada SNE que se había constituido dentro del Ministerio de la Presidencia mediante la Ley No. 52 del 30 de julio de 2008 (SNE, 2020). La metodología que siempre se ha utilizado es de la OLADE para la elaboración de los balances de energía para los países de América Latina. Dicha metodología ha sido revisada en dos ocasiones: 2007 y 2015.

Hasta el momento, la información recolectada de las categorías del INGEI proviene en su mayoría del BEN. Este BEN consta de una serie de balances de 1970-2022, actualizado anualmente y publicado en la página web de la SNE. El desarrollo del BEN se desagrega por sectores de consumo: energético; transporte; industrial; residencial; comercial, servicios y público; agro, pesca y minería; y consumo no energético.

En Panamá, la elaboración del BEN requiere la colaboración de múltiples instituciones y empresas para proveer información. Estas instituciones pueden ser del sector energético, sector hidrocarburos, ingenios azucareros, instituciones de estadísticas económicas-sociales, fuentes internacionales y otros. La SNE se encarga de recopilar esta información de manera diaria, mensual y anual. Luego de recopilarla, se realiza una verificación de los datos para asegurar que no existan incongruencias. Al comprobar que la información es correcta, se hace la validación y entonces finalmente entra al sistema de archivo y documentación energética. Algunos puntos para tomar en cuenta sobre el BEN:

- No incluye datos vinculados a las operaciones marítimas del Canal de Panamá.
- Los datos de producción y consumo de biogás (gas de vertedero) se encuentran en GWh para los años 2017 a 2019. A partir del 2020 se reportó en kbep.
- La serie histórica del BEN 2000-2004 presenta algunas discontinuidades que se traducen en inconsistencias de la serie temporal de las emisiones aquí reportadas, relacionado principalmente a que los datos de kerosene, Jet Fuel y AV Gas son reportados de manera agregada. Por otro lado, para el periodo de 2005-2021 se presentan incongruencias en la serie temporal de las emisiones debido a que el BEN reporta el transporte de las industrias dentro del sector industrias, mientras que en el INGEI esto se refleja en la subcategoría *transporte*.

Para la recopilación de los datos se maneja de diferente manera para los siguientes dos sectores:

Sector hidrocarburos

Para este sector, la información proviene de dos tipos de usuario (A y B) de la zona libre de combustible. El usuario tipo B es exportador, es decir, el volumen que manejan no entra al territorio nacional. A diferencia del usuario tipo A, que importa y distribuye al mercado nacional, generadoras y al mercado marino.

La SNE recopila y procesa mensualmente información digital sobre el consumo de combustible en galones, obtenida a través de un programa específico. Los datos recabados de los agentes del mercado de hidrocarburos son revisados y unificados por la SNE para garantizar su coherencia y precisión.

Sector electricidad

Presenta las siguientes fuentes de información:

- Agentes del mercado (generadoras y distribuidoras) y el Centro Nacional de Despacho (CND): proporcionan venta de energía por clase de servicios y tarifas, número de clientes, facturación, entre otra información de la generación (neta diaria, generación bruta, etc.). A su vez, se hacen consultas directas con los mismos generadores.
- Oficina de Electrificación Rural (OER).
- Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP)
- Otros generadores, como la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), Minera Panamá, ingenios azucareros, sistemas aislados, etc.

Toda esta información se registra digitalmente y se presenta en diversas unidades de medida, incluyendo kWh o MWh, galones, kilogramos, y otras unidades según corresponda.

3.1.3.2. Factores de emisión del sector

Se utilizaron los factores de emisión por defecto obtenidos del Volumen 2 de las *Directrices del IPCC de 2006*. El detalle de los factores de emisión utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada subcategoría.

3.2. Actividades de quema de combustibles (CRT 1.A)

3.2.1. Descripción de la categoría

En esta categoría se estiman las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O originadas en los procesos de combustión (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de *industrias de la energía, industrias manufactureras y de la construcción, transporte y otros sectores*. Siguiendo los lineamientos de las *Directrices del IPCC de 2006*, se contabilizan y reportan, pero no se incluyen en el total nacional, las emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles en los tanques de combustible del transporte aéreo y marítimo internacional (ver Sección 3.2.6); a su vez, las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de biomasa con fines energéticos (ver Sección 3.2.6) no son incluidas en el total del sector Energía, debido a que estas son contabilizadas en el sector UTCUTS.

3.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 13,440.0.0 kt CO₂ eq, incrementándose en un 161.8 % desde 2000 y disminuyéndose en un 11.6 % desde 2019 (Tabla 3. 3. y Figura 3. 2.) (ver Sección 3.1.2).

Con respecto a las subcategorías, en 2021, un 54.4 % corresponde a *transporte*, un 28.4 % a *industrias manufactureras*, un 11.2 % a *industrias de la energía y de la construcción* y un 6.0 % a *otros sectores*. Esto demuestra la significativa relevancia que tiene *transporte*, tanto en las emisiones del sector Energía, como en el balance nacional de GEI, en donde representa el 35.6 % de las emisiones totales (sin incluir UTCUTS); esto se refleja también en el análisis de categorías principales.

3.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

La metodología aplicada para la estimación de emisiones de GEI de esta categoría es el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*. Debido a que en este INGEI se calcularon únicamente las emisiones de las *actividades de quema de combustible*, la información detallada en la Sección 3.1.3 aplica en su totalidad para esta categoría. Para la estimación de las emisiones de GEI de la combustión estacionaria de la categoría se aplicó la Ecuación 3. 1, además, para calcular el total de emisiones por GEI de la categoría de combustión estacionaria, se suman las emisiones en la Ecuación 3. 2 para todos los combustibles. En el caso de la combustión móvil, se aplicó la Ecuación 3. 3.

El detalle de la elección del nivel utilizado, los métodos empleados, los datos de actividad y los factores de emisión utilizados se pueden encontrar en las secciones correspondientes a cada subcategoría.

Ecuación 3. 1.

Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria

$$Emisiones_{GEI,combustible} = Consumo_{combustible} \times Factor\ de\ emisión_{GEI,combustible}$$

Fuente: Ecuación 2.1, Capítulo 2, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- Emisiones_{GEI, combustible} = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI)
- Consumo combustible_{combustible} = cantidad de combustible quemado (TJ)
- Factor de emisión_{GEI, combustible} = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ). Para el caso del CO₂, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1

Ecuación 3. 2.

Total de emisiones por gas de efecto invernadero

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{combustibles} Emisiones_{GEI,combustible}$$

Fuente: Ecuación 2.2, Capítulo 2, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

Ecuación 3. 3.

CO₂ del transporte terrestre y emisiones de Nivel 1 de CH₄ y N₂O

$$Emisión = \sum_a [Combustible_a \times EF_a]$$

Fuente: Ecuación 3.2.1 y Ecuación 3.2.3, Capítulo 3, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- Emisión = Emisiones de GEI (kg)
- Combustible_a = combustible vendido (TJ)
- EF_a = factor de emisión (kg/TJ). En el caso del CO₂, es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12
- a = tipo de combustible (p. ej., gasolina, diésel, gas natural, GLP, etc.)

3.2.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

En la Sección 3.1.3.1, referente a los aspectos metodológicos del sector, se detallan los tipos de datos de actividad empleados y las fuentes de información correspondientes. Para obtener información específica sobre los datos de actividad utilizados, revisar las secciones pertinentes a cada subcategoría.

3.2.3.1.1. Conversión y manejo de datos de actividad

En las estadísticas sobre energía y otras compilaciones de datos relativos a la energía, la producción y el consumo de combustible sólidos, líquidos y gaseosos se especifican en unidades físicas, por ejemplo, en toneladas o metros cúbicos. Para convertir estos datos en unidades comunes de energía (p. ej. julios), se requieren valores calóricos. En Panamá, la SNE al desarrollar el BEN ya se encarga de hacer esta transformación utilizando factores de conversión de la OLADE (Tabla 3. 7.), resultando en la unidad energética de barril equivalente de petróleo (BEP).

Tabla 3. 7.

Sector Energía: factores de conversión de unidades físicas a BEP, según la OLADE

Unidades físicas	Combustible	BEP
1 bbl	de petróleo	1.0015
1 bbl	de gasolina	0.8934
1 bbl	de diésel	1.0015
1 bbl	de combustibles pesados	1.0304
1 bbl	de GLP	0.6701
1 bbl	de Kerosén	0.9583
103 m ³	de gas natural	5.9806
1 t	de leña	2.5940
1 t	de carbón vegetal	4.9718
1 t	de carbón mineral	5.0439
1 t	de coque de carbón	4.8998
1 bbl	de alcohol	0.5980
1 t	de bagazo	1.3114

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Luego, se transforma de kbep a TJ, utilizando el siguiente factor de conversión, obtenido del Manual de Estadística de la OLADE 2017:

$$1 \text{ kbep} = 5,81 \text{ TJ}$$

Este valor se utiliza en la Ecuación 3. 4 para obtener el consumo de combustible en TJ.

Ecuación 3. 4

Cantidad de combustible consumido en TJ

$$\text{Consumo}_{\text{combustible}} = \text{Consumo}_{\text{combustible}} \times \text{Factor de conversión}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- Consumo_{combustible} = cantidad de combustible consumido en TJ
- Consumo_{combustible} = cantidad de combustible consumido en kbep
- Factor de conversión = factor de conversión de kbep a TJ obtenido de la OLADE en TJ/kbep

Para los datos obtenidos de la AMP sobre el fuelóleo residual y gas/diésel oil de consumo marino, se utiliza otra metodología, ya que estos datos se proporcionan en unidades de barriles y se encuentran disponibles en la página web de la AMP desde 2011, ya que no fue hasta después de reglamentaciones a las actividades relacionadas con los servicios portuarios en el 2008 que se pudo estructurar información confiable de estas actividades. Es importante destacar que el BEN no incluye información relacionada con el combustible consumido por las naves marítimas que transportan pasajeros y carga a nivel nacional. Por lo tanto, se obtiene la información de transferencia de combustible desde el puerto hacia las barcas, que a su vez lo comercializan a las naves destinadas al comercio exterior o al cabotaje.

Dado que esta información se recopiló para los años 2011 a 2021, se aplicaron métodos de extrapolación y datos sustitutos. Específicamente, se utilizaron los datos de "Venta de Combustible por Litoral" como datos sustitutos, los cuales abarcan la venta de combustible de las barcas a las naves y se tienen registros de estos datos desde 2009 hasta 2011. Además, se realizó una extrapolación exponencial para los datos de 2008 a 2000. En las Secciones 3.2.8.3 y 3.2.13.3.1 se detallan los valores resultantes.

El VCN del fuelóleo residual y gas/diésel oil de consumo marino se obtuvieron, igualmente, del Cuadro 1.2 (Capítulo 1, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*) y se utiliza la Ecuación 3. 5. para obtener su consumo en TJ.

Ecuación 3. 5.

Cantidad de combustible consumido en TJ para el fuelóleo residual y gas/diésel oil marino

$$\text{Consumo}_{\text{combustible}} = \text{Consumo}_{\text{combustible}} \times \text{Factor de conversión}_{\text{m}^3/\text{barriles}} \times \text{Densidad} \times \text{Factor de conversión}_{\text{Gg}/\text{ton}} \times \text{VCN}_{\text{combustible}}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- $\text{Consumo}_{\text{combustible}}$ = cantidad de combustible consumido en TJ
- $\text{Consumo}_{\text{combustible}}$ = cantidad de combustible consumido en barriles
- $\text{Factor de conversión}_{\text{m}^3/\text{barriles}}$ = factor de conversión de barriles a m^3
- Densidad = densidad del combustible, obtenido de la OLADE en ton/m^3
- $\text{Factor de conversión}_{\text{Gg}/\text{ton}}$ = factor de conversión de ton a Gg
- $\text{VCN}_{\text{combustible}}$ = valor calórico neto del combustible (40.4 o 43.0 TJ/Gg)

Para el caso de los datos de gas de vertedero proporcionados por la empresa de generación eléctrica ubicada en el RSCP para los años 2017 a 2019, son proporcionados en m^3 . Estas fueron utilizadas debido a que, aunque también estaban disponibles en el BEN, se presentaban en unidades de GWh para los años en mención.

Para el gas de vertedero de 2017 a 2019, se utilizó el valor de densidad proporcionado por la empresa y el VCN obtenido del Cuadro 1.2 (Capítulo 1, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*). Se utiliza la Ecuación 3. 6. para obtener el consumo de gas de vertedero en TJ.

Ecuación 3. 6.

Cantidad de gas de vertedero consumido en TJ

$$\text{Consumo}_{\text{gas de vertedero}} = \text{Consumo}_{\text{gas de vertedero}} \times \text{Densidad} \times \text{VCN} \times 10^{-3}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- $\text{Consumo}_{\text{gas de vertedero}}$ = cantidad de gas de vertedero consumido en TJ
- $\text{Consumo}_{\text{gas de vertedero}}$ = cantidad de gas de vertedero consumido en m^3
- Densidad = densidad del gas de vertedero consumido (0.000658 t/m^3)
- VCN = valor calórico neto del gas de vertedero (50.4 TJ/kt)

Con respecto al consumo de otro carbón bituminoso para 2018 a 2021 también se estimó de manera distinta, utilizando los datos del BEN en conjunto con la estadística de carbón mineral para autoproducción.

Las Directrices del IPCC indican que en *Producción de electricidad y calor como actividad principal* se debe incluir el consumo de combustible para la producción energía de aquellas empresas que brindan un suministro al público. Por otro lado, en *Industrias manufactureras y de la construcción* se debe incluir el consumo de combustible para la generación de energía para el uso propio de estas industrias.

En el BEN, la línea de “autoprodutores” incluye información agregada acerca del consumo de combustible para el uso propio y, además, de lo que es inyectado al sistema interconectado nacional (SIN). Para desagregar el consumo específico de otro carbón bituminoso destinado para estas actividades, se utilizó el método de proporcionalidad en donde se relacionó el total de energía generada con el consumo total del combustible para la generación de esta energía y la cantidad de energía entregada al SIN.

Este dato es proporcionado por la SNE en unidad de toneladas métricas, por lo cual se utiliza el factor de conversión de tonelada métrica a kbp indicado en la Tabla 3. 7. Este valor se utiliza en la Ecuación 3. 4 para obtener el consumo de combustible en TJ.

Por último, es importante resaltar que el BEN registra el transporte de las industrias dentro del sector industrial, así como los combustibles de gasolina para la aviación, otro queroseno y queroseno para motor a reacción (AV gas, kerosene, jet fuel) en una misma columna. Por ende, se requiere la presentación de los datos de manera desagregada. Esta información solo está disponible a partir de 2005, debido a cambios históricos en los organismos encargados de compilar el BEN. Antes de este año, se presume que todo se atribuye a Otro queroseno, tal como se refleja en el BEN. Tal como los datos anteriores, para transformar a kbp se utiliza el factor de conversión indicada en la Tabla 3. 7. y se utiliza la Ecuación 3. 4 para obtener el consumo de combustible en TJ.

3.2.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Se utilizaron los factores de emisión por defecto obtenidos del Volumen 2 de las *Directrices del IPCC de 2006*, homologando las definiciones del IPCC con las definiciones nacionales de los combustibles (Tabla 3. 8.). El detalle de los factores de emisión utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada subcategoría.

Tabla 3. 8.

Homologación de las definiciones de combustibles

Tipo	BEN	Directrices del IPCC de 2006
Combustible sólido	Carbón mineral	Otro carbón bituminoso
	Coque de petróleo	Coque de petróleo
	Petróleo crudo	Petróleo crudo
	Gas licuado (GLP)	Gases licuados de petróleo
	Gasolinas y naftas	Gasolina para motores
Combustible líquido	AV gas	Gasolina para la aviación
	Jet fuel	Queroseno para motor a reacción
	kerosene	Otro queroseno
	Diesel oil	Gas/diésel oil
	Fuel oil	Fuelóleo residual
Gas	Gas natural	Gas natural
Otro combustible	Gases	Gas de refinería
	Leña	Madera/desechos de madera
Biocombustibles sólidos	Bagazo	Otra biomasa sólida primaria
	Carbón vegetal	Carbón vegetal
Biocombustibles líquidos	Alcohol etílico	Biogasolina
Biomasa gaseosa	Otras primarias	Gas de vertedero

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.4. Comparación entre el Método sectorial y el Método de referencia

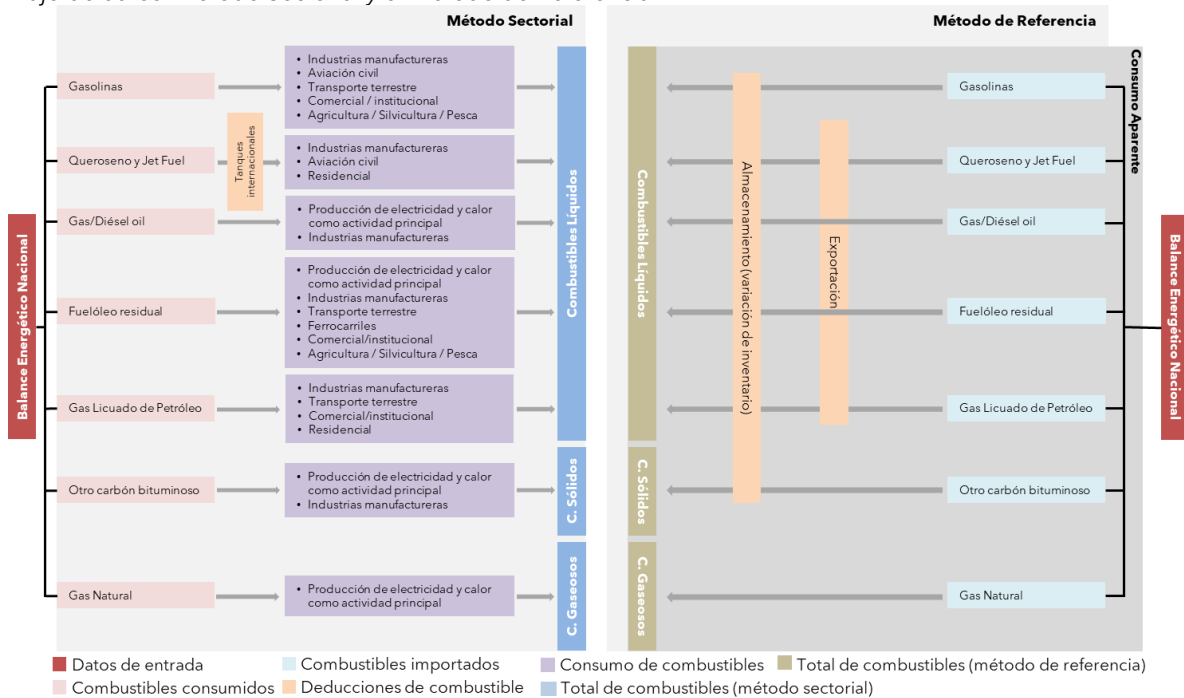
3.2.4.1. Descripción de la comparación entre métodos

La comparación entre el Método sectorial y el Método de referencia tiene la finalidad de estimar las emisiones de CO₂ del país procedentes de la quema de combustible y comparar los resultados de estas dos estimaciones independientes para indicar los posibles problemas con los datos de actividad, los valores calóricos netos, el contenido de carbono, el cálculo de carbono excluido, etc. El Método sectorial estima el consumo de combustible a partir de las estadísticas de utilización de la energía, mientras que el Método de referencia es un método de arriba hacia abajo que utiliza los datos de provisión de energía del país para calcular las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles principalmente (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, los datos de actividad del Método de referencia fueron tomados del BEN. Es importante mencionar que en el Método sectorial se utilizan fuentes de información adicionales que no se encuentran en la oferta del BEN, por lo que estos datos no se encuentran reflejados en el consumo aparente utilizado para la elaboración del Método de referencia. En este sentido, para efectos de la comparación de ambos métodos, únicamente se consideraron las emisiones estimadas a partir de los datos de actividad provenientes del BEN (Figura 3. 4.).

Figura 3. 4.

Flujo de datos: Método Sectorial y el Método de Referencia



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.4.2. Tendencia del CO₂ de la comparación entre métodos

La diferencia porcentual del Método Sectorial con respecto al Método de referencia para 2000 a 2021 se presentan en la Tabla 3. 9. y Figura 3. 5, donde se observa que la tendencia de emisiones de CO₂ presenta diferencias significativas entre ambos métodos para algunos años. El promedio de los absolutos de esta variación porcentual es de 16.9 %, con un máximo absoluto de 199.3 % en el 2004 y un mínimo de 0.5 % en 2005.

Para el detalle de las diferencias anuales entre el Método Sectorial y el Método de Referencia en la estimación total de emisiones de CO₂ del sector energía, referirse al ANEXO 3.

Las *Directrices del IPCC de 2006* establecen que las diferencias por debajo del 5% son consideradas aceptables. Sin embargo, en este caso, se observa que en nueve años de la serie temporal presentan diferencias superiores a este límite, las cuales se encuentran resaltadas en rojo en la figura. Estas discrepancias se atribuyen principalmente a dos factores: la transformación de combustibles hasta el 2002 y ciertas inconsistencias en la oferta total de algunos combustibles identificadas en el BEN para los años en mención. Este último punto resalta la necesidad de una revisión exhaustiva de los datos subyacentes de provisión de energía en el BEN.

Tabla 3. 9.

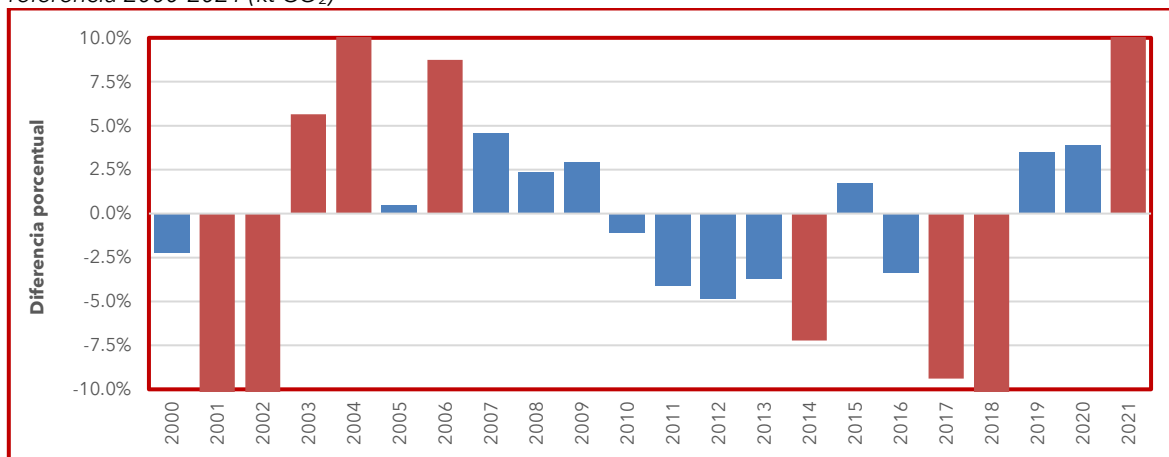
Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia (kt CO₂)

Métodos	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
Método Sectorial	4,934.5	8,322.5	9,244.2	9,589.5	13,177.4	9,649.0	10,943.7
Método de Referencia	5,046.4	8,415.7	9,602.7	10,584.0	12,731.8	9,287.7	7,385.5
Diferencia	-112.0	-93.2	-358.4	-994.4	445.5	361.3	3,558.2
Diferencia porcentual	-2.2%	-1.1%	-3.7%	-9.4%	3.5%	3.9%	48.2%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 5.

Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 2000-2021 (kt CO₂)



Nota: con fines de visualización, la figura solo muestra los valores en un rango de ±10 %. Los valores de 2001, 2002, 2004, 2018 y 2021 escapan del rango definido.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.4.3. Aspectos metodológicos del Método de referencia

El cálculo del Método de Referencia para estimar las emisiones de CO₂ se realizó siguiendo la metodología de las *Directrices del IPCC de 2006*. Los datos de consumo aparente de combustible fueron obtenidos en su totalidad del BEN.

Para el cálculo del Método de referencia, se realizó lo siguiente:

- Estimación del consumo aparente de combustible en unidades originales del BEN (kbep): se consideraron los datos de producción, importación, exportación y cambios en las existencias de los combustibles, según lo definido en el BEN (Tabla 3. 10).

- Transformación de kbp a TJ: se utilizó el factor de conversión 5.81 TJ/kbp, obtenido del Manual de Estadística de la OLADE 2017 (ver Sección 3.2.3.1.1 para más información).
- Estimación de las emisiones de CO₂: se emplearon los contenidos de carbono de cada combustible (Tabla 3. 11), el factor de oxidación del carbono (1), y la relación del peso molecular del CO₂ a C (44/12).

Tabla 3. 10.

Método de referencia: consumo aparente 2000-2021 por tipo de combustible (TJ)

Año	Petróleo crudo	Gasolina para motores	Queroseno para motor a reacción	Gas / diésel oil	Fuelóleo residual	Gases Licuados de Petróleo	Coque de petróleo	Otro carbón bituminoso	Horno de coque/gas de coque	Gas natural
2000	93,443.9	5,112.1	-2,505.2	2,137.4	-32,500.3	3,193.0	-	1,833.7	-	-
2001	111,923.9	4,792.7	-3,296.3	441.6	-9,677.2	3,042.8	-	1,925.4	-	-
2002	59,071.7	10,828.6	850.1	14,397.6	-4,665.3	2,606.7	414.0	-	-	-
2003	-	15,292.7	847.4	33,895.5	16,770.6	5,843.0	-	-	4.1	-
2004	-	9,290.4	1,925.3	23,342.5	-17,216.0	9,488.2	50.6	-	8.7	-
2005	-	17,785.4	3,183.3	28,380.5	17,423.7	5,210.6	1,310.3	-	7.9	-
2006	-	18,054.1	2,784.0	28,803.8	18,723.6	5,776.6	888.5	-	20.8	-
2007	-	19,911.5	1,548.7	40,626.0	19,072.8	5,883.3	866.4	-	17.9	-
2008	-	21,085.7	1,800.8	39,227.4	20,095.0	6,111.0	891.8	-	-	-
2009	-	21,870.6	5,050.5	39,280.8	28,437.0	6,960.4	1,781.9	-	-	-
2010	-	20,357.2	6,860.8	45,247.5	30,080.4	8,520.1	3,060.3	-	-	-
2011	-	27,356.8	6,859.2	55,063.7	25,164.2	6,932.6	2,257.5	6,948.2	-	-
2012	-	29,979.7	5,828.1	49,320.6	24,993.0	7,180.8	4,631.7	9,459.7	-	-
2013	-	31,274.7	2,989.6	52,548.2	17,894.0	8,795.3	4,546.3	10,010.6	-	-
2014	-	32,517.4	990.5	62,634.4	14,874.4	10,323.4	4,270.2	10,315.4	-	-
2015	-	34,076.9	1,014.4	50,141.6	21,423.7	10,838.5	4,523.5	10,376.9	-	-
2016	-	38,315.3	6,745.9	49,357.2	24,092.0	10,405.6	3,265.3	9,169.6	-	-
2017	-	40,846.8	11,021.3	58,181.9	23,568.9	9,362.2	-	2,558.3	-	-
2018	-	40,878.5	15,731.0	55,163.7	12,783.2	9,440.5	-	6,408.4	-	10,330.7
2019	-	40,996.3	5,067.6	52,327.2	10,115.4	9,816.7	2,635.6	23,164.5	-	32,132.6
2020	-	29,863.4	462.7	37,460.2	1,019.9	8,782.3	1,342.3	28,276.5	-	17,325.0
2021	-	35,627.5	7,603.9	32,825.3	1,989.6	9,942.1	-	26,291.9	-	20,688.5

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 3. 11.

Método de referencia: contenidos de carbono aplicados (kg/GJ)

Combustible	Contenidos de carbono (kg/GJ)
Petróleo crudo	20.0
Gasolina	18.9
Queroseno para motor a reacción	19.5
Gas/diésel oil	20.2
Fuelóleo residual	21.1
Gases licuados de petróleo	17.2
Coque de petróleo	26.6
Otro petróleo	20.0
Otro carbón bituminoso	25.8
Horno de coque/gas de coque	12.1

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El cálculo de las emisiones de CO₂ utilizando el Método de Referencia se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo técnico de Energía con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

3.2.5. Actividades de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector Energía, incluyendo todas sus subcategorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 1.5. Además, se realizaron actividades específicas transversales para todas las subcategorías que forman parte de la categoría *actividades de quema de combustibles*, las cuales se describen a continuación.

3.2.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las principales actividades de garantía de calidad se llevaron a cabo a través de la revisión técnica impartida por parte del equipo consultor del *GHG Support Unit* de la CMNUCC, mediante los talleres de “Aseguramiento de la calidad de los sistemas de gestión de inventarios de GEI y los inventarios de GEI de países en desarrollo” y “Garantía de la calidad del sistema de gestión de la información energética y las estadísticas energéticas de Panamá”.

Como resultado de estos talleres, se formularon recomendaciones priorizadas para la mejora inmediata, a mediano plazo y a largo plazo del inventario de GEI y las estadísticas energéticas de Panamá. Las recomendaciones se adaptaron a las circunstancias específicas del país y abordaron tanto aspectos técnicos como metodológicos.

Todas las recomendaciones fueron compiladas en el sistema de archivo del SSINGEI, y una parte de ellas se tomaron en cuenta en el desarrollo del presente inventario, mientras que otras fueron incorporadas al plan de mejoras correspondiente.

3.2.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Las actividades de control de calidad del sector Energía se basaron en los procedimientos generales de CC descritos en el *Cuadro 6.1. del Capítulo 6 del Volumen 1 de las Directrices del IPCC de 2006*. Los procedimientos aplicables se realizaron en todas las subcategorías, garantizando un enfoque sistemático para evaluar la calidad de los datos y resultados.

Para la implementación de los procedimientos de CC, se empleó una lista de verificación detallada que se encuentra en el sistema de archivo del SSINGEI. Esto aseguró que todas las revisiones se realizaran de manera uniforme y completa.

Además de los procedimientos de CC estandarizados, se llevaron controles cruzados entre el equipo sectorial, involucrando la aplicación de actividades de CC entre diferentes sectores. Finalmente, se realizaron revisiones exhaustivas a nivel de análisis de tendencias y resultados por parte de expertos sectoriales externos al equipo del INGEI.

3.2.5.3. Actividades específicas de verificación

La principal actividad de verificación inherente al sector Energía es la comparación de resultados obtenidos del Método sectorial con el Método de referencia y sustentar aquellos que muestren una diferencia porcentual mayor al 5%. Para más detalles, consultar la Sección 3.2.4.

Adicionalmente, se realizó la comparación y análisis de las emisiones resultantes de la aplicación del Método sectorial con las emisiones de CO₂ por quema de combustible realizadas y publicadas por la IEA (IEA, 2022). El promedio de los absolutos de esta variación porcentual es de 12 %, con un máximo absoluto de 27.4 % en 2021 y un mínimo de 1.7 % en 2007 (Tabla 3. 12.y Figura 3. 6.). Estas diferencias pueden atribuirse a:

- Información adicional en el inventario: se adicionó información de embarque de gas/diésel oil marino, la cual en gran parte se atribuye a uso internacional, pero fue incluido en el inventario total del sector Energía por falta de información para desagregarlo, ocasionando una sobreestimación.

Se puede apreciar que ambas estimaciones siguen el mismo comportamiento gráfico.

Tabla 3. 12.

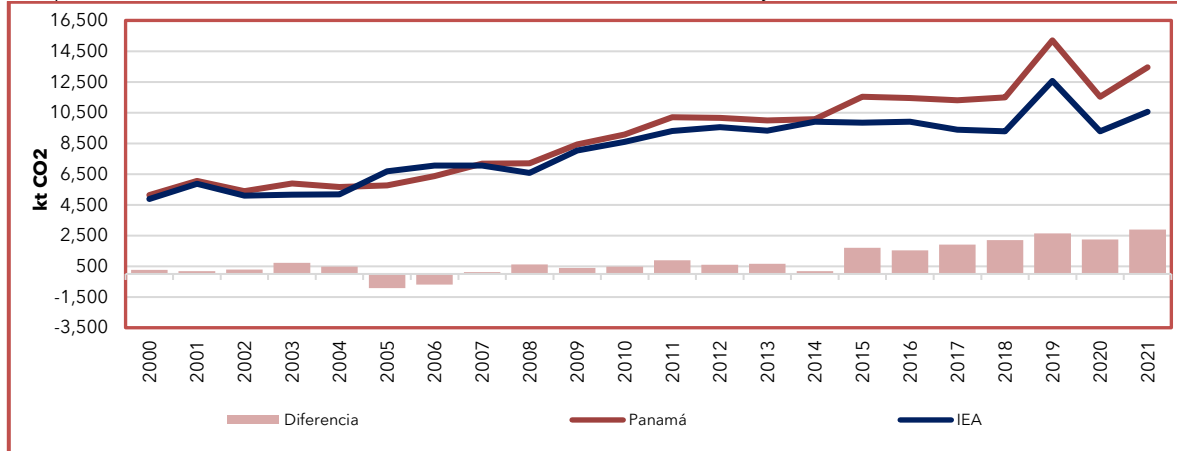
Comparación de emisiones de CO₂: diferencia entre estimaciones de Panamá y estimaciones de la IEA (kt CO₂)

Fuente	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
Panamá	5,133.3	9,071.8	10,000.1	11,298.7	15,203.5	11,542.7	13,440.0
IEA	4,877.8	6,684.5	8,602.5	9,328.4	9,392.3	9,284.4	12,566.4
Diferencia	255.5	2,387.3	1,397.6	1,970.3	5,811.2	2,258.3	873.6
Diferencia %	5.2%	35.7%	16.2%	21.1%	61.9%	24.3%	7.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 6.

Comparación de emisiones de CO₂: diferencia entre estimaciones de Panamá y estimaciones de la IEA 2000-2021 (kt CO₂)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Para reforzar la verificación de la estimación de las emisiones de GEI del sector, se utilizó el Software del IPCC para calcular las emisiones y corroborar los resultados obtenidos.

3.2.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría, incluyendo mejoras en la calidad de los datos de actividad y el tratamiento de los mismos. Las mejoras aplicadas para el desarrollo de los nuevos cálculos de la categoría están descritas en la Tabla 3. 13.

Tabla 3. 13.

Actividades de quema de combustible: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
ENERGÍA			
1.A. Actividades de quema de combustible	Actualización del factor de conversión kbep a TJ.	Exactitud Consistencia	DA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Para mejorar la exactitud y consistencia del inventario, se emplearon los poderes caloríficos del Manual de Estadísticas Energéticas de la OLADE de 2017 para la conversión de kbep a TJ de los datos de actividad. Estos poderes caloríficos son los mismos utilizados por la SNE en la elaboración del BEN, asegurando así una mayor consistencia en la estimación.

3.2.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora de la categoría se ha considerado lo plasmado en la Tabla 3. 14.

Tabla 3. 14.

Actividades de quema de combustible: mejoras planificadas para la categoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
ENERGÍA				
1.A. Actividades de quema de combustible	Profundización en las causas de discrepancias entre el Método sectorial y el Método de Referencia	En abordaje	MEDIA	Se han detectado inconsistencias en la casilla de oferta total a lo largo de la serie temporal del BEN, las cuales están siendo abordadas por la SNE.
	Implementación efectiva del Sistema de Información Energética de Panamá (siePanamá)	En abordaje	MEDIA	Estos sistemas permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.8. Tanques de combustible internacional

3.2.8.1. Descripción de los tanques de combustible internacional

Para los fines de los inventarios, se establece una distinción entre el combustible de los tanques del transporte aéreo y marítimo nacional del internacional. El consumo de combustibles en los tanques del transporte que tiene lugar a nivel nacional se reporta como parte de las emisiones del país y el consumo de combustibles en los tanques del transporte internacional se reporta como *elemento informativo*. Las *Directrices del IPCC de 2006* establecen que la división entre rutas internacionales y nacionales debe determinarse con base en los puertos de salida y de llegada, y no por la bandera o nacionalidad de la aeronave o el barco.

En el contexto nacional, para los *tanques de combustible internacional*, se cuantifican las emisiones de la *aviación internacional* y la *navegación internacional*. La *aviación internacional* se vincula principalmente al turismo internacional en el país, incluyendo vuelos comerciales y privados, y también al transporte de carga. Por otro lado, la *navegación internacional* se vincula a las actividades de los puertos marítimos de Panamá, incluyendo los del Canal de Panamá, en donde los buques llegan a uno de los dos puertos de las bocas del Canal y, luego de recorrer el mismo, salen directamente a aguas internacionales.

En 2021, el total de tránsitos por el Canal fue 13,342 y se registró un tonelaje de 516.7 millones de toneladas netas CP/SUAB (medida de volumen del Sistema Universal de Arqueo de Buques del Canal de Panamá) (ACP, 2021). Por otro lado, en este mismo año, se embargó un total de 37,772,658.66 barriles de combustible en las distintas terminales de venta de combustible marino establecidas en los litorales Pacífico y Atlántico (AMP, 2021).

Es importante destacar que en la información utilizada para calcular las emisiones provenientes de la *aviación internacional* existen ciertos vuelos que, debido a la falta de desagregación en la información recopilada de los aeropuertos, se consideran como nacionales. No obstante, se estima que esta situación representa solo una pequeña fracción del total. Asimismo, se sabe que, dentro de los datos reportados como aviación nacional, se incluye una cantidad reducida de vuelos internacionales por la misma razón.

En cuanto a la *navegación internacional*, se parte del supuesto de que el fuelóleo residual se emplea únicamente en el transporte internacional, mientras que el gas/diésel oil se

destina a las embarcaciones nacionales. Esta distinción se establece debido a la falta de desagregación de los datos recopilados, reconociendo la posibilidad de que algunas barcas nacionales puedan consumir fuelóleo residual y que algunas naves internacionales utilicen diesel oil. Esta ambigüedad se origina por la falta de detalle en la información disponible.

3.2.8.2. Tendencia de los GEI de los tanques de combustible internacional

En 2021, las emisiones de GEI de la *aviación internacional* contabilizaron 1,233.5 kt CO₂ eq, incrementándose en 131.1 % desde 2000 y disminuyendo en un 44.9 % desde 2019 (Tabla 3. 15. y Figura 3. 7.), atribuyéndose esta disminución en gran medida al proceso de recuperación económica del país tras la pandemia del COVID-19. Por otro lado, las emisiones de la *navegación internacional* contabilizaron 16,168.5 kt CO₂ eq, incrementándose en 197.1 % desde 2000 y en un 5.6 % desde 2019. Este crecimiento desde el año 2000 puede estar vinculado al incremento del tráfico en las actividades del Canal de Panamá y el mercado comercial marino. Desde 2019, se ha observado un aumento en las emisiones, causado por un mayor número de naves atendidas en las terminales de venta de combustible, posiblemente influenciado por los precios favorables del combustible marino en Panamá.

Tabla 3. 15.

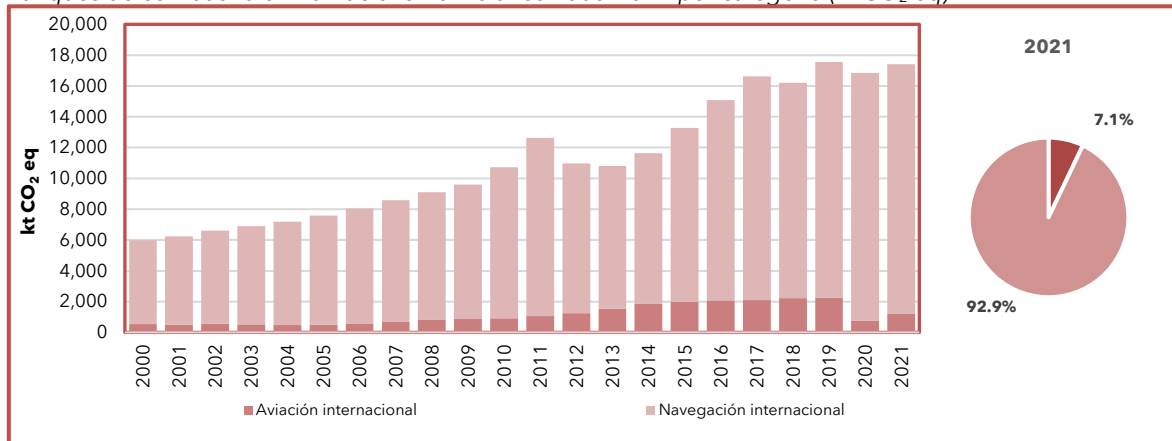
Tanques de combustible internacional: emisiones por categoría (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
Aviación internacional	533.7	921.0	1,536.0	2,108.3	2,238.6	780.5	1,233.5
Navegación internacional	5,441.9	9,792.1	9,272.0	14,509.2	15,314.0	16,063.2	16,168.5
TOTAL	5,975.7	10,713.2	10,808.0	16,617.5	17,552.6	16,843.8	17,401.9

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 7.

Tanques de combustible internacional: emisiones 2000-2021 por categoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.8.3. Aspectos metodológicos de los tanques de combustible internacional

Para la estimación de las emisiones de GEI atribuidas a los *tanques de combustible internacional* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, como se detalla en la Sección 3.2.3. Para este cálculo se utilizaron datos de las estadísticas nacionales (Tabla 3. 16.) y factores de emisión por defecto (Tabla 3. 17.).

En cuanto a los datos de actividad, para la *aviación internacional*, se utilizó los datos de queroseno para motor a reacción reportado en el BEN bajo jet fuel exportado. Mientras que, para la *navegación internacional*, se utilizaron las estadísticas de embarque de fuel oil marino reportadas por la AMP para el período 2011-2021. Como se detalla en la Sección 3.2.3.1.1, se aplicaron métodos de extrapolación y de datos sustitutos para completar la serie desde el año 2000.

Tabla 3. 16.

Tanques de combustible internacional: datos de actividad 2000-2021 (TJ)

Año	Aviación internacional	Navegación internacional
	Queroseno para motor a reacción (TJ)	Fuelóleo residual (TJ)
2000	7,408.3	69,655.9
2001	7,041.0	73,414.9
2002	7,709.3	77,376.7
2003	7,241.8	81,552.3
2004	6,667.6	85,953.2
2005	7,083.1	90,591.6
2006	7,981.5	95,480.3
2007	9,944.7	100,632.9
2008	11,381.6	106,063.5
2009	12,063.0	111,751.2
2010	12,784.3	125,337.8
2011	14,682.9	148,064.0
2012	17,200.0	124,455.2
2013	21,320.7	118,680.2
2014	25,555.8	125,315.0
2015	27,289.6	144,746.3
2016	28,790.7	166,627.7
2017	29,264.5	185,715.2
2018	30,852.4	179,033.0
2019	31,072.8	196,017.0
2020	10,834.3	205,606.8
2021	17,120.8	206,953.9

Nota: valores en rojo son resultado de métodos de empalme.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 3. 17.

Tanques de combustible internacional: factores de emisión aplicados

Combustible	FE CO ₂		FE CH ₄		FE N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Queroseno para motor a reacción	71,500	kg CO ₂ /TJ	0.5	kg CH ₄ /TJ	2.0	kg N ₂ O /TJ
Fuelóleo residual	77,400	kg CO ₂ /TJ	7.0	kg CH ₄ /TJ	2.0	kg N ₂ O /TJ

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en los Cuadros 3.5.2, 3.5.3, 3.6.4 y 3.6.5, Capítulo 3, Volumen 2, *Directrices de IPCC de 2006*.

3.2.9. Emisiones de CO₂ de la biomasa usada con fines energéticos

3.2.9.1. Descripción de las emisiones de CO₂ de la biomasa

Las emisiones de CO₂ procedentes de la biomasa usada con fines energéticos se declaran como *elementos informativos* y se excluyen de las emisiones totales del sector Energía debido a que estas se incluyen en el total del sector UTCUTS. Sin embargo, las emisiones de CH₄ y N₂O se estiman e incluyen dentro del total del sector Energía (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, las fuentes de estas emisiones son atribuidas al consumo de los siguientes biocombustibles:

- Biogasolina (alcohol etílico): utilizado en 2013 y 2014 como combustible en el transporte automotor. Durante estos dos años se utilizó el bioetanol anhidro como aditivo oxigenante, en un porcentaje de 5 % en mezcla con la gasolina. Este

bioetanol anhidro debía ser producido a partir de materias primas nacionales o con un porcentaje de producto importado.

- Gas de vertedero (biogás): desde 2017, a partir de los gases colectados en el RSCP.
- Otra biomasa sólida primaria (bagazo): proveniente de la caña de azúcar, es utilizado para autoproducción por el sector industrial.
- Madera/desechos de madera (leña): utilizado para la cocción domiciliaria.
- Carbón vegetal: utilizado para la cocción en los sectores residencial y comercial y público.

3.2.9.2. Tendencia de las emisiones de CO₂ de la biomasa

En 2021, las *emisiones de CO₂ de la biomasa* usada con fines energéticos contabilizaron 1,398.1 kt CO₂ eq, disminuyendo en un 6.6 % desde 2000 y en un 3.2 % desde 2021 (Tabla 3. 18. y Figura 3. 8.), debido principalmente a la reducción en el consumo de *madera/desechos de madera* en las categorías *residencial e industrias manufactureras y de la construcción*, como consecuencia del desarrollo económico que ha promovido el uso de otros combustibles y tecnologías. Sin embargo, es importante destacar que, en Panamá, los datos de biomasa son mucho más inciertos en comparación con otros datos de las estadísticas nacionales de energía debido a que la mayoría de la biomasa utilizada para energía es parte de la economía informal.

Tabla 3. 18.

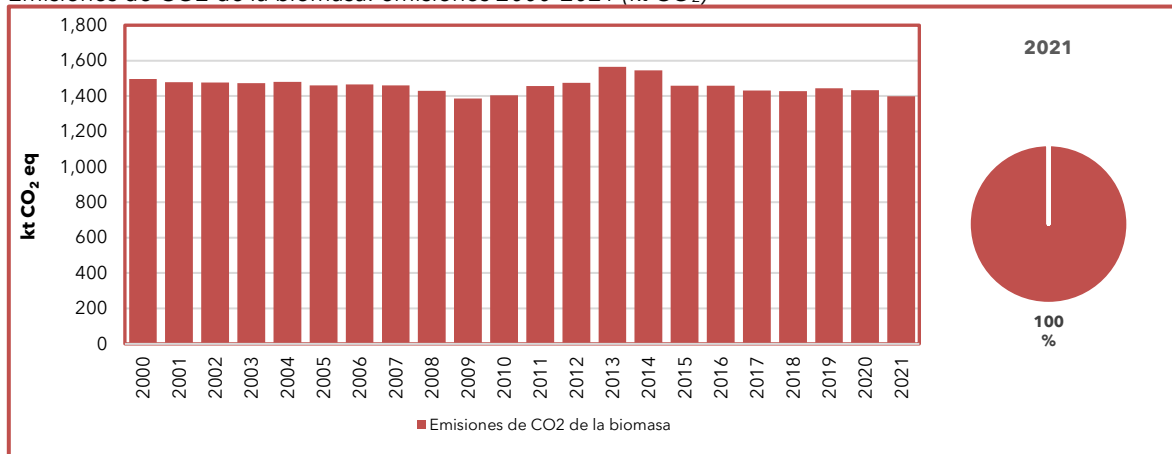
Emisiones de CO₂ de la biomasa: emisiones (kt CO₂)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
Emisiones de CO ₂ de la biomasa	1,496.5	1,404.9	1,564.0	1,432.0	1,444.3	1,432.7	1,398.1
TOTAL	1,496.5	1,404.9	1,564.0	1,432.0	1,444.3	1,432.7	1,398.1

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 8.

Emisiones de CO₂ de la biomasa: emisiones 2000-2021 (kt CO₂)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.9.3. Aspectos metodológicos de las emisiones de CO₂ de la biomasa

Para la estimación de las *emisiones de CO₂ de la biomasa* usada con fines energéticos se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, como de detalla en la Sección 3.2.3. Para este cálculo se utilizaron datos de las estadísticas nacionales

obtenidos del BEN y de la empresa productora de electricidad del RSCP (Tabla 3. 19.) y factores de emisión por defecto (Tabla 3. 20.).

Tabla 3. 19.

Emisiones de CO₂ de la biomasa: datos de actividad 2000-2021 (TJ)

Año	Madera/ desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria	Carbón vegetal	Biogasolina	Gas de vertedero
2000	9,624.8	4,115.7	61.6	–	–
2001	9,562.7	4,000.5	59.8	–	–
2002	9,501.1	4,047.3	60.4	–	–
2003	9,440.1	4,096.7	58.7	–	–
2004	9,379.1	4,224.6	55.2	–	–
2005	9,319.8	4,095.0	53.5	–	–
2006	9,260.6	4,225.0	51.1	–	–
2007	9,201.3	4,236.9	50.5	–	–
2008	9,143.2	4,004.0	50.5	–	–
2009	9,086.3	3,632.5	48.2	–	–
2010	9,054.3	3,853.8	48.2	–	–
2011	8,999.1	4,432.9	47.1	–	–
2012	8,945.1	4,666.8	45.9	–	–
2013	8,891.6	5,395.2	45.3	332.9	–
2014	8,837.7	4,836.1	42.5	936.6	–
2015	8,785.0	4,700.3	40.4	–	–
2016	8,732.2	4,754.4	41.9	–	–
2017	8,679.5	4,512.1	39.3	–	78.4
2018	8,628.2	4,402.4	48.2	–	298.7
2019	8,577.0	4,597.9	46.2	–	343.5
2020	8,525.7	4,537.9	44.3	–	349.3
2021	8,476.0	4,286.6	51.6	–	262.5

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 3. 20.

Emisiones de CO₂ de la biomasa: factores de emisión aplicados

Combustible	FE CO ₂	
	Valor	Unidad
Madera/desechos de madera	112,000	kg CO ₂ /TJ
Otra biomasa sólida primaria	100,000	kg CO ₂ /TJ
Carbón vegetal	112,000	kg CO ₂ /TJ
Biogasolina	70,800	kg CO ₂ /TJ
Gas de vertedero	54,600	kg CO ₂ /TJ

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente con base en los Cuadros 2.3, 2.4, 2.5 y 3.2.1, Capítulos 2 y 3, Volumen 2, *Directrices de IPCC de 2006*.

3.2.10. Materias primas y uso no energético de los combustibles

Las emisiones de GEI de los usos no energéticos de los combustibles, vinculados al consumo/uso lubricantes y asfaltos, se reportan en el sector IPPU (IPCC, 2006).

3.2.11. Industrias de la energía (CRT 1.A.1)

3.2.11.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría comprende las emisiones de los combustibles quemados por la extracción de combustibles o por las industrias de producción energética (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta subcategoría incluye las emisiones de *producción de electricidad y calor como actividad principal* para todo el período de reporte del INGEI y *refinación del petróleo* para el período 2000-2002, debido a que en este último año cerró la única refinería. Las emisiones de la *fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas*, específicamente la actividad *manufactura de combustibles sólidos*, es estimada y reportada en *industrias manufactureras y de la construcción* por

falta de información para desagregar los datos de la quema de combustible para la fabricación de carbón vegetal.

3.2.11.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

En 2021, las emisiones de GEI contabilizaron 1,511.4 kt CO₂eq, incrementándose en un 8.6 % desde 2000, debido al aumento de la demanda eléctrica y la generación por fuentes térmicas (búnker, diésel y carbón); y disminuyendo en un 61.3 % desde 2019. Esta reducción se debe principalmente a la retirada de plantas de generación eléctrica a partir de fuelóleo residual, así como al aumento en la generación procedente de fuentes renovables.

Además, en 2019, se observó un notable aumento en el consumo de *Otro carbón bituminoso* producto de la necesidad de cobertura de la demanda eléctrica del país. Una de las plantas hidroeléctricas, con una capacidad de 222.7 MW, estuvo inactiva debido a reparaciones en su túnel principal y retomó sus funciones a inicios del 2020. Es importante mencionar que la sequía también tuvo un impacto en la generación eléctrica durante 2019, lo que redujo la disponibilidad de agua para las plantas hidroeléctricas para ese año. (Tabla 3. 21. y Figura 3. 9.).

Tabla 3. 21.

Industrias de la energía: emisiones por actividad (kt CO₂ eq)

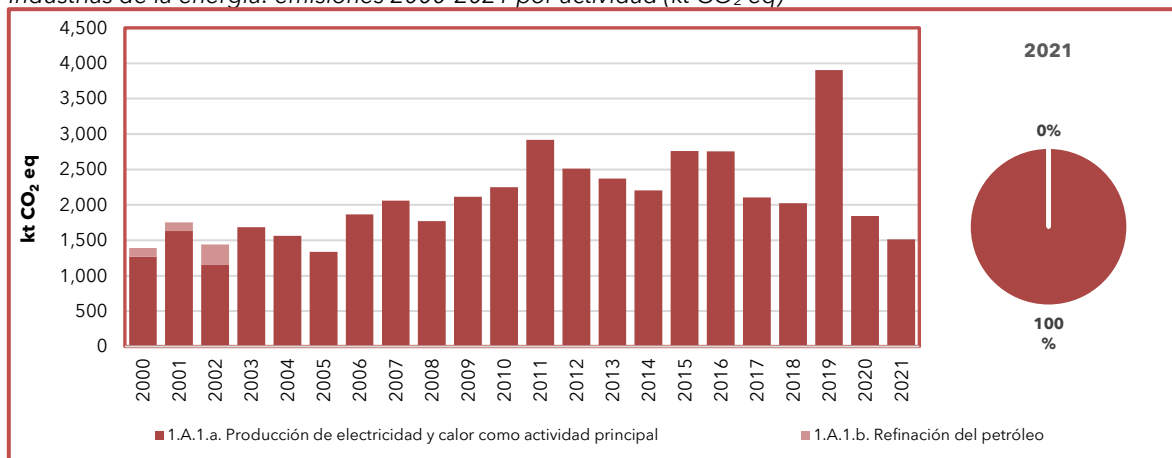
Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	1,269.2	2,248.4	2,369.7	2,103.1	3,906.1	1,841.3	1,511.4
1.A.1.b. Refinación del petróleo	122.4	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
TOTAL	1,391.6	2,248.4	2,369.7	2,103.1	3,906.1	1,841.3	1,511.4

Nota: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 9.

Industrias de la energía: emisiones 2000-2021 por actividad (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

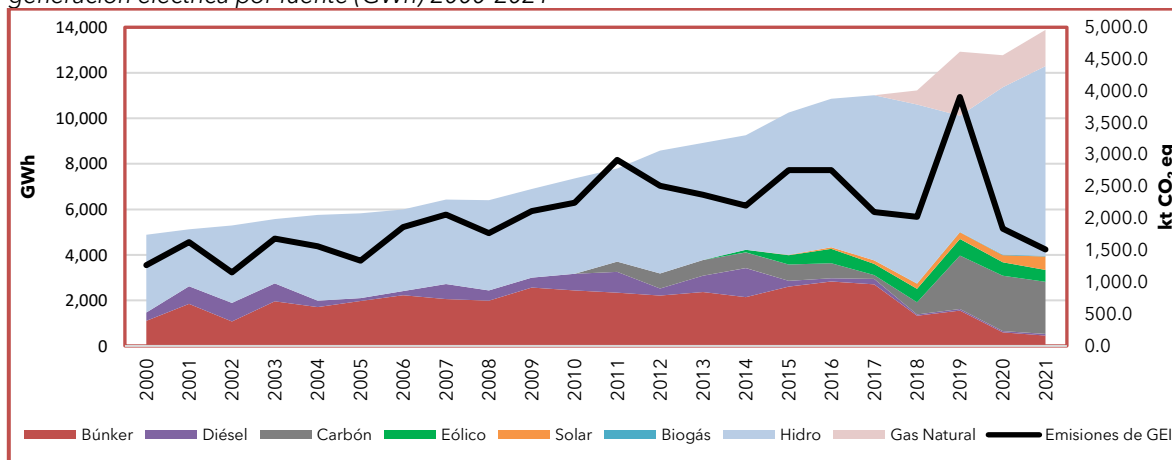
Al analizar las emisiones de GEI de la generación de electricidad (*producción de electricidad y calor como actividad principal*), comparándolas con las curvas de generación eléctrica (GWh) de distintos tipos de central (SNE, 2021), se observa que las emisiones se presentan moduladas por la generación hidráulica, con un aumento del consumo de gas/diesel oil y fueloil residual en años de baja disponibilidad hidráulica, al igual que por la entrada de otro carbón bituminoso en 2011 (Figura 3. 10.).

También se observa una tendencia de reducción de reducción desde 2013, atribuible a la creciente integración en el mercado eléctrico de fuentes renovables no convencionales. Sin embargo, en 2019 se registró un aumento debido al mayor uso de combustibles fósiles como consecuencia de la escasez de la disponibilidad de la generación hídrica, tal como se mencionó anteriormente. En el año 2021, destaca la marcada disminución de las emisiones de GEI, impulsada por un mayor aprovechamiento de la generación hidroeléctrica y una reducción en el uso de combustibles fósiles.

Es importante mencionar que el gráfico incluye la autoproducción de energía de las industrias, pero, por falta de información, no fue posible desagregar estos datos para el presente informe.

Figura 3. 10.

Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (kt CO₂ eq) versus curvas de generación eléctrica por fuente (GWh) 2000-2021



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en estadística de generación de energía por la Secretaría Nacional de Energía.

3.2.11.3. Aspectos metodológicos específicos de la subcategoría

Se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para la estimación de emisiones de GEI de esta subcategoría, como se detalla en la Sección 3.2.3. Se consideró el árbol de decisiones para determinar el nivel por utilizar, el cual sugirió el uso de Nivel 2. Sin embargo, no se dispone de la información sobre el contenido de carbono del combustible nacional para aplicar dicho nivel en este ciclo de inventario.

Los datos de actividad de esta subcategoría provienen de las estadísticas nacionales del BEN, la empresa de generación eléctrica ubicada en el RSCP para los años de 2017 a 2019 y de las estadísticas de carbón mineral para autoproducción. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 22. presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 3. 22.

Industrias de la energía: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.1. Industrias de la energía	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.A.1.b. Refinación del petróleo	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.11.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría y su proceso de conversión se detallan en la Sección 3.2.3.1.1. Los valores utilizados son aquellos presentados en la Tabla 3. 23.

Tabla 3. 23.

Industrias de la energía: datos de actividad 2000-2021 (TJ)

Año	Gas/ diésel oil	Fuelóleo residual	Gas de refinería	Otro carbón bituminoso	Gas Natural	Gas de vertedero
2000	5,592.0	11,058.6	2,033.5	–	–	–
2001	6,811.1	14,539.9	2,068.4	–	–	–
2002	6,725.3	8,421.6	5,009.3	–	–	–
2003	7,433.9	14,584.7	–	–	–	–
2004	4,213.9	16,088.3	–	–	–	–
2005	1,940.2	15,357.8	–	–	–	–
2006	2,821.2	21,335.5	–	–	–	–
2007	8,059.1	18,825.6	–	–	–	–
2008	4,985.6	18,011.0	–	–	–	–
2009	5,255.1	22,202.3	–	–	–	–
2010	7,888.4	21,404.6	–	–	–	–
2011	9,834.8	19,672.0	–	6,948.2	–	–
2012	2,941.9	17,965.9	–	9,459.7	–	–
2013	5,542.3	12,962.2	–	10,010.6	–	–
2014	9,648.6	6,520.0	–	10,315.4	–	–
2015	2,530.0	20,435.3	–	10,376.9	–	–
2016	1,916.7	22,466.0	–	9,169.6	–	–
2017	2,692.3	21,378.2	–	2,558.3	–	78.4
2018	872.2	10,590.3	–	5,880.7	10,330.7	298.7
2019	920.6	12,084.8	–	11,522.3	32,132.6	343.5
2020	459.5	1,899.4	–	7,227.6	17,325.0	349.3
2021	1,044.2	2,555.2	–	774.5	20,688.5	262.5

Nota: los valores en rojo provienen de estadísticas de la Empresa de Generación Eléctrica ubicada en el RSCP.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.11.3.2. Factores de emisión aplicados en de la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 24.

Tabla 3. 24.

Industrias de la energía: factores de emisión aplicados

Combustible	FE CO ₂		FE CH ₄		FE N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gas/diésel oil	74,100	kg CO ₂ /TJ	3.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Fuelóleo residual	77,400	kg CO ₂ /TJ	3.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Gas de refinería	57,600	kg CO ₂ /TJ	1.0	kg CH ₄ /TJ	0.1	kg N ₂ O /TJ
Otro carbón bituminoso	94,600	kg CO ₂ /TJ	1.0	kg CH ₄ /TJ	1.5	kg N ₂ O /TJ
Gas Natural	56,100	kg CO ₂ /TJ	1.0	kg CH ₄ /TJ	0.1	kg N ₂ O /TJ
Gas de vertedero	54,600	kg CO ₂ /TJ	1.0	kg CH ₄ /TJ	0.1	kg N ₂ O /TJ

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.11.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la Sección 1.9. y son aplicables a todo el inventario.

3.2.11.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

Para la estimación de las incertidumbres de la subcategoría se aplicaron los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, tanto en lo que respecta a los datos de actividad como para los factores de emisión (Tabla 3. 25.).

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂ y N₂O se realizó el cálculo mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia, mientras que para la incertidumbre de los factores de emisión de CH₄ se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en el Cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices.

En el contexto nacional, para el sector Energía, todas las subcategorías reportadas corresponden a las emisiones originadas en procesos de combustión, para los cuales las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂, en términos generales, son relativamente bajas. Esto se debe a que dependen fundamentalmente del contenido de carbono y, por esa razón, hay limitaciones físicas sobre la magnitud de su incertidumbre. En contraposición, las incertidumbres de los factores de emisión de N₂O y CH₄, que son en función de las tecnologías aplicadas y no del tipo de combustible, presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO₂. En este marco, y teniendo en cuenta para todas las subcategorías reportadas del sector, las emisiones de CO₂ son mucho mayores que las de CH₄ y N₂O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO₂.

Por otro lado, para la incertidumbre de los datos de actividad, se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en la columna de *sondeos de sistemas estadísticos menos desarrollados* del cuadro 2.15 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices.

Como se detalla en la Sección 3.1.3.1.1, durante el proceso de elaboración del BEN se recopilan datos estadísticos de múltiples instituciones y empresas. Esta variedad de fuentes puede dar lugar a una incertidumbre inherente en los datos de actividad, que puede atribuirse tanto a posibles errores sistemáticos como a errores aleatorios de recopilación y, además, a la ausencia de un proceso formal de garantía de calidad.

Tabla 3. 25. Industrias de la energía: incertidumbre de datos de actividad y factores de emisión (%)

IPCC Categoría	Gas	Combustible	Datos de Actividad 2021 (TJ)	Incertidumbre DA	FE por defecto	Incertidumbre FE
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO ₂	Gas/Diesel Oil	1,044.2	2.0%	74,100.0	2.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO ₂	Fuelóleo residual	2,555.2	2.0%	77,400.0	2.5%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH ₄	Gas/Diesel Oil	1,044.2	2.0%	3.0	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH ₄	Fuelóleo residual	2,555.2	2.0%	3.0	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N ₂ O	Gas/Diesel Oil	1,044.2	2.0%	0.6	233.3%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N ₂ O	Fuelóleo residual	2,555.2	2.0%	0.6	233.3%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO ₂	Otro carbón bituminoso	774.5	2.0%	94,600.0	5.4%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH ₄	Otro carbón bituminoso	774.5	2.0%	1.0	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N ₂ O	Otro carbón bituminoso	774.5	2.0%	1.5	233.3%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO ₂	Gas natural	20,688.5	2.0%	56,100.0	3.9%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH ₄	Gas natural	20,688.5	2.0%	3.0	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N ₂ O	Gas natural	20,688.5	2.0%	0.6	95.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH ₄	Gas de vertedero	262.5	2.0%	1.0	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N ₂ O	Gas de vertedero	262.5	2.0%	0.1	200.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *industrias de la energía* varían desde ± 2.2 a 233.3 %, dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH₄ y N₂O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 26).

Tabla 3. 26.

Industrias de la energía: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO ₂	1.5%	1.6%	2.2%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH ₄	1.5%	106.1%	106.1%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N ₂ O	1.5%	165.0%	165.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO ₂	2.0%	5.4%	5.8%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH ₄	2.0%	150.0%	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N ₂ O	2.0%	233.3%	233.3%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural		2.0%	3.9%	4.4%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural		2.0%	150.0%	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural		2.0%	95.0%	95.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH ₄	2.0%	150.0%	150.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N ₂ O	2.0%	200.0%	200.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, se ha aplicado el mismo método de estimación y de las mismas fuentes de datos para todos los años de la serie (2000-2021). La principal fuente de datos es el BEN, el cual siempre ha utilizado la metodología de la OLADE para la elaboración de los balances de energía para los países de América Latina. Para 1997 a 2000, la información en buena medida fue interpolada, debido a cambios históricos de los organismos a cargo de la confección del BEN.

3.2.11.6. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Se aplicaron las actividades y procedimientos descritos en la Sección 3.2.5.

3.2.11.7. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos específicos en la subcategoría, incluyendo mejoras en la calidad de los datos de actividad y el tratamiento de los mismos. Las mejoras aplicadas para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría están descritas en la Tabla 3. 27.

Tabla 3. 27.

Industrias de la energía: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
ENERGÍA			
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	Desagregación del consumo de otro carbón bituminoso para la producción de energía y su inyección a la red.	Comparabilidad	DA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Estos nuevos cálculos presentan una diferencia significativa en los años 2018 y 2019 en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 28. y Figura 3. 11.). Esta disparidad surge del inicio de operaciones de proyectos en la industria minera a partir de 2018, la cual emplea carbón mineral como combustible sólido en la generación eléctrica para sus procesos y también generando energía para su inyección al sistema interconectado nacional. En consecuencia, fue necesario desglosar esta información, ya

que, en el desarrollo del BEN, todos los datos de generación de esta industria se reportan de manera consolidada bajo *autoproducción*. Este cambio representa una mejora en la comparabilidad del inventario, al categorizar la generación eléctrica para autoconsumo de la industria y aquella inyectada a la red en las subcategorías correspondientes.

Tabla 3. 28.

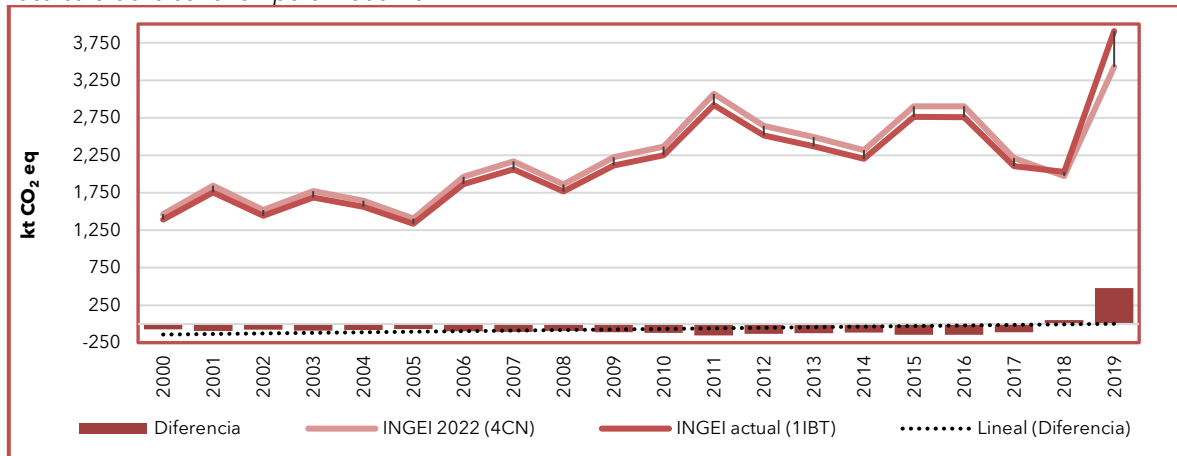
Industrias de la energía: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	1,464.2	2,365.6	2,493.3	2,212.8	3,429.4		
INGEI actual (1IBT)	1,391.6	2,248.4	2,369.7	2,103.1	3,906.1	1,841.3	1,511.4
Diferencia	-72.6	-117.3	-123.6	-109.7	476.7		
%	-5.2%	-5.2%	-5.2%	-5.2%	12.2%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 11.

Industrias de la energía: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.11.8. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría, sumado a lo descrito en la Sección 3.2.7., se ha considerado lo descrito en la Tabla 3. 29.

Tabla 3. 29.

Industrias de la energía: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
ENERGÍA				
1.A.1. Industrias de la energía	Estimar las emisiones con el método de Nivel 2.	No resuelto	MEDIA	Tomando en consideración que la subcategoría ha sido identificada como una categoría principal, Panamá avanzará en la obtención de información sobre el contenido de carbono y los VCN de los combustibles nacionales para generar factores de emisión país específico para el CO ₂ .
	Mejora de la información de los años anteriores a 2004.	No resuelto	BAJA	Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE de los años anteriores a 2004.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.11.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, en la Tabla 3. 30., se incluye la información asociada al sistema de archivo para la subcategoría

Tabla 3. 30.

Industrias de la energía: sistema de archivo de la subcategoría

Categoría o área de mejora	Sistema de archivo
ENERGÍA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IJGEI_01EN
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01EN 2024_FE_01EN
Hojas de trabajo	2024_HT_01EN
Incertidumbre	2024_INC_01EN
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_01EN 2024_AXN_01EN/2024_DATA ADICIONAL 2024_AXN_01EN/2024_DATOS_VERIFICACIÓN

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.12. Industrias manufactureras y de la construcción (CRT 1.A.2)

3.2.12.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría aborda las emisiones de los combustibles quemados por las industrias manufactureras o de la construcción. Incluye asimismo la quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta subcategoría incluye las emisiones agregadas de las *industrias manufactureras y de la construcción*, debido a que no se cuenta con la información necesaria para desagregar por tipo de industria. La información agregada en esta categoría incluye actividades de las industrias *pulpa, papel e imprenta, procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, minería, madera y productos de madera, construcción y cuero y textiles*; y se reportan bajo 1.A.2.g. *Otros*.

Además, esta subcategoría incluye las emisiones de las actividades *manufactura de combustibles sólidos*, por falta de información para desagregar los datos de la quema de combustible para la fabricación de carbón vegetal. También, se reporta *ferrocarriles* para la serie de 2000 a 2020, puesto que esta fue reportada de manera agregada en el sector industrias dentro del BEN y no fue posible desagregarlo para el presente informe.

3.2.12.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

En 2021, las emisiones de GEI contabilizaron 3,817.6 kt CO₂ eq, incrementándose en un 273.3 % desde 2000 y un 17.3 % desde 2019, debido principalmente a los megaproyectos resultantes del crecimiento de la economía del país, como la expansión del Canal de Panamá y el inicio de operaciones de proyectos de la industria minera desde 2018, en donde se utiliza carbón mineral en la generación eléctrica para el funcionamiento de dicha industria (Tabla 3. 31. y Figura 3. 12.).

Tabla 3. 31.

Industrias manufactureras y de la construcción: emisiones por actividad (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1.A.2.a. Hierro y acero	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.b. Metales no ferrosos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.c. Sustancias químicas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE

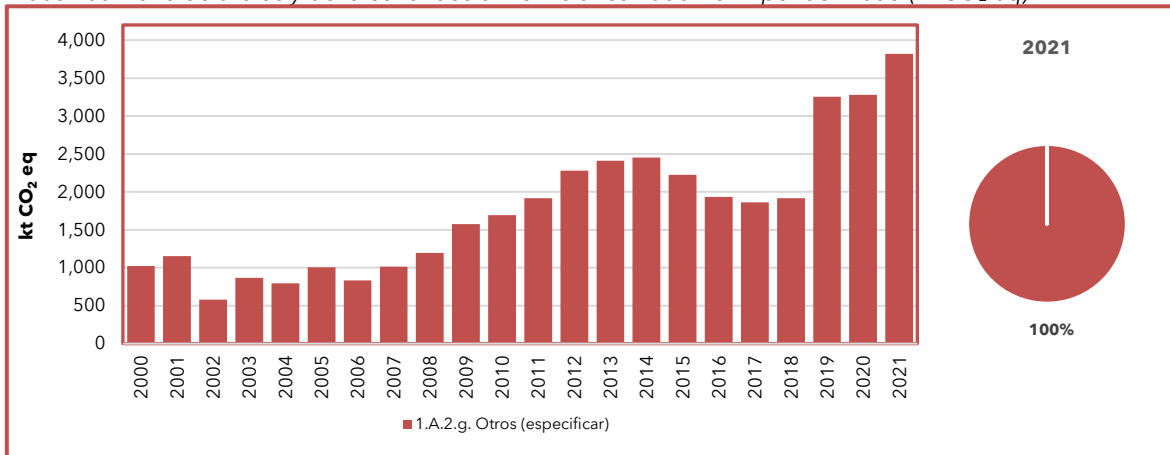
Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.f. Minerales no metálicos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.g. Otros (especificar)	1,022.6	1,692.2	2,408.5	1,860.8	3,253.9	3,279.6	3,817.6
TOTAL	1,022.6	1,692.2	2,408.5	1,860.8	3,253.9	3,279.6	3,817.6

Nota: IE = incluido en otra parte; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 12.

Industrias manufactureras y de la construcción: emisiones 2000-2021 por actividad (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.12.3. Aspectos metodológicos específicos de la subcategoría

Se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para la estimación de emisiones de GEI de esta subcategoría, como se detalla en la Sección 3.2.3. Se consideró el árbol de decisiones para determinar el nivel por utilizar, el cual sugirió el uso de Nivel 2. Sin embargo, no se dispone de la información sobre el contenido de carbono del combustible nacional para aplicar dicho nivel en este ciclo de inventario.

Los datos de actividad de esta subcategoría provienen de las estadísticas nacionales del BEN de 2000 a 2021 y de las estadísticas de consumo de Jet Fuel, AV Gas y Kerosene para 2005 a 2021. Adicional, de las estadísticas de carbón mineral para autoproducción. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 32. presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 3. 32.

Industrias manufactureras y de la construcción: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.2.a. Hierro y acero	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.b. Metales no ferrosos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.c. Sustancias químicas	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.f. Minerales no metálicos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.2.g. Otros (especificar)	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.12.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría y su proceso de conversión se detallan en la Sección 3.2.3.1.1. Los valores utilizados son aquellos presentados en la Tabla 3. 34.

Tabla 3. 33.

Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad 2000-2021 (TJ)

Año	Gasolina para motores	Otro queroseno	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Coque de petróleo	Otro carbón bituminoso	Gas de horno de coque	Madera/desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria
2000	–	11.2	5,875.1	5,052.4	97.1	–	1,833.7	–	2,158.4	4,115.7
2001	–	8.4	5,943.2	6,560.2	98.7	–	1,925.4	–	2,126.5	4,000.5
2002	–	21.4	4,710.7	2,166.5	99.6	414.0	–	–	2,094.5	4,047.3
2003	–	42.8	9,003.4	2,225.9	128.5	–	–	4.1	2,063.1	4,096.7
2004	–	63.6	8,513.9	1,699.7	106.6	50.6	–	8.7	2,031.8	4,224.6
2005	–	82.2	9,529.2	1,843.1	104.2	1,310.3	–	7.9	2,001.5	4,095.0
2006	–	49.1	8,733.5	947.3	115.6	888.5	–	20.8	1,971.3	4,225.0
2007	–	48.1	10,049.7	2,035.1	117.7	866.4	–	17.9	1,941.7	4,236.9
2008	–	41.3	11,401.0	1,905.7	1,530.9	891.8	–	–	1,912.7	4,004.0
2009	918.0	79.5	14,659.8	2,254.3	860.5	1,781.9	–	–	1,884.2	3,632.5
2010	990.9	45.7	14,131.3	1,702.0	2,015.2	3,060.3	–	–	1,855.7	3,853.8
2011	1,135.7	42.2	18,298.7	1,475.7	2,030.0	2,257.5	–	–	1,827.8	4,432.9
2012	1,704.6	44.5	19,402.5	1,475.1	2,145.6	4,631.7	–	–	1,800.5	4,666.8
2013	2,002.6	31.9	20,817.0	1,452.4	2,353.1	4,546.3	–	–	1,773.8	5,395.2
2014	2,168.1	14.9	21,811.5	1,318.9	2,356.6	4,270.2	–	–	1,746.7	4,836.1
2015	1,657.9	30.4	18,795.1	1,250.6	2,508.4	4,523.5	–	–	1,721.1	4,700.3
2016	1,584.7	37.6	16,398.9	1,332.6	2,639.6	3,265.3	–	–	1,695.5	4,754.4
2017	2,405.9	39.3	18,615.2	1,598.4	2,706.6	–	–	–	1,668.4	4,512.1
2018	2,565.7	35.3	18,848.0	1,247.0	2,793.4	–	528.3	–	1,644.3	4,402.4
2019	1,194.2	27.9	16,353.1	1,266.6	2,838.5	2,635.6	14,757.6	–	1,620.1	4,597.9
2020	912.4	34.4	11,564.6	1,016.9	2,005.4	1,342.3	21,048.9	–	1,596.0	4,537.9
2021	991.9	38.3	14,376.9	1,103.5	2,358.2	–	25,518.0	–	1,571.9	4,286.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.12.3.2. Factores de emisión aplicados en de la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 34.

Tabla 3. 34.

Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión aplicados

Combustible	FE CO ₂		FE CH ₄		FE N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasolina para motores	69,300	kg CO ₂ /TJ	3.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Otro queroseno	71,900	kg CO ₂ /TJ	3.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Gas/diésel oil	74,100	kg CO ₂ /TJ	3.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Fuelóleo residual	77,400	kg CO ₂ /TJ	3.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
GLP	63,100	kg CO ₂ /TJ	1.0	kg CH ₄ /TJ	0.1	kg N ₂ O /TJ
Coque de petróleo	97,500	kg CO ₂ /TJ	3.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Otro carbón bituminoso	94,600	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	1.5	kg N ₂ O /TJ
Gas de horno de coque	44,400	kg CO ₂ /TJ	1.0	kg CH ₄ /TJ	0.1	kg N ₂ O /TJ
Madera/desechos de madera			30.0	kg CH ₄ /TJ	4.0	kg N ₂ O /TJ
Otra biomasa sólida primaria			30.0	kg CH ₄ /TJ	4.0	kg N ₂ O /TJ

Nota: los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO₂ de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.9.

Fuente: Cuadro 2.3, Capítulo 2, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

3.2.12.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la Sección 1.9. y son aplicables a todo el inventario.

3.2.12.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

Para la estimación de las incertidumbres de la subcategoría se aplicaron los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, tanto en lo que respecta a los datos de actividad como a los factores de emisión (Tabla 3. 35.).

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂ y N₂O se realizó el cálculo mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia, mientras que para la incertidumbre de los factores de emisión de CH₄ se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en el Cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices.

En el contexto nacional, para el sector Energía, todas las subcategorías reportadas corresponden a las emisiones originadas en procesos de combustión, para los cuales las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂, en términos generales, son relativamente bajas. Esto se debe a que dependen fundamentalmente del contenido de carbono y, por esa razón, hay limitaciones físicas sobre la magnitud de su incertidumbre. En contraposición, las incertidumbres de los factores de emisión de N₂O y CH₄, que son función de las tecnologías aplicadas y no del tipo de combustible, presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO₂. En este marco, y teniendo en cuenta para todas las subcategorías reportadas del sector, las emisiones de CO₂ son mucho mayores que las de CH₄ y N₂O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO₂.

Por otro lado, para la incertidumbre de los datos de actividad, se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en la columna de *sondeos de sistemas estadísticos menos desarrollados* del cuadro 2.15 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices.

Como se detalla en la Sección 3.1.3.1.1, durante el proceso de elaboración del BEN se recopilan datos estadísticos de múltiples instituciones y empresas. Esta variedad de fuentes puede dar lugar a una incertidumbre inherente en los datos de actividad, que puede atribuirse tanto a posibles errores sistemáticos como a errores aleatorios de recopilación y, además, a la ausencia de un proceso formal de garantía de calidad.

Tabla 3. 35.

Industrias manufactureras y de la construcción: incertidumbre de datos de actividad y factores de emisión (%)

IPCC Categoría	Gas	Combustible	DA 2021(TJ)	Incertidumbre DA	FE por defecto	Incertidumbre FE
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	Gasolina para motores	991.9	15.0%	69,300.0	5.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	Otro queroseno	38.3	15.0%	71,900.0	2.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	Gas/diesel oil	14,376.9	15.0%	74,100.0	2.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	Fuelóleo residual	1,103.5	15.0%	77,400.0	2.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	Gases licuados de petróleo	2,358.2	15.0%	63,100.0	4.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	Coque de petróleo	–	15.0%	97,500.0	17.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH ₄	Gasolina para motores	991.9	15.0%	3.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH ₄	Otro queroseno	38.3	15.0%	3.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH ₄	Gas/diesel oil	14,376.9	15.0%	3.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH ₄	Fuelóleo residual	1,103.5	15.0%	3.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH ₄	Gases licuados de petróleo	2,358.2	15.0%	1.0	150.0%

IPCC Categoría	Gas	Combustible	DA 2021(TJ)	Incertidumbre DA	FE por defecto	Incertidumbre FE
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH ₄	Coque de petróleo	-	15.0%	3.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N ₂ O	Gasolina para motores	991.9	15.0%	0.6	233.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N ₂ O	Otro queroseno	38.3	15.0%	0.6	233.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N ₂ O	Gas/diesel oil	14,376.9	15.0%	0.6	233.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N ₂ O	Fuelóleo residual	1,103.5	15.0%	0.6	233.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N ₂ O	Gases licuados de petróleo	2,358.2	15.0%	0.1	200.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N ₂ O	Coque de petróleo	-	15.0%	0.6	233.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO ₂	Otro carbón bituminoso	25,518.0	15.0%	94,600.0	5.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH ₄	Otro carbón bituminoso	25,518.0	15.0%	10.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N ₂ O	Otro carbón bituminoso	25,518.0	15.0%	1.5	233.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH ₄	Madera / Desechos de madera	1,571.9	60.0%	30.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH ₄	Otra biomasa sólida primaria	4,286.6	60.0%	30.0	150.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N ₂ O	Madera / Desechos de madera	1,571.9	60.0%	4.0	275.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N ₂ O	Otra biomasa sólida primaria	4,286.6	60.0%	4.0	275.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *industrias manufactureras y de la construcción* varían desde ± 11.7 a 233.8% dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH₄ y N₂O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 36).

Tabla 3. 36.

Industrias manufactureras y de la construcción: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los DA (\pm %)	Incertidumbre de los FE (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	11.0%	4.0%	11.7%
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH ₄	11.0%	63.6%	64.5%
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N ₂ O	11.0%	101.2%	101.8%
Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO ₂	15.0%	5.4%	15.9%
Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH ₄	15.0%	150.0%	150.7%
Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N ₂ O	15.0%	233.3%	233.8%
Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH ₄	46.8%	106.1%	115.9%
Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N ₂ O	46.8%	194.5%	200.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, se ha aplicado el mismo método de estimación y de las mismas fuentes de datos para todos los años de la serie (2000-2021). La principal fuente de datos es el BEN, el cual siempre ha utilizado la metodología de la OLADE para la elaboración de los balances de energía para los países de América Latina. Para 1997 a 2000, la información en buena medida fue interpolada, debido a cambios históricos de los organismos a cargo de la confección del BEN.

Específicamente para esta subcategoría, existe una inconsistencia para los años anteriores al 2005, ocasionado por la falta de información para desagregar otro queroseno del queroseno para motor a reacción y la gasolina para la aviación, debido a que para esos años solo se cuenta con la información reportada en el BEN, la cual incluye en una sola columna los tres combustibles antes mencionados, esto ha sido considerado en el plan de mejoras de la subcategoría.

3.2.12.6. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Se aplicaron las actividades y procedimientos descritos en la Sección 3.2.5.

3.2.12.7. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos específicos en la subcategoría, incluyendo mejoras en la calidad de los datos de actividad y el tratamiento de los mismos. Las mejoras aplicadas para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría están descritas en la Tabla 3. 37.

Tabla 3. 37.

Industrias de la energía: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
ENERGÍA			
1.A.2.g. Otros	Desagregación del consumo de otro carbón bituminoso para la producción de energía y su inyección a la red.	Comparabilidad	DA
1.A.2.g. Otros	Asignación de datos	Comparabilidad	N/A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Estos nuevos cálculos presentan una diferencia significativa en los años 2018 y 2019 en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 38. y Figura 3. 13.). Esta disparidad surge del inicio de operaciones de proyectos en la industria minera a partir de 2018, la cual emplea carbón mineral como combustible sólido en la generación eléctrica para sus procesos y también generando energía para su inyección al sistema interconectado nacional. En consecuencia, fue necesario desglosar esta información, ya que, en el desarrollo del BEN, todos los datos de generación de esta industria se reportan de manera consolidada bajo *autoproducción*. Este cambio representa una mejora en la comparabilidad del inventario, al categorizar la generación eléctrica para autoconsumo de la industria y aquella inyectada a la red en las subcategorías correspondientes.

Adicional, en línea con las pautas de las tablas comunes de reporte, los datos agregados se han asignado a la categoría *1.A.2.g Otros*. Anteriormente, estos datos se reportaban de manera consolidada bajo *1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción*. Este cambio tiene como objetivo mejorar la comparabilidad del inventario.

Tabla 3. 38.

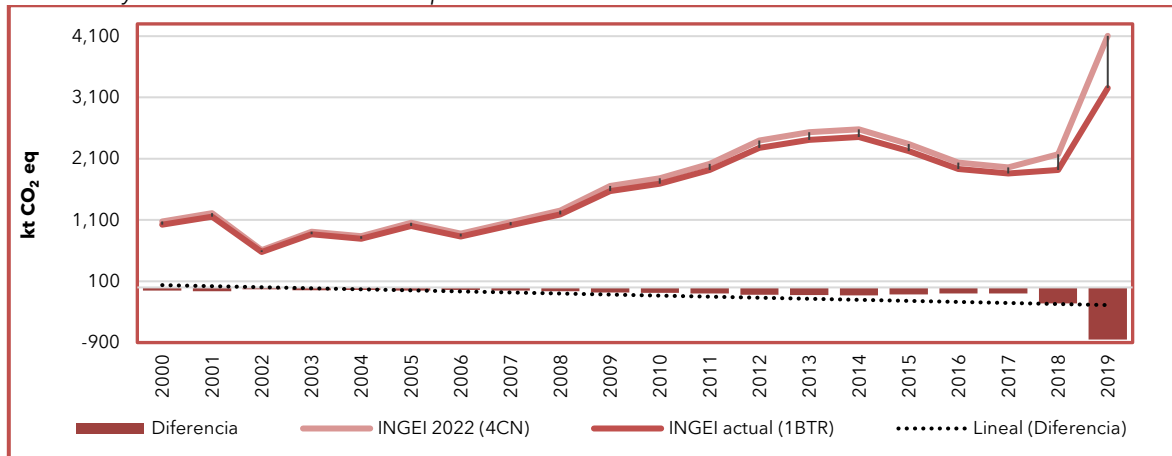
Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anterior	1,076.0	1,780.4	2,534.1	1,957.9	4,106.0		
INGEI actual	1,022.6	1,692.2	2,408.5	1,860.8	3,253.9	3,279.6	3,817.6
Diferencia	53.3	88.3	125.6	97.1	852.1		
%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	26.2%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 13.

Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.12.8. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría, sumado a lo descrito en la Sección 3.2.7., se ha lo descrito en la Tabla 3. 39.

Tabla 3. 39.

Industrias manufactureras y de la construcción: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
ENERGÍA				
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Estimar las emisiones con el método de Nivel 2.	No resuelto	MEDIA	Tomando en consideración que la subcategoría ha sido identificada como una categoría principal, Panamá avanzará en la obtención de información sobre el contenido de carbono y los VCN de las combustibles nacionales para generar factores de emisión país específico para el CO ₂ .
	Mejora de la información de los años anteriores a 2004.	No resuelto	BAJA	Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE de los años anteriores a 2004.
	Desagregación de los datos por tipo de industria.	No resuelto	MEDIA	Investigar con la SNE opciones para la desagregación de esta información.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.12.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, en la Tabla 3. 40., se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría

Tabla 3. 40.

Industrias de la energía: sistema de archivo de la subcategoría

Categoría o área de mejora	Sistema de archivo
ENERGÍA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_01EN
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01EN 2024_FE_01EN
Hojas de trabajo	2024_HT_01EN
Incertidumbre	2024_INC_01EN
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_01EN

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.13. Transporte (CRT 1.A.3)

3.2.13.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría comprende las emisiones de los combustibles quemados por las actividades de transporte (a exclusión del transporte militar), independientemente del sector (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta subcategoría incluye las emisiones de *aviación civil y navegación marítima y fluvial* que tienen lugar en el territorio nacional, así como el *transporte terrestre* para todos los años de la serie temporal. Las emisiones correspondientes a *ferrocarriles* se incluyen únicamente para el 2021; para los años anteriores son incluidas en *industrias manufactureras y de la construcción*, ya que esta información se encuentra agregada en el BEN y no fue posible desagregarla para el presente inventario. Así mismo, las emisiones de *vehículos todoterreno y otra maquinaria* utilizados en la actividad de *agricultura/silvicultura/pesca* es incluida en *transporte terrestre* por falta de información para desagregar los datos, al igual que la *pesca nacional e internacional*.

3.2.13.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

La categoría *transporte* es la principal emisora del sector Energía, representando el 54.4 % del sector para el 2021. En este año, las emisiones de GEI contabilizaron 7,304.8 kt CO₂ eq, incrementándose en un 216.6 % desde 2000 y en un 1.0 % desde 2019, debido principalmente al aumento del consumo de combustibles líquidos (gas/diésel y gasolina para motores) en el transporte terrestre, como resultado del incremento en la cantidad de vehículos en circulación debido a la creciente demanda natural de personas con vehículos. Para el 2020 se refleja una disminución en el consumo de combustibles líquidos para el transporte, resultado de la pandemia del COVID-19 (Tabla 3. 41. y Figura 3. 14.).

Con respecto a las actividades, en 2021, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *transporte terrestre* con un 65.1 %, seguido por *navegación marítima y fluvial* con 34.2 %, *aviación civil* con 0.6 % y *ferrocarriles* con 0.2 %.

Tabla 3. 41.

Transporte: emisiones de GEI por actividad (kt CO₂ eq)

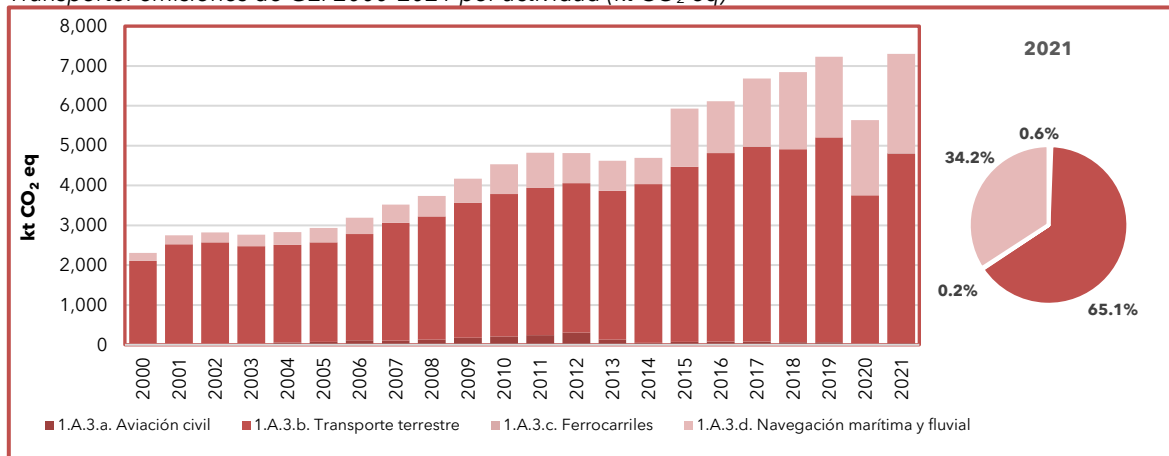
Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1.A.3.a. Aviación civil	12.9	207.6	130.8	79.4	64.9	30.1	41.9
1.A.3.b. Transporte terrestre	2,095.2	3,574.5	3,732.0	4,892.3	5,141.1	3,719.2	4,754.5
1.A.3.c. Ferrocarriles	IE	IE	IE	IE	IE	IE	12.9
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	198.8	749.3	755.8	1,709.2	2,026.1	1,893.6	2,496.2
TOTAL	2,307.0	4,531.3	4,618.6	6,680.9	7,232.1	5,643.0	7,304.8

Nota: IE = incluido en otra parte.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 14.

Transporte: emisiones de GEI 2000-2021 por actividad (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.13.3. Aspectos metodológicos específicos de la subcategoría

Se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para la estimación de emisiones de GEI de esta subcategoría, como se detalla en la Sección 3.2.3. Se consideró el árbol de decisiones para determinar el nivel por utilizar, el cual sugirió el uso de Nivel 2. Sin embargo, no se dispone de la información sobre el contenido de carbono del combustible nacional para aplicar dicho nivel en este ciclo de inventario.

Los datos de actividad de esta subcategoría provienen de las estadísticas nacionales del BEN y de las estadísticas de consumo de Jet Fuel, AV Gas y Kerosene para 2005 a 2021. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 42. presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 3. 42.

Transporte: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.3. Transporte	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.3.a. Aviación civil	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.b. Transporte terrestre	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.c. Ferrocarriles	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.e. Otro tipo de transporte	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.13.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría y su proceso de conversión se detallan en la Sección 3.2.3.1.1. Los valores utilizados son aquellos presentados en la Tabla 3. 43.

Tabla 3. 43.

Transporte: datos de actividad 2000-2021 (TJ)

Año	Gasolina para motores	Gasolina para aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas / diésel oil	Gas / diésel oil (marino)	Gases licuados de petróleo	Biogasolina
2000	16,985.9	–	–	178.4	11,802.1	2,667.5	–	–
2001	16,795.6	–	–	211.6	17,508.9	3,004.4	–	–
2002	17,111.6	–	–	72.2	17,916.4	3,383.9	–	–
2003	17,454.4	–	–	329.0	16,112.0	3,811.4	–	–
2004	18,416.1	–	–	781.8	15,177.0	4,292.8	–	–
2005	17,474.6	58.9	947.9	–	16,666.7	4,835.0	9.5	–
2006	17,785.7	56.3	1,479.1	–	18,499.1	5,445.7	261.8	–
2007	18,889.8	63.2	1,405.6	–	21,278.0	6,133.5	184.3	–
2008	20,756.2	55.9	1,735.0	–	21,390.7	6,908.2	111.0	–
2009	23,143.0	52.8	2,358.8	–	23,233.0	8,030.6	61.0	–
2010	24,755.8	54.2	2,827.9	–	24,081.3	10,052.1	47.5	–
2011	25,625.2	53.8	3,282.9	–	24,929.7	11,775.4	41.7	–
2012	26,664.4	61.5	4,224.8	–	24,559.6	10,235.2	26.9	–
2013	27,344.9	65.2	1,751.4	–	23,732.8	10,140.1	34.3	332.9
2014	29,774.1	70.9	640.5	–	24,740.0	8,837.8	28.8	936.6
2015	33,383.2	110.9	917.7	–	26,803.9	19,612.4	25.7	–
2016	36,160.7	112.8	998.9	–	28,729.3	17,440.2	27.3	–
2017	37,500.9	112.6	991.6	–	29,574.1	22,930.3	27.6	–
2018	37,716.8	123.2	829.6	–	28,729.9	25,913.1	27.6	–
2019	40,157.7	118.9	784.0	–	30,375.7	27,181.9	22.3	–
2020	28,449.1	66.5	352.5	–	22,546.9	25,404.8	12.4	–
2021	36,797.1	99.2	483.9	–	28,417.5	33,488.8	15.9	–

Nota: el valor en rojo incluye la información del consumo por Ferrocarril, obtenido del Balance de Energía Útil 2021.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.13.3.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 44.

Tabla 3. 44.

Transporte: factores de emisión aplicados

Combustible	FE CO ₂		FE CH ₄		FE N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasolina para motores	69,300	kg CO ₂ /TJ	33.0	kg CH ₄ /TJ	3.2	kg N ₂ O /TJ
Gasolina para aviación	70,000	kg CO ₂ /TJ	0.5	kg CH ₄ /TJ	2.0	kg N ₂ O /TJ
Queroseno para motor a reacción	71,500	kg CO ₂ /TJ	0.5	kg CH ₄ /TJ	2.0	kg N ₂ O /TJ
Otro queroseno	71,900	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Gas/diésel oil	74,100	kg CO ₂ /TJ	3.9	kg CH ₄ /TJ	3.9	kg N ₂ O /TJ
Gas/diésel oil (marino)	74,100	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
GLP	63,100	kg CO ₂ /TJ	62.0	kg CH ₄ /TJ	0.2	kg N ₂ O /TJ
Biogasolina			10.0	kg CH ₄ /TJ	2.0	kg N ₂ O /TJ

Nota: los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO₂ de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.9.

Fuente: Cuadro 2.3, Capítulo 2, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

La estimación de las emisiones de *navegación marítima y fluvial* se realiza mediante el uso del factor de emisión por defecto que establece el IPCC para la actividad *comercial/institucional* de la subcategoría *otros sectores* debido a que el factor de emisión por defecto establecido para *navegación marítima y fluvial* es para naves trasatlánticas y, en el contexto nacional, estas no son las naves utilizadas para la navegación doméstica.

3.2.13.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la Sección 1.9. y son aplicables a todo el inventario.

3.2.13.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

Para la estimación de las incertidumbres de la subcategoría se aplicaron los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, tanto en lo que respecta a los datos de actividad como a los factores de emisión (Tabla 3. 45.).

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂ se realizó el cálculo mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia, al igual que para la de los factores de emisión de CH₄ y N₂O utilizados en *transporte terrestre y ferrocarriles*; mientras que, para el caso de *aviación civil*, se tomaron los valores porcentuales por defecto más altos establecidos en el Cuadro 3.6.5 del Capítulo 3, Volumen 2. Para el caso de *navegación marítima y fluvial* se tomaron los valores porcentuales por defecto más altos establecidos en el Cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2.

En el contexto nacional, para el sector Energía, todas las subcategorías reportadas corresponden a las emisiones originadas en procesos de combustión, para los cuales las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂, en términos generales, son relativamente bajas. Esto se debe a que dependen fundamentalmente del contenido de carbono y, por esa razón, hay limitaciones físicas sobre la magnitud de su incertidumbre. En contraposición, las incertidumbres de los factores de emisión de N₂O y CH₄ presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO₂ debido a que estas dependen de la composición del combustible, antigüedad de la flota y otras características, patrones de mantenimiento, condiciones de combustión y buenas prácticas de conducción, entre otros. En este marco, y teniendo en cuenta para todas las subcategorías reportadas del sector, las emisiones de CO₂ son mucho mayores que las de CH₄ y N₂O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO₂.

Por otro lado, para la incertidumbre de los datos de actividad, se utilizó un valor de 5% para *transporte terrestre, aviación civil y ferrocarriles* y un valor de 50% para *navegación marítima y fluvial*, tal como es recomendado en el Capítulo 3, Volumen 2.

Como se detalla en la Sección 3.1.3.1.1, durante el proceso de elaboración del BEN se recopilan datos estadísticos de múltiples instituciones y empresas. Esta variedad de fuentes puede dar lugar a una incertidumbre inherente en los datos de actividad, que puede atribuirse tanto a posibles errores sistemáticos como a errores aleatorios de recopilación y, además, a la ausencia de un proceso formal de garantía de calidad. Así mismo, la incertidumbre de los datos estadísticos de Embarque de Combustible Marino según litoral también puede ser atribuida a estos mismos elementos.

Tabla 3. 45.

Transporte: incertidumbre combinada (%)

IPCC Categoría	Gas	Combustible	DA de 2021 (TJ)	Incertidumbre DA	FE por defecto	Incertidumbre FE
1A3a Transporte - Aviación civil	CO ₂	Gasolina para la aviación	99.2	5.0%	70,000.0	4.3%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO ₂	Queroseno para motor a reacción	483.9	5.0%	71,500.0	4.1%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH ₄	Gasolina para la aviación	99.2	5.0%	0.5	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH ₄	Queroseno para motor a reacción	483.9	5.0%	0.5	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N ₂ O	Gasolina para la aviación	99.2	5.0%	2.0	150.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N ₂ O	Queroseno para motor a reacción	483.9	5.0%	2.0	150.0%

IPCC Categoría	Gas	Combustible	DA de 2021 (TJ)	Incertidumbre DA	FE por defecto	Incertidumbre FE
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO ₂	Gasolina para motores	36,797.1	5.0%	69,300.0	5.3%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO ₂	Gas/Diesel Oil	28,417.5	5.0%	74,100.0	2.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO ₂	Gases licuados de petróleo	15.9	5.0%	63,100.0	4.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH ₄	Gasolina para motores	36,797.1	5.0%	33.0	233.3%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH ₄	Gas/Diesel Oil	28,417.5	5.0%	3.9	143.6%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH ₄	Gases licuados de petróleo	15.9	5.0%	92.0	1573.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N ₂ O	Gasolina para motores	36,797.1	5.0%	3.2	243.8%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N ₂ O	Gas/Diesel Oil	28,417.5	5.0%	3.9	207.7%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N ₂ O	Gases licuados de petróleo	15.9	5.0%	3.0	2466.7%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO ₂	Gas/Diesel Oil	149.9	5.0%	74,100.0	2.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH ₄	Gas/Diesel Oil	149.9	5.0%	4.2	150.6%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N ₂ O	Gas/Diesel Oil	149.9	5.0%	28.6	200.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO ₂	Gas/Diesel Oil	33,488.8	50.0%	74,100.0	2.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH ₄	Gas/Diesel Oil	33,488.8	50.0%	10.0	150.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N ₂ O	Gas/Diesel Oil	33,488.8	50.0%	0.6	233.3%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *transporte* varían desde ± 4.2 a 1,125.0 % dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH₄ y N₂O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 46).

Tabla 3. 46.

Transporte: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
Aviación civil	CO ₂	4.2%	2.9%	5.2%
Aviación civil	CH ₄	4.2%	70.7%	70.8%
Aviación civil	N ₂ O	4.2%	106.1%	106.2%
Transporte terrestre	CO ₂	3.6%	2.3%	4.2%
Transporte terrestre	CH ₄	3.6%	1124.9%	1125.0%
Transporte terrestre	N ₂ O	3.6%	741.1%	741.1%
Transporte - Ferrocarriles	CO ₂	5.0%	2.0%	5.4%
Transporte - Ferrocarriles	CH ₄	5.0%	150.6%	150.7%
Transporte - Ferrocarriles	N ₂ O	5.0%	200.0%	200.1%
Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO ₂	50.0%	2.0%	50.0%
Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH ₄	50.0%	150.0%	158.1%
Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N ₂ O	50.0%	233.3%	238.6%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, se ha aplicado el mismo método de estimación y de las mismas fuentes de datos para todos los años de la serie (2000-2021). La principal fuente de datos es el BEN, el cual siempre ha utilizado la metodología de la OLADE para la elaboración de los balances de energía para los países de América Latina. Para 1997 a 2000, la información en buena medida fue interpolada, debido a cambios históricos de los organismos a cargo de la confección del BEN.

Específicamente para esta subcategoría, existe una inconsistencia para los años anteriores al 2005, ocasionado por la falta de información para desagregar el queroseno para motora a reacción y la gasolina para la aviación del otro queroseno, debido a que para esos años solo se cuenta con la información reportada en el BEN, la cual incluye en

una sola columna los tres combustibles antes mencionados esto ha sido considerado en el plan de mejoras de la subcategoría.

Para la estimación de las emisiones atribuidas al uso de los combustibles del transporte marítimo, se utiliza como dato de actividad el embarque de gas/diésel oil de uso marino, reportado por la AMP para el período 2011-2021, dado a la falta de reglamentaciones a las actividades relacionadas con los servicios portuarios para estructurar información confiable de estas actividades. Ante la ausencia de información de la actividad, se utilizó la técnica del método de empalme y datos sustitos para la información del periodo faltante (2000-2010). Se asume que el fuelóleo residual es íntegramente utilizado por el transporte internacional y que el gas/diésel oil es utilizado tanto para transporte nacional, aunque se conoce que no necesariamente este es el caso. Sin embargo, para este informe, no fue posible desagregar esa proporción y, por esa razón, se informa todo el gas/diésel oil consumido como parte de la navegación marítima nacional, ocasionando una sobreestimación.

Por otro lado, en el BEN se reporta históricamente el consumo de combustible del ferrocarril de manera agregada dentro de industrias manufactureras, por lo cual, esta información ha sido reportada en el periodo 2000-2020 en la actividad *Industrias manufactureras y de la construcción*. Sin embargo, para el año 2021, la SNE proporcionó el dato específico sobre el consumo de gas/diésel oil en ferrocarriles obtenido del Balance de Energía Útil, permitiendo así reportar esta información en la actividad *ferrocarriles*. Esta mejora implicó restar el consumo de este combustible de las cifras totales reportadas en industrias manufactureras.

Para el caso de *aviación civil*, es importante destacar que la información proporcionada a la SNE puede contener una superposición de información en lo que respecta al consumo de combustible para viajes nacionales e internacionales, reflejando una sobreestimación en el consumo nacional.

3.2.13.6. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Se aplicaron las actividades y procedimientos descritos en la Sección 3.2.53.2.5.

3.2.13.7. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos específicos en la subcategoría, incluyendo mejoras en la calidad de los datos de actividad y el tratamiento de los mismos. Las mejoras aplicadas para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría están descritas en la Tabla 3.47.

Tabla 3.47.

Transporte: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
ENERGÍA			
1.A.3.c. Ferrocarriles	Desagregación del consumo de ferrocarril para el año 2021.	Comparabilidad	DA
1.A.3.d. ii. Navegación marítima y fluvial	Cambio del dato de actividad utilizado para la estimación de las emisiones de navegación marítima y fluvial.	Exactitud	DA
	Implementación de técnica de empalme (extrapolación) para el consumo de navegación marítima y fluvial para los años faltantes.	Exhaustividad	DA
		Coherencia	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Para el año 2021, se utilizó el dato desagregado de ferrocarril obtenido del Balance de Energía Útil de Panamá 2021. Esto medida ha mejorado la comparabilidad del inventario a partir de dicho año.

Adicional, estos nuevos cálculos representan una diferencia absoluta promedio del 8.7 % en toda la serie temporal en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 48. y Figura 3. 15.). Esta diferencia se atribuye principalmente a la aplicación de la extrapolación y la utilización de datos sustitos como técnica de empalme para generar una continuidad en toda la serie temporal para los años en donde no se cuenta con estadística nacional para el consumo de combustibles en el sector marítimo y mejorar la exhaustividad y coherencia de la serie.

Tabla 3. 48.

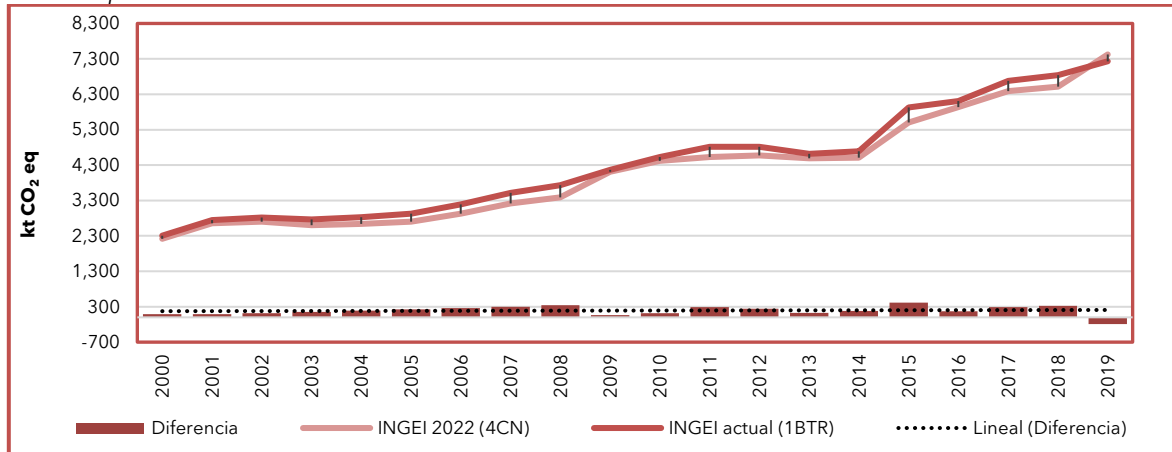
Transporte: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	2,218.1	4,418.5	4,488.8	6,387.7	7,424.9		
INGEI actual (1BT)	2,307.0	4,531.3	4,618.6	6,680.9	7,232.1	5,643.0	7,304.8
Diferencia	-88.9	-112.8	-129.8	-293.1	192.9		
%	-3.9%	-2.5%	-2.8%	-4.4%	2.7%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 15.

Transporte: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.13.8. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría, sumado a lo descrito en la Sección 3.2.7., se ha considerado lo descrito en la Tabla 3. 49.

Tabla 3. 49.

Transporte: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
ENERGÍA				
1.A.3. Transporte	Estimar las emisiones con el método del Nivel 2	No resuelto	MEDIA	Tomando en consideración que la subcategoría ha sido identificada como una categoría principal, Panamá avanzará en la obtención de información sobre el contenido de carbono y los VCN de las combustibles nacionales para generar factores de emisión país específico para el CO ₂ .

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
	Mejora de la información de los años anteriores a 2004.	No resuelto	BAJA	Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE de los años anteriores a 2004.
1.A.3.a. Aviación civil	Desagregación de la estadística proporcionada a la SNE acerca de la <i>aviación nacional y aviación internacional</i> .	No resuelto	MEDIA	Investigar con la SNE y las entidades que les proporcionan estadística sobre la aviación nacional e internacional opciones para la correcta desagregación de esta información.
1.A.3.b. Transporte terrestre	Desagregación del consumo de combustibles en <i>vehículos todo terreno y otra maquinaria y pesca nacional e internacional del transporte terrestre</i> .	No resuelto	MEDIA	Investigar con la SNE opciones para la desagregación de esta información.
1.A.3.d. ii. Navegación marítima y fluvial	Estimar las emisiones con el método de Nivel 2.	No resuelto	MEDIA	Tomando en consideración que la subcategoría ha sido identificada como una categoría principal, Panamá avanzará en la obtención de información sobre el contenido de carbono y los VCN de las combustibles nacionales para generar factores de emisión país específico para el CO ₂ .
	Desagregación del gas/diésel oil atribuido al nacional e internacional.	No resuelto	MEDIA	Se le solicitará a la AMP información estadística desglosada sobre el embarque a barcas y a naves de comercio exterior. Estos datos ya se encuentran disponibles, sin embargo, es necesario realizar un proceso de segregación y detalle.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.13.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, en la Tabla 3. 50., se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría

Tabla 3. 50.

Industrias de la energía: sistema de archivo de la subcategoría

Categoría o área de mejora	Sistema de archivo
ENERGÍA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_01EN
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01EN 2024_FE_01EN
Hojas de trabajo	2024_HT_01EN
Incertidumbre	2024_INC_01EN
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_01EN 2024_AXN_01EN/2024_SUSTENTOS

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.14. Otros sectores (CRT 1.A.4)

3.2.14.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría aborda las emisiones de los combustibles quemados por edificios comerciales e institucionales, hogares y utilizados en agricultura, silvicultura, pesca e industrias pesqueras, incluida la quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta subcategoría incluye las emisiones de *comercial/institucional*, *residencial*, y *agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías*. Las emisiones de vehículos todo terreno y otra maquinaria utilizados en la actividad de *agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías* es incluida en *transporte terrestre* por falta de información para desagregar los datos, al igual que la *pesca nacional e internacional*.

3.2.14.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

En 2021, las emisiones de GEI contabilizaron 806.1 kt CO₂ eq, incrementándose en un 95.6 % desde 2000 y disminuyendo levemente en un 0.7 % desde el 2019, debido principalmente al aumento en el consumo de GLP en la actividad *residencial*, de amplio uso en el país para la cocción de alimentos, y del gas/diésel oil en la actividad *comercial/institucional* debido al crecimiento de la economía en el país durante la última década (Tabla 3. 51. y Figura 3.).

Con respecto a las actividades, en 2021, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *residencial* con un 61.8 %, seguido por *comercial/institucional* con 33.1 % y *agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías* con 5.1 %.

Tabla 3. 51.

Otros sectores: emisiones por actividad (kt CO₂ eq)

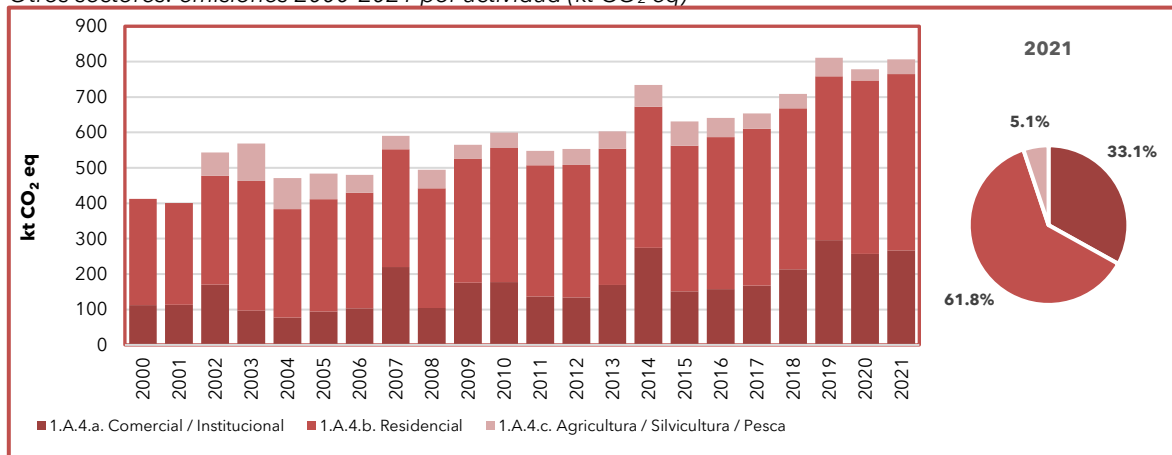
Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
1.A.4.a. Comercial / Institucional	112.00	177.08	169.18	167.81	295.56	256.61	266.62
1.A.4.b. Residencial	300.09	378.66	384.73	442.53	463.41	490.45	498.25
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	IE	44.22	49.29	43.52	52.48	31.73	41.27
TOTAL	412.1	600.0	603.2	653.9	811.5	778.8	806.1

Nota: IE = incluido en otra parte.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 3. 16.

Otros sectores: emisiones 2000-2021 por actividad (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.14.3. Aspectos metodológicos específicos de la subcategoría

Se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para la estimación de emisiones de GEI de esta subcategoría, como se detalla en la Sección 3.2.3. Se consideró el árbol de decisiones para determinar el nivel por utilizar, el cual sugirió el uso de Nivel 2. Sin embargo, no se dispone de la información sobre el contenido de carbono del combustible nacional para aplicar dicho nivel en este ciclo de inventario.

Los datos de actividad de esta subcategoría provienen de las estadísticas nacionales del BEN y de las estadísticas de consumo de Jet Fuel, AV Gas y Kerosene para 2005 a 2021. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 52. presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 3. 52.

Otros sectores: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2019

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.4. Otros sectores	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.4.a. Comercial / Institucional	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.b. Residencial	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.14.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría y su proceso de conversión se detallan en la Sección 3.2.3.1.1. Los valores utilizados son aquellos presentados en la Tabla 3. 53.

Tabla 3. 53.

Otros sectores: datos de actividad 2000-2021 (TJ)

Año	Gasolina para motores	Otro queroseno	Gas / diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Madera / desechos de madera	Carbón vegetal
2000	–	306.2	421.7	49.2	4,483.9	7,466.4	61.6
2001	–	183.1	433.3	44.3	4,436.7	7,436.2	59.8
2002	30.6	406.6	2,141.1	0.7	4,462.3	7,406.6	60.4
2003	88.1	394.3	1,346.2	–	5,755.3	7,377.0	58.7
2004	107.0	159.5	887.7	182.1	4,777.2	7,347.3	55.2
2005	310.7	81.4	627.0	222.9	5,096.8	7,318.3	53.5
2006	268.5	60.5	480.0	136.0	5,399.3	7,289.2	51.1
2007	1,014.7	14.6	1,239.4	54.3	5,581.3	7,259.6	50.5
2008	275.4	30.2	1,447.3	178.9	4,466.7	7,230.5	50.5
2009	345.1	82.4	1,700.6	25.6	5,341.1	7,202.1	48.2
2010	404.9	295.5	1,731.1	25.3	5,547.5	7,198.6	48.2
2011	477.0	88.0	1,816.6	26.9	4,790.7	7,171.3	47.1
2012	536.7	10.6	1,792.2	26.3	4,932.8	7,144.6	45.9
2013	526.3	9.2	2,290.8	56.9	5,104.9	7,117.8	45.3
2014	574.6	29.0	3,841.5	10.8	5,328.7	7,091.0	42.5
2015	580.3	2.2	2,311.2	9.0	5,533.1	7,063.8	40.4
2016	568.4	2.2	2,239.6	1.2	5,808.4	7,036.7	41.9
2017	604.2	1.6	2,212.4	–	6,008.5	7,011.1	39.3
2018	595.4	3.0	2,798.8	–	6,201.2	6,984.0	48.2
2019	596.3	8.8	4,053.6	–	6,338.2	6,956.8	46.2
2020	501.9	5.3	3,348.5	3.0	6,761.3	6,929.7	44.3
2021	549.9	1.0	3,560.9	–	6,902.2	6,904.1	51.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.14.3.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 54. y Tabla 3. 55.

Tabla 3. 54.

Otros sectores: factores de emisión aplicados para comercial/institucional

Combustible	FE CO ₂		FE CH ₄		FE N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasolinas para motores	69,300	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Otro queroseno	71,900	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Gas/diésel oil	74,100	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Fuelóleo residual	77,400	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
GLP	63,100	kg CO ₂ /TJ	5.0	kg CH ₄ /TJ	0.1	kg N ₂ O /TJ
Carbón vegetal			200.0	kg CH ₄ /TJ	1.0	kg N ₂ O /TJ

Nota: los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO₂ de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.9.

Fuente: Cuadro 2.4, Capítulo 2, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 3. 55.

Otros sectores: factores de emisión aplicados para residencial y agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías

Combustible	FE CO ₂		FE CH ₄		FE N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasolinas para motores	69 300	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Otro queroseno	71 900	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Gas/diésel oil	74100	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
Fuelóleo residual	77 400	kg CO ₂ /TJ	10.0	kg CH ₄ /TJ	0.6	kg N ₂ O /TJ
GLP	63 100	kg CO ₂ /TJ	5.0	kg CH ₄ /TJ	0.1	kg N ₂ O /TJ
Madera/Desechos de Madera			300.0	kg CH ₄ /TJ	4.0	kg N ₂ O /TJ
Carbón vegetal			200.0	kg CH ₄ /TJ	1.0	kg N ₂ O /TJ

Nota: los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO₂ de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.9.

Fuente: Cuadro 2.5, Capítulo 2, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

3.2.14.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la Sección 1.9. y son aplicables a todo el inventario.

3.2.14.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

Para la estimación de las incertidumbres de la subcategoría se aplicaron los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, tanto en lo que respecta a los datos de actividad como a los factores de emisión (Tabla 3. 56.)

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂ y N₂O se realizó el cálculo mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia, mientras que para la incertidumbre de los factores de emisión de CH₄ se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en el Cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las *Directrices*.

En el contexto nacional, para el sector Energía, todas las subcategorías reportadas corresponden a las emisiones originadas en procesos de combustión, para los cuales las incertidumbres de los factores de emisión de CO₂, en términos generales, son relativamente bajas. Esto se debe a que dependen fundamentalmente del contenido de carbono y, por esa razón, hay limitaciones físicas sobre la magnitud de su incertidumbre. En contraposición, las incertidumbres de los factores de emisión de N₂O y CH₄, que son función de las tecnologías aplicadas y no del tipo de combustible, presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO₂. En este marco, y teniendo en cuenta para

todas las subcategorías reportadas del sector, las emisiones de CO₂ son mucho mayores que las de CH₄ y N₂O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO₂.

Por otro lado, para la incertidumbre de los datos de actividad, se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en la columna de *sondeos de sistemas estadísticos menos desarrollados* del cuadro 2.15 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices.

Como se detalla en la Sección 3.1.3.1.1, durante el proceso de elaboración del BEN se recopilan datos estadísticos de múltiples instituciones y empresas. Esta variedad de fuentes puede dar lugar a una incertidumbre inherente en los datos de actividad, que puede atribuirse tanto a posibles errores sistemáticos como a errores aleatorios de recopilación y, además, a la ausencia de un proceso formal de garantía de calidad. Para esta subcategoría, es importante tomar en consideración que el acceso a datos confiables sobre el consumo de bagazo en sectores como el residencial o comercial puede ser limitado.

Tabla 3. 56.

Otros sectores: incertidumbre de datos de actividad y factores de emisión (%)

IPCC Categoría	Gas	Combustible	DA de 2021 (TJ)	Incertidumbre DA	FE por defecto	Incertidumbre FE
1A4 Otros sectores - Líquido	CO ₂	Gasolina para motores	549.9	15.0%	69,300.0	5.3%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO ₂	Otro queroseno	1.0	15.0%	71,900.0	2.5%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO ₂	Gas/Diesel Oil	3,560.9	15.0%	74,100.0	2.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO ₂	Gases licuados de petróleo	6,902.2	15.0%	63,100.0	4.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH ₄	Gasolina para motores	549.9	15.0%	10.0	150.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH ₄	Otro queroseno	1.0	15.0%	10.0	150.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH ₄	Gas/Diesel Oil	3,560.9	15.0%	10.0	150.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH ₄	Gases licuados de petróleo	6,902.2	15.0%	5.0	150.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N ₂ O	Gasolina para motores	549.9	15.0%	0.6	233.3%
1A4 Otros sectores - Líquido	N ₂ O	Otro queroseno	1.0	15.0%	0.6	233.3%
1A4 Otros sectores - Líquido	N ₂ O	Gas/Diesel Oil	3,560.9	15.0%	0.6	233.3%
1A4 Otros sectores - Líquido	N ₂ O	Gases licuados de petróleo	6,902.2	15.0%	0.1	200.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH ₄	Madera / Desechos de madera	6,904.1	60.0%	300.0	150.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH ₄	Carbón vegetal	51.6	60.0%	200.0	150.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N ₂ O	Madera / Desechos de madera	6,904.1	60.0%	4.0	275.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N ₂ O	Carbón vegetal	51.6	60.0%	1.0	200.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *otros sectores* varían desde ±10.8 a 238.6 % dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH₄ y N₂O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 57).

Tabla 3. 57.

Otros sectores: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
Otros sectores - Líquido	CO ₂	10.6%	1.8%	238.6%
Otros sectores - Líquido	CH ₄	10.6%	77.3%	10.8%
Otros sectores - Líquido	N ₂ O	10.6%	128.1%	78.0%
Otros sectores - Biomasa	CH ₄	59.6%	108.2%	128.5%
Otros sectores - Biomasa	N ₂ O	59.6%	223.6%	123.5%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, se ha aplicado el mismo método de estimación y de las mismas fuentes de datos para todos los años de la serie (2000-2021).

La principal fuente de datos es el BEN, el cual siempre ha utilizado la metodología de la OLADE para la elaboración de los balances de energía para los países de América Latina. Para 1997 a 2004, la información en buena medida fue interpolada, debido a cambios históricos de los organismos a cargo de la confección del BEN.

Específicamente para la subcategoría de *otros sectores*, existe una inconsistencia para los años anteriores al 2005, ocasionado por la falta de información para desagregar otro queroseno del queroseno para motor a reacción y la gasolina para la aviación, debido a que para esos años solo se cuenta con la información reportada en el BEN, la cual incluye en una sola columna los tres combustibles antes mencionados, esto ha sido incluido en el plan de mejoras.

3.2.14.6. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Se aplicaron las actividades y procedimientos descritos en la Sección 3.2.5.

3.2.14.7. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos en la subcategoría, incluyendo mejoras en la calidad de los datos de actividad y el tratamiento de los mismos. Las mejoras aplicadas para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría están descritas en la Sección 3.2.6.

Estos nuevos cálculos representan una diferencia absoluta promedio del 5.2 % en toda la serie temporal en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 58. y Figura 3. 17.).

Tabla 3. 58.

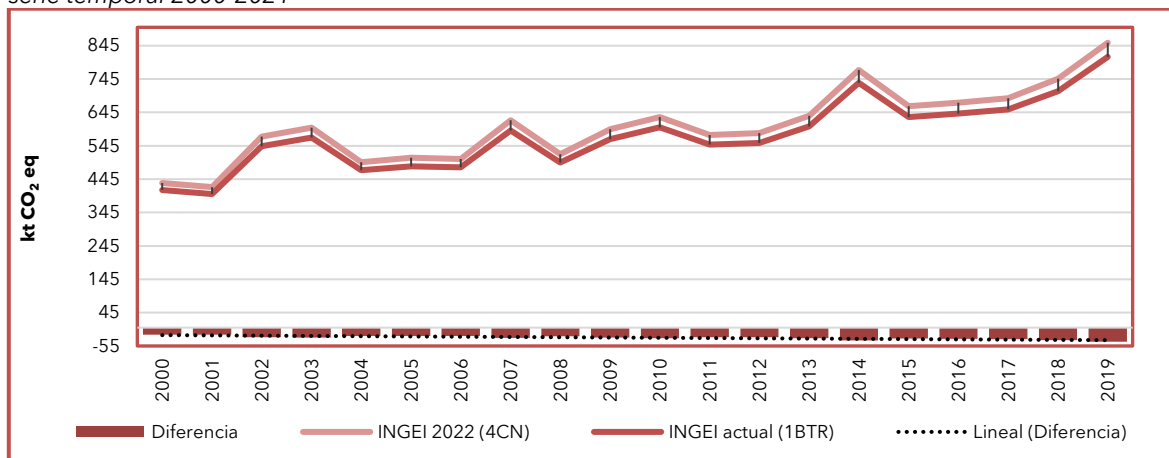
Otros sectores: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	433.6	631.3	634.7	688.0	853.8		
INGEI actual (1IBT)	412.1	600.0	603.2	653.9	811.5	778.8	806.1
Diferencia	21.5	31.3	31.5	34.1	42.3		
%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%	5.2%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 3. 17.

Otros sectores: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.14.8. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría, sumado a lo descrito en la Sección 3.2.7., se ha considerado lo descrito en la Tabla 3. 59.

Tabla 3. 59.

Industrias manufactureras y de la construcción: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
ENERGÍA				
1.A.4. Otros Sectores	Estimar las emisiones con el método de Nivel 2.	No resuelto	MEDIA	Tomando en consideración que la subcategoría ha sido identificada como una categoría principal, Panamá avanzará en la obtención de información sobre el contenido de carbono y los VCN de las combustibles nacionales para generar factores de emisión país específico para el CO ₂ .
	Mejora de la información de los años anteriores a 2004.	No resuelto	BAJA	Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE de los años anteriores a 2004.
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	Desagregación del consumo de combustibles en <i>vehículos todo terreno y otra maquinaria y pesca nacional e internacional del transporte terrestre.</i>	No resuelto	MEDIA	Investigar con la SNE opciones para la desagregación de esta información.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.2.14.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, en la Tabla 3. 60., se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría

Tabla 3. 60.

Industrias de la energía: sistema de archivo de la subcategoría

Categoría o área de mejora	Sistema de archivo
ENERGÍA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_01EN
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01EN 2024_FE_01EN
Hojas de trabajo	2024_HT_01EN
Incertidumbre	2024_INC_01EN
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_01EN

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

3.3. Emisiones fugitivas de combustibles (CRT 1.B)

Esta categoría no fue estimada a causa de que el país no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimarla. Panamá espera capacitarse para poder recabar la información necesaria para poder incluir estas emisiones en su próximo NIR.

3.4. Transporte y almacenamiento de CO₂ (CRT 1.C)

Esta categoría no ocurre en el país.

4 SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

En este sector las emisiones de GEI son producidas por una gran variedad de actividades industriales. En Panamá las emisiones están dominadas por el uso de HFC en el sector de refrigeración y aire acondicionado.



CAPÍTULO 4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (CRT sector 2)

En este capítulo se incluye todo aspecto metodológico considerado para la estimación de las emisiones de GEI del sector Procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés), que consiste en presentar la descripción y tendencia de las emisiones, aspectos metodológicos generales y específicos, actividades de garantía y control de calidad, flexibilidades aplicadas, incertidumbre de las estimaciones, constancia de la serie temporal, justificación de nuevos cálculos y un plan de mejoramiento para cada una de las categorías que componen este sector.

4.1. Panorama general del sector

4.1.1. Descripción del sector

El sector IPPU aborda las emisiones de GEI generadas por las actividades industriales que no están relacionadas con la quema de combustible, principalmente las provocadas por los procesos industriales (p.ej. hornos industriales), por el uso de GEI en los productos (p. ej. aerosoles) y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles (p. ej. lubricantes). Las emisiones de GEI son producidas por una gran variedad de actividades industriales. Las principales fuentes de emisión son las descargas provenientes de los procesos industriales que transforman materias por medios químicos o físicos. Durante estos procesos puede producirse una gran variedad de GEI, incluidos el CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFC y PFC (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, a pesar de que Panamá continúa siendo una economía mayormente orientada a los sectores de servicios, agricultura y construcción, y no cuenta con un sector industrial o de producción de químicos representativo, esto no implica que no se generen emisiones de GEI en el sector IPPU. Este sector abarca las emisiones de las categorías *industria de los minerales, uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, manufactura y utilización de otros productos, así como el uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)*. Estas últimas comienza a registrarse en el país a partir de 2012. Para el presente INGEI se logró estimar por primera vez la categoría *manufactura y utilización de otros productos*, puesto que se lograron generar los datos de actividad para los equipos eléctricos que contienen hexafluoruro de azufre (SF₆) lo que representa una mejora en cuanto a la exhaustividad del inventario.

Las categorías *industria química, industria de los metales e industria electrónica* no ocurren en el país. En cambio, las emisiones de la categoría *manufactura y utilización de otros productos*, como el N₂O de uso de productos en aplicaciones médicas, como anestésico médico y veterinario, junto con la categoría "Otros" que incluye la *Industria de pulpa y de papel y la industria de alimentos y bebidas*, no fueron estimadas por falta de datos de actividad y por la priorización de las categorías principales identificadas en el ciclo de inventario anterior.

La construcción es una de las actividades más relevantes para la economía del país y ha sido un motor productivo que ha mantenido un dinamismo notable durante la última década. A partir de 2014, este sector se posicionó como la segunda actividad de mayor contribución al valor agregado en el Producto Interno Bruto (PIB), alcanzando un impresionante 14.9% en 2016, según datos publicados por el INEC. La producción de materiales de construcción, como el concreto premezclado y el cemento, sirve como

indicador de la demanda de materiales generada por proyectos de obra pública y privada. Por lo general, períodos con fuertes inversiones en obras de infraestructura y megaproyectos se traducen en fuertes incrementos de la producción de materiales de construcción (MEF, 2017).

Durante el tercer trimestre de 2021, el sector de la construcción tanto para mercados como para uso propio contribuyó significativamente al valor agregado en el PIB, experimentando un aumento respecto al mismo período en 2020. Este incremento se atribuye principalmente a la flexibilización de las restricciones por COVID-19 durante el segundo y tercer trimestre, con medidas de seguridad sanitaria mínimas. Comparado con el trimestre anterior, el tercer trimestre mostró un crecimiento sólido pero moderado, reflejando la normalización gradual de la actividad económica tras la reactivación de la construcción en el tercer trimestre de 2020 (MEF, 2022).

En el sector privado, la intención de construcción (medida por los permisos de construcción aprobados) mostró un aumento del 40.1% en inversión y del 48.9% en metros cuadrados por construir. De enero a septiembre, la mayoría de la inversión se destinó a proyectos residenciales, con un crecimiento del 88.0%, mientras que el restante 26.0% se dirigió a la construcción de locales comerciales (MEF, 2022).

Entre los principales proyectos de inversión pública activos destacan la ampliación de la carretera Panamericana, tramo Puente de las Américas - Arraiján; la extensión de la línea 1 del metro de Panamá hasta Villa Zaita; la construcción del nuevo hospital de Almirante en Bocas del Toro; así como los proyectos de urbanización Isla Colón y Bastimento, también en Bocas del Toro, entre otros (MEF, 2022).

Por otra parte, varias disposiciones del Protocolo de Montreal han acelerado el proceso de eliminación del hidroc fluorocarbonos (HCFC), y las Partes han tomado medidas para proteger el ambiente al elegir sustitutos para estas SAO. Actualmente, como resultado de la reducción en el consumo de HCFC, se ha producido la introducción de sustitutos de las SAO en el país. En este sentido, los países han asumido la responsabilidad de buscar alternativas de bajo Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) o sustitutos que no contengan HFC.

En el sector de refrigeración y aire acondicionado, algunos de los sustitutos utilizados como reemplazos han sido el HFC-134a y las mezclas R-404A y R-410A, sustancias que no dañan la capa de ozono, pero que tienen un alto PCA. Además, en el sector del aire acondicionado móvil, los automóviles y otros vehículos pequeños usan HFC-134a como refrigerante. Recientemente fue incluido el HFC-365mfc en el sector de agentes espumantes reemplazando el uso de polioles premezclados que contienen HCFC-141b. Es importante señalar que Panamá no produce estas sustancias, por lo que su consumo depende de las importaciones. (MINSAs, 2022)

4.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI del sector IPPU de Panamá de 2021, por tipo de GEI (Tabla 4.1y Tabla 4.2) fueron 497.0 kt CO₂, 1105.7 kt CO₂ eq de HFC y 13.8 kt CO₂ eq de SF₆. Es importante destacar que los principales sustitutos de las SAO introducidos al país son mezclas cuya composición no incluye PFC. Más información y detalle sobre las emisiones de GEI se encuentra en las secciones específicas de cada categoría.

En cuanto a los gases precursores no fueron estimados por falta de capacidad técnica para aplicar la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 4.1

Sector IPPU: emisiones por GEI, categorías y subcategoría (kt) para 2021

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
2.	Procesos industriales y uso de productos	497.0	NA, NO	NA, NO	1,105.7	NO	13.8	NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.A.	Industria de los minerales	C							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.A.1.	Producción de cemento	C										NE
2.A.2.	Producción de cal	NO										
2.A.3.	Producción de vidrio	NO										
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos	NE							NE	NE	NE	NE
2.A.5.	Otros (especificar)	NO							NO	NO	NO	NO
2.B.	Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.1.	Producción de amoníaco	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2.B.2.	Producción de ácido nítrico			NO					NO			
2.B.3.	Producción de ácido adípico	NO		NO					NO	NO	NO	
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NO		NO							NO	NO
2.B.5.	Producción de carburo	NO	NO						NO	NO	NO	NO
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio	NO										
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa	NO										
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo	NO	NO						NO	NO	NO	NO
2.B.9.	Producción fluoroquímica				NO	NO	NO	NO				
2.B.10.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2.C.	Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.1.	Producción de hierro y acero	NO	NO						NO	NO	NO	NO
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	NO	NO						NO	NO	NO	NO
2.C.3.	Producción de aluminio	NO				NO	NO		NO	NO	NO	NO
2.C.4.	Producción de magnesio	NO			NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO
2.C.5.	Producción de plomo	NO										NO
2.C.6.	Producción de cinc	NO										NO
2.C.7.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	3.3	NA, NE	NA, NE					NO	NO	NE, NO	NO
2.D.1.	Uso de lubricantes	2.8							NO	NO	NE	NO
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	0.6	NA	NA					NO	NO	NE	NO
2.D.3.	Uso de solventes	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2.D.4.	Otros (especificar)	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
2.E.	Industria electrónica				NO	NO	NO	NO				
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores				NO	NO	NO	NO				
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT				NO	NO	NO	NO				
2.E.3.	Células fotovoltaicas				NO	NO	NO	NO				
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica				NO	NO	NO	NO				

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
2.E.5.	Otros (especificar)				NO	NO	NO	NO				
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				1,105.7	NO	NA	NO				
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado				1,074.8	NO	NA	NO				
2.F.2.	Agentes espumantes				30.9	NO	NA	NO				
2.F.3.	Protección contra incendios				0.1	NO	NA	NO				
2.F.4.	Aerosoles				NE	NO	NA	NO				
2.F.5.	Solventes				NE	NO	NA	NO				
2.F.6.	Otras aplicaciones				NO	NO	NA	NO				
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO, NE	NO	NO, NE	13.8	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.1.	Equipos eléctricos				NO	NO	13.8	NO				
2.G.2.	SF ₆ y PFC de otros usos de productos					NE	NE					
2.G.3.	N ₂ O de usos de productos			NE								
2.G.4.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: C = confidencial; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla 4.2

Sector IPPU: emisiones de HFC, categorías y sustancia (kt) para 2021

Código	Categorías de fuente de GEI	HFC						
		HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-143a	HFC-227ea	HFC-365mf
2.	Procesos industriales y uso de productos	346.1	0.0	53.9	413.0	261.8	7.4	23.5
2.A.	Industria de los minerales							
2.A.1.	Producción de cemento							
2.A.2.	Producción de cal							
2.A.3.	Producción de vidrio							
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos							
2.A.5.	Otros (especificar)							
2.B.	Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.1.	Producción de amoníaco							
2.B.2.	Producción de ácido nítrico							
2.B.3.	Producción de ácido adípico							
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico							
2.B.5.	Producción de carburo							
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio							
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa							
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo							
2.B.9.	Producción fluoroquímica	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10.	Otros (especificar)							
2.C.	Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.1.	Producción de hierro y acero							
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones							
2.C.3.	Producción de aluminio							
2.C.4.	Producción de magnesio	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.5.	Producción de plomo							
2.C.6.	Producción de cinc							
2.C.7.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes							
2.D.1.	Uso de lubricantes							
2.D.2.	Uso de la cera de parafina							
2.D.3.	Otros (especificar)							
2.E.	Industria electrónica	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.3.	Células fotovoltaicas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.5.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO	346.1	0.0	53.9	413.0	261.8	7.37	23.5
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	346.1	0.0	53.9	413.0	261.8	NO	NO
2.F.2.	Agentes espumantes	NO	NO	NO	NO	NO	7.37	23.5

Código	Categorías de fuente de GEI	HFC						
		HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-143a	HFC-227ea	HFC-365mf
2.F.3.	Protección contra incendios	NO	NO	NO	NO	NO	0.0	NO
2.F.4.	Aerosoles	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NO
2.F.5.	Solventes	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NO
2.F.6.	Otras aplicaciones	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.1.	Equipos eléctricos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.2.	SF ₆ y PFC de otros usos de productos							
2.G.3.	N ₂ O de usos de productos							
2.G.4.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: NE = no estimado; NO = no ocurre.

Los números 0.0 corresponden a valores inferiores a 0.01 kt

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El sector IPPU representó un 3.4 % del balance nacional en 2021 (7.9 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,616.5kt CO₂ eq, incrementándose en un importante 403.2 % desde 2000 y en un 9.7 % desde 2019 (Tabla 4.3). La Figura 4.1 muestra una disminución en las emisiones entre 2001 y 2002, atribuido a la salida del mercado de uno de los principales productores de clínker. Por otro lado, el crecimiento sostenido a partir de 2009 se debe principalmente al auge en la construcción de grandes proyectos de infraestructura, como la Cinta Costera, Línea 1 del Metro de Panamá, Panamá Pacífico y la Ampliación del Canal. No obstante, en 2014, con la culminación de algunas de estas obras, el crecimiento del sector se moderó. La reducción de las emisiones en 2019 podría estar vinculada al cambio de gobierno, un período en el que muchos proyectos de inversión pública son concluidos.

En 2020, se registró una notable disminución en las emisiones de GEI debido al COVID-19, según la Cámara Panameña de la Construcción (CAPAC) durante la pandemia el sector de la construcción fue uno de los más afectados por diferentes motivos, entre los principales está la extensa suspensión de las obras, la caída de ventas inmobiliarias, la falta de materiales en el mercado y su posterior incremento en precios, contribuyendo a una caída de -47.6% (CAPAC, 2024).

La salida de los HCFC del mercado por el cumplimiento del Protocolo de Montreal, a partir de 2012 reporta el ingreso significativo de HFC como sustitutos de las SAO. Por último, el brusco aumento de las emisiones de HFC entre 2017 y 2021 se debe a que se ha registrado una alta importación de estos y se prevé que sigan en aumento ante su regulación y calendario de reducción gradual establecido por la Enmienda de Kigali.

Con respecto a las categorías que forman parte del sector, en 2021, un 68.4 % corresponde al *uso de productos sustitutos de las SAO*, un 30.5 % a *industria de los minerales*, un 0.9 % a *manufactura y utilización de otros productos*, y un 0.2 % corresponde a *productos no energéticos de combustibles y uso de solventes* (Tabla 4.3 y Figura 4.1). Esto demuestra la importancia que tienen los GEI fluorados como los HFC con alto PCA.

Tabla 4.3

Sector IPPU: emisiones totales por subcategorías (kt CO₂ eq)

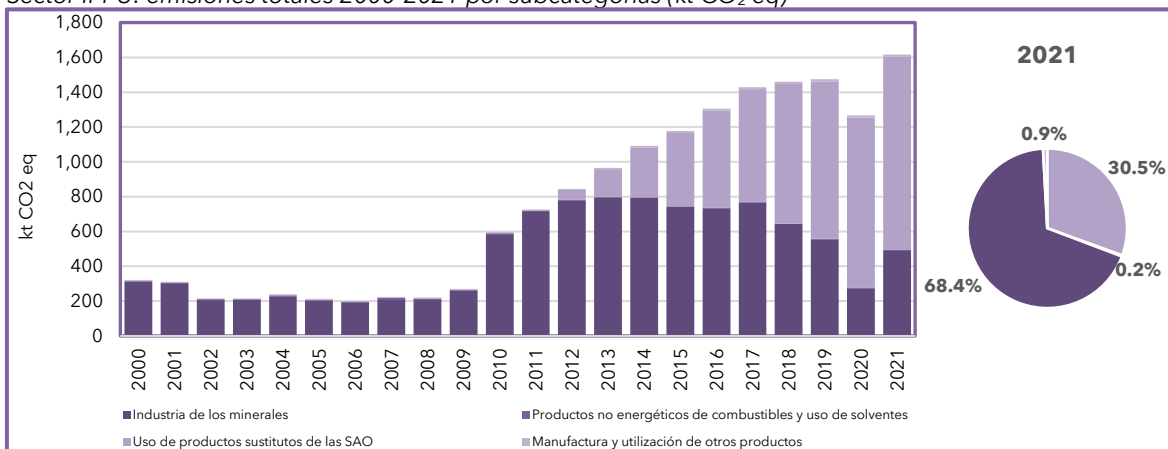
Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
2.A. Industria de los minerales	312.3	584.5	796.2	766.7	555.4	273.6	493.6
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	4.7	4.8	2.8	3.1	3.1	2.5	3.3
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	NE	NE	158.9	647.4	902.2	976.9	1,105.7
2.G Manufactura y utilización de otros productos	4.2	6.4	8.0	10.8	13.3	13.6	13.8
Total	321.3	595.6	965.9	1,428.1	1,474.1	1,266.5	1,616.5

Nota: NE = no estimada.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 4.1

Sector IPPU: emisiones totales 2000-2021 por subcategorías (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Las emisiones del sector IPPU por tipo de GEI, en el 2021, estuvieron representadas por un 68.4 % de HFC, un 30.7 % de CO₂ y un 0.9% de SF₆, siendo este último reportado por primera vez. (Tabla 4.4 y Figura 4.2). Se destaca el importante incremento de los HFC desde su registro significativo en 2012, debido principalmente al ingreso gases fluorados como sustitutos de las SAO para la subcategoría de *refrigeración y aire acondicionado*. Por otra parte, el NF₃ no ocurre en el país. Respecto al N₂O utilizados en las aplicaciones médicas y los sopletes empleados en la joyería; y los PFC utilizados en cosméticos y en aplicaciones médicas no se estimaron por falta de datos de actividad. Asimismo, los gases precursores no se estimaron, ya que no se ha desarrollado la capacidad técnica para aplicar la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 4.4

Sector IPPU: emisiones totales 2000-2021 por GEI (kt CO₂ eq)

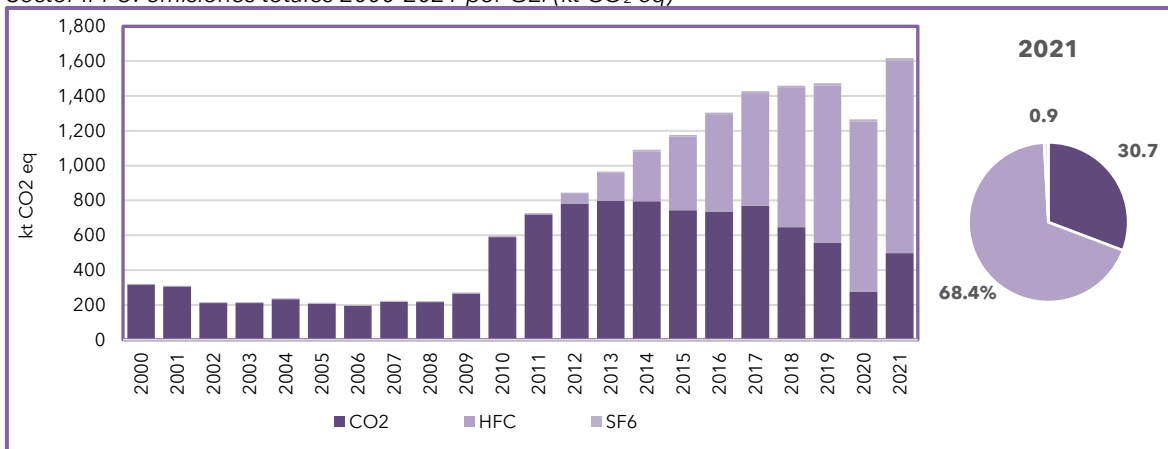
GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	317.0	589.3	799.0	769.8	558.6	276.1	497.0
HFC	NE	NE	158.9	647.4	902.2	976.9	1,105.7
SF ₆	4.2	6.4	8.0	10.8	13.3	13.6	13.8
TOTAL	321.3	595.6	965.9	1,428.1	1,474.1	1,266.5	1,616.5

Nota: NE = no estimada.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 4.2

Sector IPPU: emisiones totales 2000-2021 por GEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los hidrofluorocarbonos (HFC) pueden ingresar al país como sustancias puras o mezclas los cuales poseen a menudo una composición compleja. Panamá no produce sustancias alternativas a las SAO, por lo que el país depende de las importaciones para satisfacer esta demanda. Una consecuencia notable de la reducción del consumo de HCFC ha sido la introducción de estos HFC en el sector de refrigeración y aire acondicionado, algunos de los sustitutos utilizados como reemplazos han sido el HFC-134a y el HFC-125, así como al HFC-227ea en el sector de extintores de incendios y recientemente el HFC-365mfc en el sector de agentes espumantes reemplazando el uso de polioles premezclados que contienen HCFC-141b en cumplimiento con lo que establece el calendario de eliminación gradual de consumo de HCFC. En la sección 4.7 se encontrará información detallada sobre estos gases.

4.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para la estimación de emisiones del sector se han utilizado las *Directrices del IPCC de 2006*. En la Tabla 4.6 se resumen las metodologías aplicadas para cada una de las subcategorías reportadas.

Para la estimación de emisiones del sector se han utilizado estadísticas nacionales que incluyen estudios levantados e información suministrada por el sector privado. En los casos en que fue necesario convertir unidades, se han utilizado datos de conversión del Manual de Estadística de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el Artículo 7: instrucciones y directrices para la presentación de datos de la Secretaría de Ozono en concordancia con lo acordado en la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal para reducir los HFC. En la siguiente tabla se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 4.5

Sector IPPU: fuente de datos de actividad para estimación de emisiones 2000-2021

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS		
2.A Industria de los Minerales	2.A.1 Producción de cemento	Estadísticas de producción proporcionadas directamente por las industrias cementeras e industrias productoras de vidrio entre 2009 y 2013. del país.
	2.A.3 Producción de vidrio	
2.D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	2.D.1 Uso de lubricantes	Estadísticas de la DNH: utilizada para desagregar los consumos de combustible no energético incluidos de manera agregada en el Balance Nacional de Energía (BEN).
	2.D.2 Uso de la cera de parafina	Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC): importación a la República de Panamá, de parafina, según descripción arancelaria y país de origen.
2.F Uso de productos sustitutos de las SAO	2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021. Ministerio de Salud (MINSAL) – Unidad Nacional de Ozono (UNO)
	2.F.2 Agentes espumantes	
	2.F.3 Producción contra incendios	
2.G Manufactura y utilización de otros productos	2.G.1 Equipos eléctricos	Información levantada por MiAMBIENTE y Autoridad de los Servicios Públicos (ASEP) en conjunto con las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras de energía en Panamá.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los datos de actividad para la categoría 2.F *Uso de productos sustitutos de las SAO* fueron desagregados por uso estimado y específicamente las mezclas por contenido de HFC de acuerdo con lo señalado en las *Directrices del IPCC de 2006*. Esta información es levantada por la Unidad de Ozono del Ministerio de Salud para el Estudio de Alternativas de las SAO con base en información suministrada por la Autoridad Nacional de Aduanas (ANA).

En el sector IPPU los datos de actividad provienen directamente de la producción de industrias o consumo de productos que genera emisiones de GEI. La fuente de los datos de actividad incluye tanto al sector público como al sector privado. De manera general se utilizan toneladas de sustancia producida o utilizada. En el caso de los factores de emisión, se utilizaron valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. El detalle de los datos de actividad y factores de emisión utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada categoría.

El cálculo de las emisiones de GEI del sector IPPU se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo técnico de IPPU basado en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*. Adicionalmente, se utilizó el Software del IPCC, a manera de verificación cruzada.

En la Tabla 4.6 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 4.6

Sector IPPU: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆		NF ₃	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2. IPPU	T2, T1, C, NE, NO	D, C, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO, NE	NA, NO, NE	T1a, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NO	NO
2.A. Industria de los minerales	T1, T2, C, NE, NO	C, NE, NO												
2.B. Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, T2	D	NA	NA	NA	NA								
2.E. Industria electrónica							NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO							T1a, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO	NA	NA	NO	NO
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO, NE	NO, NE	NO	NO	NO, NE	NO, NE	T1, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO
2.H. Otros (especificar)	NE	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; T1a = método de Nivel 1a; T2 = método de Nivel 2; C = confidencial; D = valor por defecto; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.2. Industria de los minerales (CRT 2.A)

4.2.1. Descripción de la categoría

Esta categoría abarca la estimación de emisiones de CO₂ relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales. En esta sección se consideran las emisiones relacionadas con procesos, las emisiones de estas industrias que estén relacionadas con la energía deben contabilizarse en el sector Energía (IPCC, 2006).

Las emisiones de esta categoría están asociadas a la *producción de cemento, producción de cal y producción de vidrio*. Además de estas categorías, también se consideran las emisiones provenientes del consumo de carbonatos en una variedad de otras industrias de los minerales, incluidas las cerámicas, los usos de la ceniza de sosa y el consumo de carbonatos en la producción de magnesita no metalúrgica.

En el contexto nacional, esta categoría abarca las emisiones derivadas de la *producción de cemento*, y por primera vez se incorporará la *producción de vidrio*. Las emisiones derivadas de *otros usos de carbonatos en los procesos*, específicamente vinculadas a la producción de cerámicos en el país, no se reportan por falta de datos de actividad, la cual se lleva a cabo de manera artesanal. Como se menciona en el INGEI anterior, la producción de cal, como subcategoría de la *industria de minerales*, no se reporta. Esto se debe a que, como parte de los esfuerzos de mejora del inventario, el Equipo Técnico de Inventario Sectorial (ETIS) de IPPU visitó la planta identificada y confirmó que el proceso llevado a cabo es de trituración de caliza y no de calcinación, el cual es el proceso asociado con las emisiones de GEI en esta categoría. Es importante señalar que no se descarta la posibilidad de la existencia de la industria de producción de cal en el pasado.

4.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 493.6 kt CO₂ eq (30.5 % del total del sector IPPU), incrementándose en un 58.1 % desde 2000 y reduciéndose en un 11.1% desde 2019 (Tabla 4.3 y Figura 4.1). Esta tendencia tiene directa relación con la ejecución de proyectos de infraestructura pública. Normalmente un periodo con fuertes inversiones en obras de infraestructura se traduce en fuertes incrementos de la producción de materiales de construcción, principalmente cemento y por ende mayor producción de clínker. Respecto al aumento de la tendencia a partir de 2009, esto es atribuido al desarrollo de los megaproyectos de la ampliación del Canal de Panamá, la Cinta Costera, la de construcción del Metro de Panamá y Panamá Pacífico que luego disminuye a partir de 2014 con la culminación de estos; sin embargo, con la construcción de nuevos proyectos como la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de Tocumen y el Puente Atlántico vuelve a aumentar en 2017. La reducción de las emisiones en 2019 podría estar vinculada al cambio de gobierno, un período en el que muchos proyectos de inversión pública son concluidos.

Durante el período 2010-2013, además de los proyectos de infraestructura pública, se observó un notable incremento en la construcción no residencial, especialmente en el año 2012 en los distritos de Arraiján y La Chorrera de la provincia de Panamá Oeste. Este auge en la construcción contribuyó significativamente a la producción de materiales como el cemento. (MEF, 2017)

En 2020 se registró una notable disminución en las emisiones de GEI debido a la pandemia COVID-19, según la CAPAC durante la pandemia el sector de la construcción fue uno de los más afectados por diferentes motivos, entre los principales está la extensa suspensión de las obras, la caída de ventas inmobiliarias, la falta de materiales en el mercado y su posterior incremento en precios, contribuyendo a una caída de -47.6% (CAPAC, 2024).

Durante el tercer trimestre de 2021, el sector de la construcción experimentó un aumento significativo en el valor agregado al PIB, impulsado por la flexibilización de las restricciones por COVID-19. En el sector privado, la inversión en construcción mostró un crecimiento importante, con un aumento del 40.1% en inversión y un 48.9% en metros cuadrados por construir. La mayoría de esta inversión se dirigió a proyectos residenciales. En el sector público, se destacan importantes proyectos de inversión pública como la ampliación de la carretera Panamericana, tramo Puente de las Américas - Arraján; la extensión de la línea 1 del metro de Panamá hasta Villa Zaita; la construcción del nuevo hospital de Almirante en Bocas del Toro; así como los proyectos de urbanización Isla Colón y Bastimento, también en Bocas del Toro, entre otros (MEF, 2022).

4.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la subcategoría 2.A.1 *Producción de cemento* se aplicó el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006*, utilizando datos de actividad provenientes de las industrias productoras de clínker y factores de emisión por defecto. Para la subcategoría 2.A.3 *Producción de vidrio* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, utilizando datos de actividad provenientes de las industrias productoras de vidrio del país y factores de emisión por defecto. Las categorías no estimadas han sido por falta de datos de actividad. En la Tabla 4.7 se presentan los métodos aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 4.7

Industria de los minerales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI

Categorías de fuente de GEI	CO ₂	
	Método aplicado	Factor de emisión
2.A. Industria de los minerales	T1, T2, C, NE, NO	D, C, NE, NO
2.A.1. Producción de cemento	T2, C	C
2.A.2. Producción de cal	NE	NE
2.A.3. Producción de vidrio	T1	D
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	NE	NE
2.A.5. Otros (especificar)	NO	NO

Nota: T2 = método de Nivel 2; C = confidencial; D = valor por defecto; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Actualmente, Panamá cuenta con una única planta productora de clínker. Para este INGEI se tuvo acceso a los datos de producción y parámetros de fabricación de las plantas a través de encuestas directas a las empresas productoras de cemento del país. De manera que las emisiones reportadas corresponden únicamente a dos plantas, por lo que las estimaciones y aspectos metodológicos de esta subcategoría serán tratadas como información confidencial (C), ateniéndose a lo establecido en el Título VI, Capítulo II de la Ley No. 10 de 22 de enero de 2008 que reglamenta el de secreto estadístico y dicta en su artículo 54 que *“La información estadística no puede ni debe vulnerar el derecho a la intimidad de las personas naturales o jurídicas. Solo se podrán difundir o suministrar datos que correspondan a la información agrupada de, por lo menos, tres personas naturales o jurídicas, salvo que se cuente con la autorización escrita de los informantes”*.

4.2.4. Producción de cemento

En esta subcategoría las emisiones de CO₂ se producen durante el proceso de producción de clínker. Las emisiones se estimaron aplicando el Nivel 2 de las *Directrices del IPCC 2006*. Este enfoque implica estimar las emisiones directamente de los datos sobre la producción de clínker (en vez de estimarse de la producción de clínker inferida de la producción de cemento) y de un factor de emisión, ya sea nacional o por defecto. Adicionalmente, se debe incluir una corrección para el polvo de horno de cemento (CKD) y una corrección aditiva para las emisiones asociadas con el CKD que no es reciclado hacia el horno como se muestra en la Ecuación 4.1. Se consideró el árbol de decisión para determinar el nivel a utilizar, lo que sugirió el uso de un nivel superior en el caso de producción de cemento por ser categoría principal, sin embargo, no se dispone de información sobre el contenido de carbonatos utilizados en el proceso de producción de clínker ni factores de emisión país específico para aplicar dicho nivel en este ciclo de inventario.

Ecuación 4.1

Emisiones basadas en los datos sobre producción de clínker

$$Emisiones\ de\ CO_2 = M_{cl} \times EF_{cl} \times CF_{ckd}$$

Fuente: Ecuación 2.2, Capítulo 2, Volumen 3, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cemento, toneladas
- M_{cl} = peso (masa) de clínker producido, toneladas
- EF_{cl} = factor de emisión para el clínker, toneladas de CO₂/toneladas de clínker
- CF_{ckd} = factor de corrección para las emisiones de CKD, sin dimensión

4.2.4.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de esta categoría se detallan en la Tabla 4.5 y son específicos y desagregados del país. Estos fueron proporcionados directamente las industrias productoras de clínker en el territorio nacional, sin embargo, conforme se explicó en la sección 4.2.3, estos datos serán tratados como confidenciales.

Los datos provienen directamente de las plantas cementeras del territorio nacional que producen clínker durante el período temporal analizado en este INGEI. Se cuenta con datos de actividad de producción de clínker suministrado por aquellos productores de cemento responsables de producir clínker desde el 2000, entre los que se incluyen Cemex Panamá y Argos antes conocido como Cemento Panamá. Los proveedores datos de producción de clínker afirman que estos se obtuvieron mediante el cálculo de la materia prima que ingresa al proceso.

4.2.4.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de esta categoría el factor de emisión utilizado será tratado como confidencial (C).

4.2.4.3. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

4.2.4.4. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre combinada de la subcategoría de fuente de GEI de *producción de cemento* es de $\pm 36.1\%$ (Tabla 4.9). Pese a que los aspectos metodológicos de esta subcategoría son tratados como confidenciales, la incertidumbre de esta categoría está directamente relacionada con los factores de emisión utilizados en el proceso de estimación. En las siguientes tablas, se muestran los supuestos tomados en consideración para calcular la incertidumbre de la subcategoría.

Tabla 4.8

Producción de cemento: cálculo de incertidumbre de la subcategoría (%).

IPCC Categoría	GEI	Atribución	Incertidumbre DA	Incertidumbre FE
2.A.1 Producción de cemento	CO ₂	65% CaO (Cal) en clínker	NA	8.0%
	CO ₂	100% CaO proviene de CaO ₃	NA	3.0%
	CO ₂	2% de factor CKD	NA	35.0%
	CO ₂	100 calcinación del carbonato	1.0%	NA
	CO ₂	pesaje de producción de clínker	2.0%	NA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 4.9

Producción de cemento: incertidumbre combinada (%).

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ($\pm\%$)	Incertidumbre de los factores de emisión ($\pm\%$)	Incertidumbre combinada ($\pm\%$)
2.A.1 Producción de cemento	CO ₂	2.2%	36.1%	36.1%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para toda la serie de la *producción de cemento* (2000 - 2021) se utilizó la fuente de datos obtenida, a través de encuestas directas a las empresas productoras de cemento del país.

4.2.4.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Durante el desarrollo del inventario del sector IPPU, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

Actividades específicas de garantía de la calidad

Las fuentes de información de esta categoría son directamente las empresas productoras, por lo que una vez el Equipo técnico de IPPU comienza el tratamiento de datos, realiza un análisis y se retroalimenta información con el personal técnico de dichas empresas. Los proveedores de datos de producción de clínker aseguran que estos datos se derivan del cálculo de las materias primas que ingresan al proceso. Este proceso implica una cuidadosa evaluación de cada componente utilizado en la producción, desde la selección de la materia prima hasta su transformación en el producto final. La precisión en este cálculo es fundamental para garantizar la calidad del clínker producido, así como para optimizar los recursos y minimizar los residuos. Adicionalmente, valida la información proporcionada por las industrias cementeras con la reportado por el INEC con respecto a la producción de cemento.

Actividades específicas de control de la calidad

Los datos recibidos para la categoría de *producción de cemento* fueron ingresados a plantillas de datos de actividad que en conjunto con las plantillas de factores de emisión fueron vinculadas automáticamente en las hojas de trabajo elaboradas por el Equipo técnico de IPPU para evitar errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las

estimaciones, se realizó un control y comparación de estas utilizando el *Software del IPCC* y en donde no debieron obtenerse diferencias.

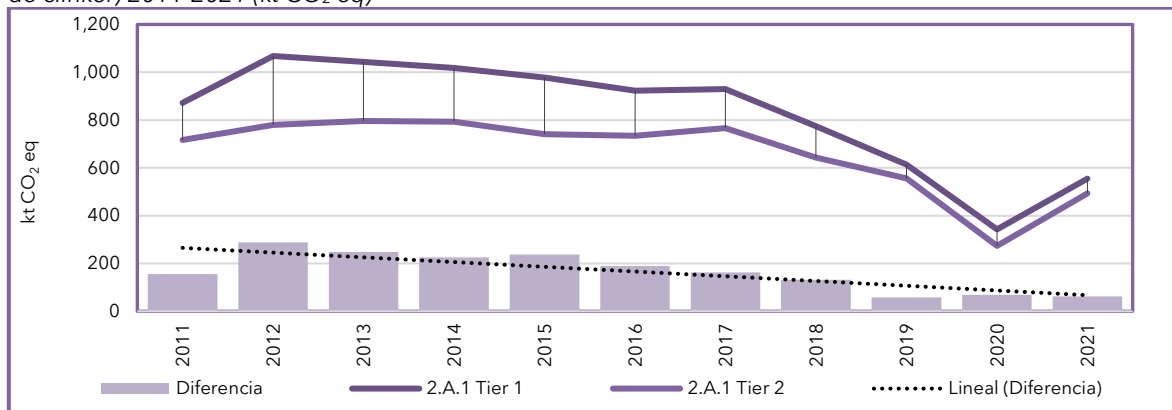
Como parte de los procesos de control de calidad, se remitió el informe a los actores clave de la subcategoría, en concreto a CEMEX, con el fin de validarla y recibir retroalimentación de expertos del sector sobre la información proporcionada.

Actividades específicas de verificación

En el caso específico de la producción de cemento, se han solicitado los datos de actividad al INEC para el período comprendido desde 2011. Estos datos se derivan del estudio de los principales indicadores económicos mensuales en la República de Panamá durante el período 2000-2021. Es importante señalar que la información anterior a febrero de 2011 no pudo obtenerse debido a la confidencialidad de los datos. En ese momento, menos de tres empresas estaban involucradas en esta actividad, la cual está regulada por la Ley 10 del 22 de enero de 2008, Título VI, Capítulo II, artículo 54 mencionada anteriormente. Con estos, utilizando la metodología nivel 1 que dicta las *Directrices del IPCC 2006* y factores de emisión por defecto se realizaron las estimaciones de las emisiones de GEI para compararlas con las emisiones estimadas para la producción de clínker. Como se muestra en la Figura 3.4 la tendencia de las emisiones de cemento es muy parecida a la tendencia de las emisiones por producción de clínker.

Figura 3.4

Comparación de emisiones de CO₂: diferencia entre nivel 1 (producción de cemento) vs Nivel 2 (Producción de clínker) 2011-2021 (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.2.5. Producción de vidrio

En esta subcategoría las emisiones de CO₂ se producen durante la fundición de la piedra caliza (CaCO₃), dolomita Ca, Mg (CO₃)₂ y la ceniza de sosa (Na₂CO₃). Estos materiales, se extraen como carbonatos minerales para ser utilizados en la industria del vidrio. Las emisiones se estimaron aplicando la metodología Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* como resultado de las consideraciones del árbol de decisión. Este enfoque implica estimar las emisiones a partir de los datos de producción de vidrio en toneladas y utilizando un factor de emisión por defecto. Además, se debe considerar la proporción de cullet aplicada en el proceso, ya sea específica del país o un valor predeterminado. Este *cullet* puede provenir de dos fuentes principales: la recuperación de vidrios rotos durante el proceso o de otros residuos y retenciones de vidrio, así como del cullet externo a la planta, obtenido a través de programas de reciclaje de vidrio o servicios de intermediación de cullet como se muestra en la Ecuación 4.2. (IPCC, 2006).

Ecuación 4.2

Emissiones basadas en los datos sobre producción de clínker

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

Fuente: Ecuación 2.10, Capítulo 2, Volumen 3, Directrices del IPCC del 2006.

Donde:

- Emissiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de vidrio, toneladas
- M_g = masa del vidrio producida, toneladas
- EF = factor de emisión por defecto para la fabricación del vidrio, toneladas de CO₂/toneladas de vidrio
- CR = proporción de cullet para el proceso (promedio nacional o valor por defecto), fracción

4.2.5.1. Tendencia de los GEI de la subcategoría

La producción de vidrio en Panamá, según la información proporcionada por la industria vidriera nacional, abarcó el período de 2006 a 2013. A la fecha de publicación de este inventario, no se ha establecido el año de inauguración de la planta de producción de vidrio en Panamá. Sin embargo, se anticipa que esta tuvo lugar antes de 2006. De este modo, para próximos inventarios se espera obtener esta información para aplicar técnicas de empalme y generar datos desde el año de inicio de operaciones de la planta.

En 2013, último año registrado de producción de vidrio en Panamá, las emisiones de gases de efecto invernadero alcanzaron 5.0 kt CO₂ eq, lo que representó un aumento del 19.7 % desde 2006 y una disminución del 28.6 % desde 2010. La principal causante de la tendencia y las variaciones entre años pueden atribuirse a la naturaleza cíclica de la demanda de botellas retornables en el país. Esto se explica por la forma en que se provee de envases de vidrio, los cuales son almacenados y luego reintegrados al proceso productivo mediante el reciclaje. (Tabla 4.10 y Figura 4.4.)

Tabla 4.10

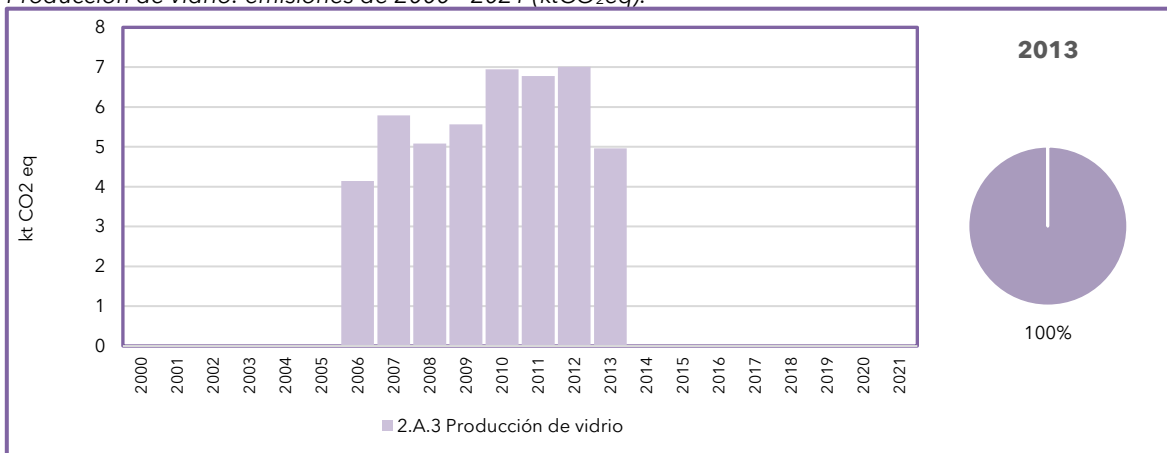
Producción de vidrio: emisiones totales 2006-2013 (kt CO₂ eq)

Desagregación	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.A.3 Producción de vidrio	4.1	5.8	5.1	5.6	6.9	6.8	7.0	5.0
TOTAL	4.1	5.8	5.1	5.6	6.9	6.8	7.0	5.0

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 4.4.

Producción de vidrio: emisiones de 2000 - 2021 (ktCO₂eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.2.5.2. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de esta categoría se detallan en la Tabla 4.5 y son específicos y desagregados del país. Estos datos fueron proporcionados directamente por las industrias productoras de vidrio, sin embargo, conforme se explicó en la sección 4.2.3, estos datos serán tratados como confidenciales (C).

Los datos fueron proporcionados directamente por las industrias vidrieras en el territorio nacional durante la serie temporal de este INGEI. Se cuenta con datos de actividad de la masa de vidrio producida en toneladas suministrado por la empresa única empresa productora de vidrio identificada en el país.

Como se mencionó anteriormente, para esta serie temporal, solo se dispone de información para el periodo comprendido entre 2006 y 2013. Esto se debe a los siguientes motivos:

- En 2006, la empresa productora de vidrio adquirió la planta de Vidrios Panameños S.A. (VIPASA), la cual era la responsable original de la producción de vidrio en Panamá. En consecuencia, no se dispone de información ni datos estadísticos anteriores a esa fecha.
- El horno de producción de vidrio en Panamá cerró en 2013. En la actualidad no existe producción local de envases de vidrio, el 100% es importado principalmente de Costa Rica, donde es producido por la empresa. (Cervantes V. & Rodríguez A., 2020). Desde entonces, la actividad se lleva a cabo mediante la recuperación de envases y botellas para su reciclaje, a través de empresas recolectoras encargadas de preparar el vidrio para su posterior exportación a Costa Rica. En Costa Rica, existe una planta de manufactura donde este vidrio reciclado es reintegrado como materia prima para la fabricación de nuevos envases, lo cual reduce significativamente la necesidad de materia prima virgen y el consumo de energía en el proceso.

Frecuentemente, los fabricantes de vidrio no producen vidrio solo a partir de materias primas, sino que algunos emplean una cierta cantidad de vidrio reciclado o *cullet*. Para el presente INGEI se aplicó una proporción de *cullet* por defecto del 50% a las estadísticas nacionales sobre producción de vidrio, debido a la falta de información país específica. El *cullet* generalmente proviene de dos fuentes: la recuperación in situ de vidrios rotos en el proceso u otros desperdicios o retenciones del vidrio, y *cullet* exterior a la planta, proveniente de los programas de reciclaje del vidrio o de los servicios de corretaje del *cullet* (IPCC, 2006).

4.2.5.3. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión aplicados a esta subcategoría son por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* y se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.11

Producción de vidrio: factores de emisión aplicados

Nombre	Notación	Tipo	Valor	Unidad
Factor de emisión para la producción de vidrio	EF	Por defecto	0.2	(ton de CO ₂ / ton de vidrio)

Fuente: Sección 2.4.1.2, Capítulo 2, Volumen 3, Directrices del IPCC de 2006.

La estimación de las emisiones por *producción de vidrio* se realiza mediante el uso de factores de emisión por defecto para la metodología nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* a falta de factores de emisión país específico. Como se muestra en la Tabla 4.11, se aplica un factor de emisión basado en una mezcla (típica) de materias primas, a los datos de producción nacional de vidrio. Un lote de cal sodada puede estar compuesto de arena, feldespato, dolomita, piedra caliza y ceniza de sosa. Con base en esta composición, una tonelada métrica de materia prima rinde aproximadamente 0.84 toneladas de vidrio y pierde 16.7% de su peso en materias volátiles, en forma de CO₂ (Ver Ecuación 4.3).

Ecuación 4.3

Factor de emisión por defecto para la producción de vidrio

$$\text{Factor de emisión} = 0167/0.84 = 0.20 \text{ tonCO}_2/\text{ton de vidrio.}$$

Fuente: Ecuación 2.13, Capítulo 2, Volumen 3, *Directrices del IPCC del 2006*.

4.2.5.4. Descripción de la flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

4.2.5.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre combinada de la subcategoría de fuente de GEI de *producción de vidrio* es de ±60.2 % (Tabla 4.13). La incertidumbre de esta categoría está directamente relacionada con los factores de emisión utilizados en el proceso de estimación. En la siguiente tabla, se muestran los supuestos tomados en consideración para calcular la incertidumbre de la subcategoría.

Tabla 4.12

Producción de vidrio: cálculo de incertidumbre de la subcategoría (%).

IPCC Categoría	GEI	Atribución	Incertidumbre DA	Incertidumbre FE
2.A.3 Producción de vidrio	CO ₂	La incertidumbre asociada al uso del factor de emisión y de la proporción de cullet del Nivel 1 es sustancialmente superior y puede alcanzar el orden de un +/- 60 por ciento.	NA	60.0%
	CO ₂	Datos de producción de vidrio	2.5%	NA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 4.13

Producción de vidrio: incertidumbre combinada (%).

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
2.A.3 Producción de vidrio	CO ₂	5.0%	60.0%	60.2%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.2.5.6. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Actividades específicas de garantía de la calidad

Las fuentes de información de esta categoría son directamente las empresas productoras, por lo que una vez el Equipo técnico de IPPU comienza el tratamiento de datos, realiza un análisis y se retroalimenta información con el personal técnico de dichas empresas.

Actividades específicas de control de la calidad

Los datos recibidos para la categoría de *producción de vidrio* fueron ingresados a plantillas de datos de actividad que en conjunto con las plantillas de factores de emisión fueron vinculadas automáticamente en las hojas de trabajo elaboradas por el Equipo técnico de IPPU para evitar errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las estimaciones, se realizó un control y comparación de estas utilizando el *Software del IPCC* y en donde no debieron obtenerse diferencias.

Actividades específicas de verificación

Dado que no se cuenta con información adicional, no se realizaron actividades de verificación específicas para la subcategoría *producción de vidrio*.

4.2.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *industria de los minerales* para los años 2020 y 2021 debido a la disposición de nuevos datos de actividad para la *producción de cemento*. Adicional, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuesto y la misma data en comparación con el INGEI anterior. Por primera vez se logró reportar la subcategoría *producción de vidrio* para el periodo 2006 - 2013.

Tabla 4.14

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS			
2.A Industria de los minerales	Toma de Medidas para la Estimación de Emisiones de CO ₂ en Subcategorías 2.A.3 y 2.A.4. Se lograron implementar acciones para obtener los datos necesarios para estimar las emisiones de CO ₂ de la subcategoría 2.A.3 Producción de vidrio.	Exhaustividad	N/A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Estos nuevos cálculos no presentan una diferencia significativa en comparación con el INGEI previamente presentado.

Tabla 4.15

Comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anterior	312.3	577.6	791.2	766.7	555.4		
INGEI actual	312.3	584.5	796.2	766.7	555.4	273.6	493.6
Diferencia	0.0	6.9	5.0	0.0	0.0		
%	0.0%	1.2%	0.6%	0.0%	0.0%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.2.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

Tabla 4.16
Mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS				
2.A Industria de los minerales	Mejora en el Control de Calidad y la Captación de los datos en la industria del cemento	En abordaje	ALTA	Se contactará de manera formal para realizar la consulta pertinente sobre si se cuenta con un sistema de Gestión de Calidad/Control de Calidad que cumpla con los requisitos establecidos para el inventario.
2.A Industria de los minerales	Implementar acciones para obtener los datos necesarios para estimar las emisiones de la subcategoría 2. A.4	En abordaje	BAJA	Se encuentra en planificación realizar encuestas que proporcionen información sobre esta subcategoría
2.A Industria de los minerales	Planificar arreglos institucionales para establecer un sistema de transferencia de información con proveedores públicos y privados, con el objetivo de captar datos para elaborar los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).	En abordaje	BAJA	Se busca planificar esta mejora a mediano y largo plazo, considerando la confidencialidad de los datos, estableciendo acuerdos para proteger la información compartida, asegurando la integridad de los datos para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).
2.A Industria de los minerales	Analizar con la empresa productora la posibilidad de expandir los arreglos para obtener datos necesarios para la aplicación del método de Nivel 2 garantizándose que estos otros datos se mantendrán también con carácter confidencial.	En abordaje	ALTA	Se han realizado múltiples intentos con la empresa productora de clínker para obtener datos necesarios según el método de Nivel 2, pero la confidencialidad de los datos ha sido un obstáculo. Se busca colaborar para mejorar la metodología sin comprometer la confidencialidad.
2.A.1 Producción de cemento	Priorizar la verificación de si no existe o existió horno en la producción de cal del país. Si no existió horno reconsiderar las emisiones estimadas e informadas para esta subcategoría en el inventario que entonces no ocurrieron.	En abordaje	ALTA	Hasta la fecha solo se cuenta con la información de la posibilidad de existencia de esta actividad en el país. Se realizará la consulta al actor clave pertinente. De ser positiva, se harán los esfuerzos para futuros inventarios.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.2.8. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría:

Tabla 4.17
Industria de los minerales: sistema de archivo de la categoría

Elemento	Sistema de archivo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_01IP
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01IP 2024_FE_01IP
Hojas de trabajo	2024_HT_01IP
Incertidumbre	2024_INC_01IP
Anexos e información de respaldo	2024_ANX_02IP_2. A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.3. Industria química (CRT 2.B)

Esta categoría no ocurre en el país.

4.4. Industria de los metales (CRT 2.C)

Esta categoría no ocurre en el país.

4.5. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (CRT 2.D)

4.5.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO₂ generadas por el uso de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, a excepción de la combustión con fines energéticos, que se reporta en el sector Energía, y el uso como sustancia de alimentación a procesos o como un agente reductor (IPCC, 2006).

Las emisiones de esta categoría están asociadas al uso de lubricantes, ceras de parafina, el alquitrán o el asfalto y los solventes. Si bien los dos últimos no constituyen fuentes de emisiones de GEI, o son insignificantes; se incluyen, ya que, a veces constituyen fuentes sustanciales de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVDM) y de CO que llegan a oxidarse en la atmósfera, y producen CO₂.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones del *uso de lubricantes*, y por primera vez, las emisiones del *uso de la cera de parafina*. Al contrario de las emisiones de gases precursores de *alquitrán o el asfalto y los solventes* que no se estimaron por falta de capacidad técnica y tiempo para la aplicación de la metodología sugerida por las Directrices del IPCC de 2006.

4.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 3.3 kt CO₂ eq, reduciéndose en un 29.0 % desde 2000 y con leve incremento de un 6.7% desde 2019 (Tabla 4.18. y Figura 4.5). El consumo de combustibles No Energéticos en el país ha experimentado una tendencia divergente en los últimos años. No se puede determinar con certeza las causas de algunos picos y disminuciones de emisiones, los cuales podrían estar relacionados con fluctuaciones en la economía nacional. Sin embargo, el cierre de la única refinería de petróleo en 2002 puede explicar la drástica disminución de las emisiones en 2003. A partir de 2002, el tratamiento y manejo de la información mejoró significativamente. La mejora de la información se atribuye en gran medida al cierre de la refinería de petróleo mencionada, ya que, se supone que esta generaba una cantidad considerable de derivados pesados debido a su tecnología y características específicas.

Las emisiones en esta categoría han disminuido en comparación con informes anteriores, ya que se lograron desagregar los datos específicos para el uso no energético de combustibles, incluyendo lubricantes, grasas y asfalto. En consecuencia, se reveló que una gran parte del uso no energético estaba compuesta por el asfalto. Por otra parte, para esta categoría se están agregando las emisiones de los lubricantes utilizados en los motores de dos (2) tiempos (emisiones que deben ser reportadas en el sector energía), ya que, no se cuenta con la capacidad ni información suficiente para desagregar estos datos. Asimismo, se lograron recaudar los datos estadísticos para el reporte de las emisiones por el *uso de la cera de parafina* en el país por lo que es reportada por primera vez.

Tabla 4.18.

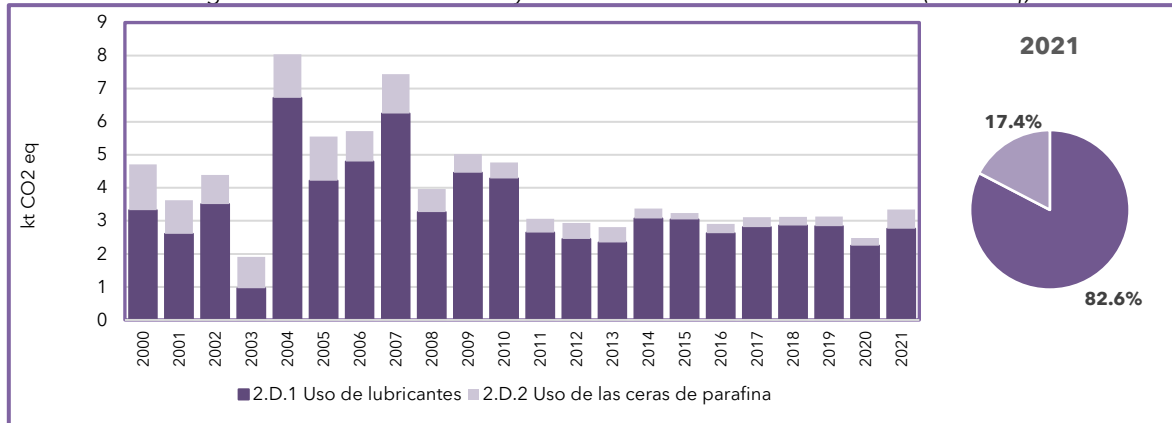
Productos no energéticos de los combustibles y solventes: emisiones de 2000-2021 (kt CO₂ eq).

Desagregación	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
2.D.1 Uso de lubricantes	3.3	4.3	2.3	2.8	2.8	2.2	2.8
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	1.4	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.6
TOTAL	4.7	4.8	2.8	3.1	3.1	2.5	3.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 4.5.

Productos no energéticos de los combustibles y solventes: emisiones de 2000-2021 (ktCO₂eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión, para la subcategoría 2.D.1 *Uso de lubricantes* se aplicó el método de Nivel 2 de las Directrices del IPCC de 2006, utilizando datos de actividad desagregados del país y factores de emisión por defecto, permitiendo la adopción de una metodología híbrida que no sobreestima las emisiones por incluir los asfaltos. Para este se requieren datos sobre las cantidades de los diferentes tipos de lubricantes, en combinación con los factores de emisión por defecto. Para la subcategoría 2.D.2 *Uso de la cera de parafina* se aplicó el método nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, utilizando datos de actividad específicos país y factores de emisión por defecto. Las subcategorías alquitrán, solventes y asfalto no se reportaron por falta de data estadística y capacidad técnica para aplicar la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*. En la Tabla 4.19. se presentan los métodos aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 4.19.

Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T2, T1, NE, NO	D, NA	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.D.1. Uso de lubricantes	T2	D				
2.D.2. Uso de la cera de parafina	T1	D	NA	NA	NA	NA
2.D.3. Otros (especificar)	NE	NA	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

La fuente de datos de actividad para la estimación de las emisiones de esta categoría fue proporcionada por la SNE y provienen de la DNH como se detalla en la Tabla 4.20 y Tabla 4.21.

4.5.4. Uso de lubricante

Los lubricantes se aplican principalmente en dos actividades las industriales y el transporte. Su producción se realiza en las refinerías, mediante la separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. Se pueden subdividir en: aceites para motores, aceites industriales y grasas. Estos se diferencian por sus características físicas como la viscosidad (IPCC, 2006).

Para la estimación de emisiones de uso de lubricantes se utilizaron datos detallados sobre las cantidades consumidas por tipo de uso de lubricante (en unidades de energía, p. ej., TJ) y factores de emisión por defecto referido a un factor de oxidación durante el uso (ODU) y el contenido de carbono de los lubricantes como se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación 4.4

Estimación de emisiones por el uso de lubricantes - método de Nivel 2

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \sum_i (LC_i \times CC_i \times ODU_i) \times 44/12$$

Fuente: Ecuación 5.2, Capítulo 5, Volumen 3, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- CO₂ Emisiones = emisiones de CO₂ generadas por los lubricantes, toneladas de CO₂
- LC_i = consumo de lubricante de tipo i, TJ
- CC_i = contenido de carbono del lubricante i, tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ)
- ODU_i = factor ODU del lubricante i, fracción
- 44/12 = cociente de masa del CO₂/C

4.5.4.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad son específicos y desagregados del país. Estos fueron proporcionados por la SNE y proceden de datos estadísticos de la Dirección Nacional de Hidrocarburos. Se facilitaron en barriles de petróleo (bep) y se convirtieron a unidades de energía (TJ) mediante el factor de conversión (TJ/Kbep) del Manual de Estadísticas Energéticas 2017 de la OLADE.

Tabla 4.20

Uso de lubricantes: datos de actividad 2000-2021

Año	Consumo de lubricantes (bep)	Consumo de lubricantes (Kbep)	Factor de Conversión OLADE (TJ/Kbep)	Consumo de lubricantes (TJ)
2000	38,413.0	38.41	5.81	223.18
2001	30,162.8	30.16	5.81	175.25
2002	40,520.3	40.52	5.81	235.42
2003	11,125.8	11.13	5.81	64.64
2004	77,831.3	77.83	5.81	452.20
2005	48,590.8	48.59	5.81	282.31
2006	55,371.1	55.37	5.81	321.71
2007	72,363.8	72.36	5.81	420.43
2008	37,690.8	37.69	5.81	218.98
2009	51,775.5	51.78	5.81	300.82
2010	49,687.7	49.69	5.81	288.69
2011	31,056.0	31.06	5.81	180.44
2012	28,741.5	28.74	5.81	166.99
2013	27,475.3	27.48	5.81	159.63
2014	35,982.3	35.98	5.81	209.06
2015	35,671.0	35.67	5.81	207.25
2016	30,786.8	30.79	5.81	178.87
2017	32,933.2	32.93	5.81	191.34
2018	33,502.1	33.50	5.81	194.65
2019	33,360.5	33.36	5.81	193.82
2020	26,330.3	26.33	5.81	152.98
2021	32,396.8	32.40	5.81	188.23

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla 4.21

Uso de grasas: datos de actividad 2000-2021

Año	Consumo de grasas (bep)	Consumo de grasas (Kbep)	Factor de Conversión IEA (TJ/Kbep)	Consumo de grasas (TJ)
2000	2,352.5	2.35	5.81	13.67
2001	1,798.5	1.80	5.81	10.45
2002	2,421.8	2.42	5.81	14.07
2003	638.3	0.64	5.81	3.71
2004	4,343.7	4.34	5.81	25.24
2005	3,219.6	3.22	5.81	18.71
2006	3,703.7	3.70	5.81	21.52
2007	3,662.6	3.66	5.81	21.28
2008	2,307.2	2.31	5.81	13.40
2009	2,021.4	2.02	5.81	11.74
2010	2,282.3	2.28	5.81	13.26
2011	15.6	0.02	5.81	0.09
2012	21.1	0.02	5.81	0.12
2013	16.6	0.02	5.81	0.10
2014	6.7	0.01	5.81	0.04
2015	12.7	0.01	5.81	0.07
2016	9.9	0.01	5.81	0.06
2017	9.1	0.01	5.81	0.05
2018	7.6	0.01	5.81	0.04
2019	13.4	0.01	5.81	0.08
2020	19.5	0.02	5.81	0.11
2021	19.8	0.0	5.81	0.11

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El factor de conversión empleado para convertir el consumo de lubricantes de kbep a TJ es 5.81 TJ/kbep, como especifica la OLADE. Para obtener una comprensión más detallada sobre el proceso de cálculo de este factor, se recomienda consultar la sección 3.2.3.1.1 Conversión y manejo de datos de actividad del CAPÍTULO 3 de Energía.

4.5.4.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Para el cálculo de emisiones de esta subcategoría se utiliza como base los factores de emisión por defecto para el uso de lubricantes, según lo señalado en la Directrices del IPCC de 2006 (Sección 5.2.2.2.; Capítulo 5; Volumen 3).

El factor de emisión se compone de un factor de contenido de carbono específico (tonelada de C/TJ) multiplicado por el factor de ODU dependiendo del tipo de lubricante. Una multiplicación adicional por 44/12 (el cociente de masa del CO₂/C) proporciona el factor de emisión (expresado en tonelada de CO₂/TJ).

Como se dispone de datos sobre el consumo de lubricantes desagregado para las grasas y los aceites, se emplean las fracciones de ODU de 0.2 para aceites lubricantes y 0.05 para grasas. Los factores de emisión utilizados para estas estimaciones se encuentran en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22

Uso de lubricante: factores de emisión aplicados

Subcategoría/fuente	FE - CO ₂	
	Valor	Unidad
2.D.1. Uso de lubricantes	14.7	t CO ₂ / consumo lubricante TJ
2.D.1. Uso de grasas	3.67	t CO ₂ / consumo lubricante TJ

Fuente: Cuadro 5.2, Sección 5.2.2.2, Capítulo 5, Volumen 3, Directrices del IPCC de 2006.

4.5.4.3. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

4.5.4.4. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

No se contó con valores de incertidumbre específicas a nivel nacional por lo que se utilizaron los valores por defecto propuestos en la Sección 5.2.3. de las *Directrices del IPCC 2006* (Capítulo 5; Volumen 3).

La incertidumbre combinada de la subcategoría de fuente de GEI de *uso de lubricante* es de $\pm 57.5\%$ (Tabla 4.23). Resultado predominante de las incertidumbres asociadas factores de emisión por defecto. La mayor fuente de incertidumbre del *uso de lubricantes* está relacionada a que los factores ODU por defecto desarrollados son inciertos, pues están basados en un conocimiento limitado de los índices de oxidación típicas de los lubricantes. En las siguientes tablas, se muestran los supuestos tomados en consideración para calcular la incertidumbre de la subcategoría.

Tabla 4.23

Uso de lubricante: cálculo de incertidumbre de la subcategoría (%)

IPCC Categoría	GEI	Atribución	Incertidumbre DA	Incertidumbre FE
2.D.1 Uso de lubricante	CO ₂	Factores ODU por defecto	NA	50.0%
	CO ₂	Contenido de carbono del combustible	NA	3.0%
	CO ₂	Estadísticas energéticas	20.0%	35.0%
	CO ₂	Técnicas de empalme	20.0%	NA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El dictamen de los expertos sugiere que se utilice una incertidumbre por defecto de 50 % para factores ODU, un $\pm 3\%$ relacionado con los coeficientes de contenido de carbono, 20 % para la incertidumbre relacionada con la dificultad para determinar la cantidad de productos no energéticos utilizados en los países individuales y 20% por técnica de empalme implementada para datos faltantes de grasas en la serie temporal; basándose en el dictamen de expertos sobre la exactitud de las estadísticas energéticas no tan desarrolladas.

Tabla 4.24

Uso de lubricante: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ($\pm\%$)	Incertidumbre de los factores de emisión ($\pm\%$)	Incertidumbre combinada ($\pm\%$)
2.D.1. Uso de lubricantes	CO ₂	28.28%	50.1%	57.5%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.5.4.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Durante el desarrollo del inventario del sector IPPU, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales. Además, se realizaron actividades específicas para la subcategoría, las cuales se describen a continuación.

Actividades específicas de garantía de la calidad

Las principales actividades de aseguramiento de calidad se llevaron a cabo a través de una revisión técnica realizada por el equipo consultor del *GHG Support Unit* de la CMNUCC, durante el taller sobre "Aseguramiento de la calidad de los sistemas de gestión e inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) en países en desarrollo".

Como resultado de este taller, se formularon recomendaciones priorizadas para mejorar inmediatamente, a mediano plazo y a largo plazo el inventario de GEI. Estas recomendaciones se adaptaron a las circunstancias específicas del país y abordaron aspectos técnicos y metodológicos.

Todas las recomendaciones fueron registradas en el sistema de archivo del SSINGEI, y algunas de ellas fueron implementadas en el desarrollo del inventario actual, mientras que otras se incluyeron en el plan de mejoras futuro correspondiente.

Actividades específicas de control de la calidad

Desde la recepción de los datos, estos fueron ingresados a plantillas de datos de actividad que en conjunto con las plantillas de factores de emisión fueron vinculadas automáticamente en las hojas de trabajo elaboradas por el Equipo técnico de IPPU para evitar errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las estimaciones, se realizó una verificación de estas utilizando el Software del IPCC.

Como parte de los procesos de control de calidad, se remitió el informe a los actores clave de la subcategoría, en concreto a la Secretaría Nacional de Energía (SNE), con el fin de validarla y recibir retroalimentación de expertos del sector sobre la información proporcionada.

Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades de verificación.

4.5.5. Uso de la cera de parafina

En esta subcategoría, las emisiones de CO₂ provienen principalmente de la combustión de ceras o derivados de parafina durante su uso, como en el caso de las velas, así como de su incineración con o sin recuperación de calor, o su uso en el tratamiento de aguas residuales. La utilización de cera de parafina abarca productos como la vaselina (petrolato), ceras de parafina y otras variedades, como la ozocerita (una mezcla sólida de hidrocarburos a temperatura ambiente). Estas ceras tienen diversas aplicaciones, como la fabricación de velas, revestimientos de papel, adhesivos para placas, productos alimenticios, abrillantadores, tensoactivos (tales como los empleados en detergentes) y muchos otros usos industriales (IPCC, 2006).

Para la estimación de emisiones de uso de ceras de parafina se utilizaron datos detallados sobre las cantidades consumidas (en unidades de energía, p. ej., TJ) y factores de emisión por defecto referido a un factor de ODU y el contenido de carbono como se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación 4.5

Estimación de emisiones por el uso de la cera de parafina - método de Nivel 1

$$Emisiones\ de\ CO_2 = PW \times CC_i \times ODU_{cera} \times 44/12$$

Fuente: Ecuación 5.4, Capítulo 5, Volumen 3, Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- CO₂ Emisiones = emisiones de CO₂ generadas por los lubricantes, toneladas de CO₂
- PW = consumo total de ceras, TJ
- CC_{cera} = contenido de carbono de las ceras de parafina (por defecto), tonelada de C/TJ (=Kg. De C/GJ)
- ODU_{cera} = factor ODU de la cera de parafina, fracción
- 44/12 = cociente de masa del CO₂/C

4.5.5.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad son específicos del país Tabla 4.25, estos fueron proporcionados por la Sección de Comercio Exterior del INEC y provienen de datos estadísticos de importación a la República de Panamá según la descripción arancelaria y país de origen. Estos son proporcionados en barriles de petróleos (bep) y son convertidos a unidades de energía (TJ) a través del factor de conversión (TJ/Kbep) del Manual Estadística Energética 2017 de la OLADE.

Tabla 4.25

Uso de la cera de parafina: datos de actividad 2000-2021

Año	Consumo (Ton)	Consumo (Gg)	Valor calórico neto (TJ/Gg)	Consumo de Ceras de Parafina (TJ)
2000	2,341.5	2.34	40.2	94.13
2001	1,720.2	1.72	40.2	69.15
2002	1,506.7	1.51	40.2	60.57
2003	1,602.2	1.60	40.2	64.41
2004	2,225.1	2.23	40.2	89.45
2005	2,270.8	2.27	40.2	91.28
2006	1,556.0	1.56	40.2	62.55
2007	2,021.0	2.02	40.2	81.24
2008	1,187.1	1.19	40.2	47.72
2009	946.9	0.95	40.2	38.06
2010	826.6	0.83	40.2	33.23
2011	709.8	0.71	40.2	28.53
2012	816.0	0.82	40.2	32.80
2013	791.0	0.79	40.2	31.80
2014	512.0	0.51	40.2	20.58
2015	339.0	0.34	40.2	13.63
2016	475.0	0.48	40.2	19.10
2017	509.0	0.51	40.2	20.46
2018	447.0	0.45	40.2	17.97
2019	488.0	0.49	40.2	19.62
2020	399.0	0.40	40.2	16.04
2021	984.0	1.0	40.2	39.56

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.5.5.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Para el cálculo de emisiones de esta subcategoría se utiliza como base los factores de emisión por defecto para el uso de lubricantes, según lo señalado en la Directrices del IPCC de 2006 (Sección 5.3.2.2.; Capítulo 5; Volumen 3).

El factor de emisión se compone de un factor de contenido de carbono específico (tonelada de C/TJ) multiplicado por el factor de ODU. Una multiplicación adicional por 44/12 (el cociente de masa del CO₂/C) proporciona el factor de emisión (expresado en tonelada de CO₂/TJ).

Se puede suponer que un 20 por ciento de las ceras de parafina se usan de una manera que conduce a emisiones, principalmente a través de la quema de velas, lo cual significa un factor ODU por defecto de 0,2.

Tabla 4.26

Uso de la cera de parafina: factores de emisión aplicados

Subcategoría/fuente	FE - CO ₂	
	Valor	Unidad
2.D.2. Uso de cera de parafina	14.7	tCO ₂ / consumo lubricante TJ

Fuente: Sección 5.3.2.2, Capítulo 5, Volumen 3, Directrices de, IPCC de 2006.

4.5.5.3. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

4.5.5.4. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre combinada de la subcategoría de fuente de GEI de *uso de la cera de parafina* es de $\pm 102.1\%$. La mayor fuente de incertidumbre del *uso de la cera de parafina* está relacionada a que los factores ODU por defecto desarrollados son inciertos, pues el conocimiento sobre las condiciones nacionales respecto al destino de estas es limitado. En las siguientes tablas, se muestran los supuestos tomados en consideración para calcular la incertidumbre de la subcategoría.

Tabla 4.27

Uso de la cera de parafina: cálculo de incertidumbre de la subcategoría (%)

IPCC Categoría	GEI	Atribución	Incertidumbre DA	Incertidumbre FE
2.D.2 Uso de la cera de parafina	CO ₂	Factores ODU por defecto	NA	100.1%
	CO ₂	Contenido de carbono del combustible	NA	5.0%
	CO ₂	Estadísticas energéticas	20.0%	35.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla 4.28

Uso de la cera de parafina: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ($\pm\%$)	Incertidumbre de los factores de emisión ($\pm\%$)	Incertidumbre combinada ($\pm\%$)
2.D.2 Uso de la cera de parafina	CO ₂	20.0%	100.1%	$\pm 102.1\%$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.5.5.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Durante el desarrollo del inventario del sector IPPU, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales. Además, se realizaron actividades específicas para la subcategoría, las cuales se describen a continuación.

Actividades específicas de garantía de la calidad

Las principales actividades de aseguramiento de calidad se llevaron a cabo a través de una revisión técnica realizada por el equipo consultor del *GHG Support Unit* de la CMNUCC, durante el taller sobre "Aseguramiento de la calidad de los sistemas de gestión e inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) en países en desarrollo".

Como resultado de este taller, se formularon recomendaciones priorizadas para mejorar inmediatamente, a mediano plazo y a largo plazo el inventario de GEI. Estas recomendaciones se adaptaron a las circunstancias específicas del país y abordaron aspectos técnicos y metodológicos.

Todas las recomendaciones fueron registradas en el sistema de archivo del SSINGEI, y algunas de ellas fueron implementadas en el desarrollo del inventario actual, mientras que otras se incluyeron en el plan de mejoras futuro correspondiente.

Actividades específicas de control de la calidad

Desde la recepción de los datos, estos fueron ingresados a plantillas de datos de actividad que en conjunto con las plantillas de factores de emisión fueron vinculadas automáticamente en las hojas de trabajo elaboradas por el Equipo técnico de IPPU para evitar errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las estimaciones, se realizó una verificación de estas utilizando el Software del IPCC.

Como parte de los procesos de control de calidad, se remitió el informe a los actores clave de la subcategoría, en concreto a la sección de comercio exterior del INEC, con el fin de validarla y recibir retroalimentación de expertos del sector sobre la información proporcionada.

Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades de verificación.

4.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

El presente INGEI marca un hito al incluir por primera vez estimaciones de las emisiones generadas por la subcategoría 2.D.2 *Uso de la cera de parafina* para la serie temporal 2000 - 2021. Esta significativa incorporación representa un avance importante en la comprensión y el seguimiento de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el país. Adicional, se realizaron nuevos cálculos en la subcategoría 2.D.1 *Uso de lubricante* para los años 2020 y 2021.

Tabla 4.29

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS			
2.D Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	Implementación y Reporte de subcategoría 2.D.2 uso de la cera de parafina.	Exhaustividad	N/A
2.D Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	Modificación de la data estadística por la Secretaría Nacional de Energía (SNE)	Exactitud	DA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El INGEI actual muestra diferencias significativas con respecto al INGEI anterior, principalmente debido a las siguientes actividades realizadas: la estimación y reporte de la subcategoría 2.D.2 *Uso de cera de parafina* y el ejercicio realizado por la Secretaría Nacional de Energía de revisión y corrección de los datos estadísticos de la subcategoría 2.D.1 *Uso de lubricante* (Tabla 4.30).

Tabla 4.30

Comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anterior	0.0	4.5	2.5	3.0	3.0		
INGEI actual	4.7	4.8	2.8	3.1	3.1	2.5	3.3
Diferencia	4.7	0.3	0.3	0.2	0.1		
Diferencia %	12508.6%	5.8%	13.9%	5.2%	4.6%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.5.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

Tabla 4.31

Mejoras planificadas para la categoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS				
2.D.1 Uso de lubricante	Mejorar en lo posible la exhaustividad de la serie temporal de datos en la subcategoría 2.D.1 Uso de Lubricantes utilizando datos que puedan captarse para los sectores Transporte, Industrial, Comercial y servicios, Agro, pesca y minería.	En abordaje	BAJA	En conversaciones con el equipo de sectorial de Energía y la Secretaría Nacional de Energía se han llegado a las siguientes conclusiones: <ul style="list-style-type: none"> La información proviene de las estaciones de combustibles, por lo cual es más complicado llevar esta desagregación a niveles más detallados. Las emisiones por uso de lubricantes se pueden considerar como insignificantes. Por esto, no se ha proporcionado la debida prioridad, ya que, al desagregar más la información las emisiones serán menores.
2.D.1 Uso de lubricantes	Analizar alternativas (incluyendo elicitation de expertos) para (si procede esto) estimar y reasignar parte del consumo de lubricantes informado en la subcategoría 2.D.1 del sector IPPU a la categoría 1.A especialmente en las subcategorías 1A3biv Motocicletas y 1A3eii Todo terreno. Rehacer las estimaciones de emisiones en las categorías involucradas en los cambios de datos de consumo / uso.	En abordaje	MEDIA	Actualmente, la información no se encuentra en un nivel de desagregación necesario para incluir las emisiones que se están reportando en IPPU como 1.A.3b quema de combustibles en motocicletas.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.5.8. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría:

Tabla 4.32

Productos no energéticos de los combustibles y uso de solventes: sistema de archivo de la categoría

Elemento	Sistema de archivo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_01IP
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01IP 2024_FE_01IP 2024_CDB_02IP_2D2
Hojas de trabajo	2024_HT_01IP
Incertidumbre	2024_INC_01IP
Anexos e información de respaldo	2024_ANX_02IP_2. D

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.6. Industria electrónica (CRT 2.E)

Esta categoría no ocurre en el país.

4.7. Uso de productos sustitutos de las SAO (CRT 2.F)

4.7.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de los HFC y en una medida muy limitada, los PFC generadas por el uso de estos gases fluorados como alternativas o sustitutos a las SAO. Las emisiones de esta categoría están asociadas a las áreas de aplicación de los HFC y los PFC que incluyen refrigeración y aire acondicionado, extinción de incendios y protección contra explosiones, aerosoles, limpieza con solventes, agentes espumantes, y otras aplicaciones (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de *refrigeración y aire acondicionado*, *protección contra incendios* y por primera vez de los *agentes espumantes*. Las emisiones de las categorías *aerosoles* y *solventes* no se incluyen por falta de datos de actividad sobre la importación de gases fluorados para estas aplicaciones, información confirmada por la UNO-MINSA.

4.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 1,105.7 kt CO₂ eq (68.4 % del total del sector) convirtiéndose en la principal categoría emisora del sector IPPU e incrementándose en un 22.6 % desde 2019 (Tabla 4.3 y Figura 4.1), debido a la salida progresiva de los HCFC del mercado de refrigerantes por el protocolo de Montreal para ser sustituidos por los HFC, los cuales son la alternativa más accesible para los consumidores. Con respecto a las subcategorías, un 97.2 % corresponde a *refrigeración y aire acondicionado*, un 2.8 % a los *agentes espumantes* (categoría reportada por primera vez) y un 0.005 % corresponde a *protección contra incendios*. En cuanto a los gases precursores no ocurren en esta categoría.

Es importante destacar que Panamá no produce estas sustancias, por lo que su consumo depende de las importaciones. Las principales sustancias fluoradas ingresadas al país como sustitutos han sido el HFC-134a, HFC-143a, el HFC-125, en una medida muy reducida el HFC-23 (el de mayor PCA que ingresa al país) y el HFC-227ea como única sustancia identificada a la fecha con fines de *protección contra incendio*. Recientemente, se empezó a registrar el ingreso de la sustancia HFC-365mf. El 99% del consumo total de HFC para los agentes espumantes se concentra en los polioles premezclados que son importados de la casa de sistemas ubicada en la Zona Libre de Colón. El 1% restante corresponde a los HFC contenidos en los polioles premezclados importados desde otros países (MINSA, 2022). Los HFC utilizado en el sector espuma de poliuretano son HFC-365mf y el HFC-227ea.

Tabla 4.33

Sector IPPU: emisiones de HFC por sustancia (kt CO₂ eq)

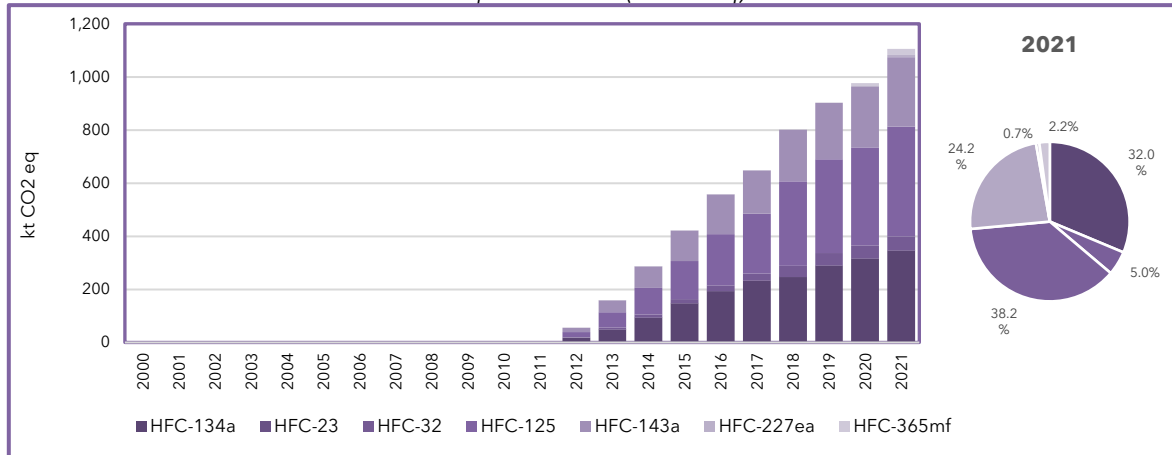
GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
HFC-134a	NE	NE	48.82	233.0	289.9	316.5	346.1
HFC-23	NE	NE	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-32	NE	NE	6.56	26.8	47.4	48.7	53.9
HFC-125	NE	NE	58.41	225.5	352.9	369.1	413.0
HFC-143a	NE	NE	45.08	162.1	211.9	228.5	261.8
HFC-227ea	NE	NE	0.01	0.0	0.1	3.4	7.4
HFC-365mf	NO	NO	NO	NO	NO	10.7	23.5
TOTAL	0.0	0.0	158.9	647.4	902.2	976.9	1105.7

Nota: NO = no ocurre. NE = no estimado.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 4.6

Sector IPPU: emisiones de HFC 2000-2021 por sustancia (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En 2020, inició el registro de la categoría 2.F.2 agentes espumantes en el país (Tabla 4.34). Los compuestos empleados para la producción consisten en una mezcla compuesta por 93% de HFC-365mf y 7% de HFC-227ea en una proporción de (93/7). Cabe destacar que la mayor parte de los productos fabricados por la empresa en cuestión se basan en espumas de celda cerrada y no contienen HFC-245a, información corroborada por la propia empresa productora.

Tabla 4.34

Sector IPPU: emisiones de HFC por sustancia (kt CO₂ eq)

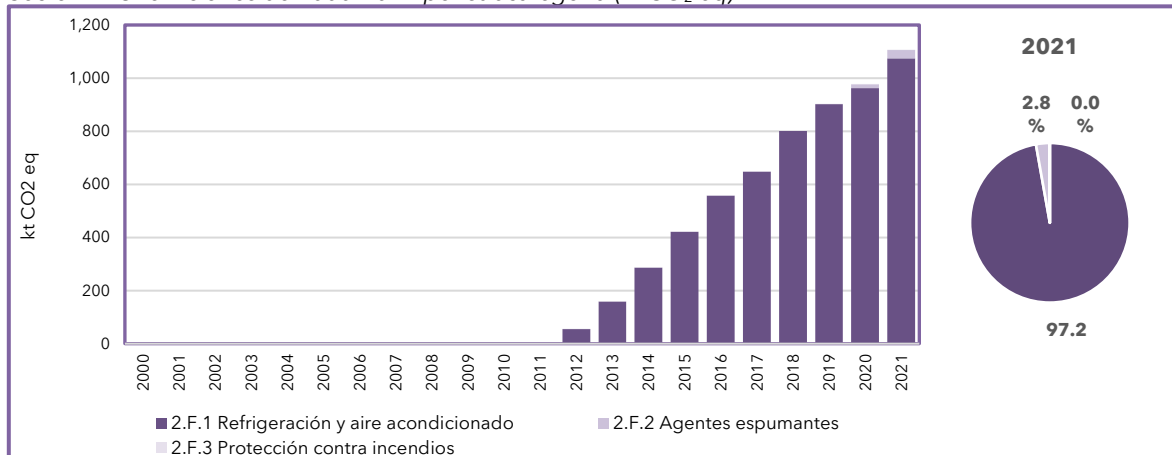
GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	NE	NE	158.9	647.4	902.1	962.8	1,074.8
2.F.2 Agentes espumantes	NO	NO	NO	NO	NE	14.1	30.9
2.F.3 Protección contra incendios	NE	NE	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
TOTAL	0.0	0.0	158.9	647.4	902.2	976.9	1,105.7

Nota: NO = no ocurre. NE = no estimado.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 4.7

Sector IPPU: emisiones de 2000-2021 por subcategoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.7.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

La metodología aplicada para la estimación de emisiones de GEI de esta categoría es el Nivel 1a que es el enfoque de factores de emisión, ya que se cuenta con datos de actividad agregados al nivel de aplicaciones y factores de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. En la Tabla 4.35 se observan los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI. Se consideró el árbol de decisiones para determinar el nivel por utilizar, el cual sugirió un nivel superior. Sin embargo, no se dispone de la información específica del país para aplicar dicho nivel en este ciclo de inventario.

Tabla 4.35

Sector IPPU: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	HFC		PFC		SF ₆		NF ₃	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	T1a, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO	NA	NA	NO	NO
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	T1a	D	NO	NO	NA	NA	NO	NO
2.F.2. Agentes espumantes	T1a	D	NO	NO	NA	NA	NO	NO
2.F.3. Protección contra incendios	T1a	D	NO	NO	NA	NA	NO	NO
2.F.4. Aerosoles	NE	NE	NO	NO	NA	NA	NO	NO
2.F.5. Solventes	NE	NE	NO	NO	NA	NA	NO	NO
2.F.6. Otras aplicaciones	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NO	NO

Nota: T1a = método de Nivel 1a; D = valor por defecto; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Como se ve en la Ecuación 4.6 la metodología Nivel 1a para la estimación de emisiones de esta categoría se basan en el producto del consumo neto por aplicación de los gases fluorados y un factor de emisión compuesto que resume los índices de emisión de diferentes tipos de equipos y productos. Durante esta estimación para dar cuenta de las emisiones durante la vida útil de los productos o equipos, se consideran factores de emisión pertinentes sobre los bancos como se presenta en la ecuación siguiente. Los bancos abarcan todas las etapas del ciclo de vida útil en las cuales hay presencia de la sustancia química y puede extenderse incluso hasta los desechos. Un claro ejemplo puede ser el refrigerante presente en el aire acondicionado depositado en un vertedero, aún forma parte del banco, puesto que es una sustancia que aún no ha sido liberada.

La metodología Nivel 1a corresponderá a un enfoque por factor de emisión con un bajo nivel de desagregación. Este depende de la disponibilidad de los datos sobre la actividad básica, estos datos pueden consistir en datos sobre el consumo anual de una sustancia química. Luego de establecer los datos de actividad al nivel de aplicación, se aplican factores compuestos de emisión.

Ecuación 4.6

Cálculo de las emisiones de una sustancia química de una aplicación con bancos

$$\text{Emisiones anuales} = (\text{Consumo Neto} \times FE_{PA} \text{ Compuesto}) + (\text{Total de sustancia química en banco} \times FE_B \text{ Compuesto})$$

Fuente: Ecuación 7.2B, Capítulo 7, Volumen 3, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Consumo Neto = consumo neto para la aplicación
- FE_{PA} Compuesto = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el primer año
- Total de sustancia química en banco = banco de la sustancia química para la aplicación
- FE_B Compuesto = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el banco

Para la estimación de emisiones de *uso de productos sustitutos de las SAO* se utilizaron datos sobre el consumo de estos gases proporcionados por la UNO y posteriormente fueron desagregados por aplicación de acuerdo con el uso estimado levantado por la UNO (Tabla 4.36). Esta desagregación se realizó a partir de la tendencia observada para el uso de las sustancias puras levantada para este estudio.

Tabla 4.36

Uso de productos sustitutos de las SAO: distribución del consumo nacional por aplicación

Sustituto SAO	Refrigeración y aire acondicionado	Extinción de incendios y protección contra explosiones	Aerosoles	Limpieza con solventes	Soplado de espumas	Otras Aplicaciones
HFC-134a	x					
HFC-23	x					
HFC-32	x					
HFC-227ea		x			x	
HFC-152A	x					
HFC-143a	x					
HFC-365mfc					x	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en información de la UNO (MINSa, 2022).

Adicionalmente, dado que Panamá cuenta con importación no solo de sustancias puras, sino también de mezclas, estas últimas fueron desagregadas por contenido de HFC y de PFC utilizando como base el porcentaje de composición de HFC y PFC del cuadro de mezclas más comunes presentado en las *Directrices del IPCC de 2006* y un documento proporcionado por la UNO "Article 7 Data reporting instructions and guidelines" (Tabla 4.37).

Tabla 4.37

Uso de productos sustitutos de las SAO: contenido de HFC de las mezclas

Mezclas HFC	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-227ea
R-404A	-	44.00%	4.00%	52.00%	-
R-407C	23.00%	25.00%	52.00%	-	-
R-410A	50.00%	50.00%	-	-	-
R-507A	-	50.00%	-	50.00%	-
R-407A	20.00%	40.00%	40.00%	-	-
R-417A	-	46.60%	50.00%	-	-
R-422D	-	65.10%	31.50%	-	-
R-438A	8.50%	45.00%	44.20%	-	-
R-425A	18.50%	-	69.50%	-	12.00%
R-437A	-	19.50%	78.50%	-	-
R-452A	11.00%	59.00%	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los HFC poseen un alto PCA (Tabla 4.38) esta es una medida útil para comparar el impacto climático potencial de las emisiones de estos gases. Este compara el forzamiento radiativo integrado durante un período de tiempo específico (por ejemplo, 100 años) con una emisión de pulso de una unidad de masa y constituye una forma de comprar el cambio climático potencial asociado con las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero (IPCC, 2013). Anteriormente, se utilizaba el parámetro Potencial de Agotamiento de Ozono, pero como los HFC tienen un Potencial de Agotamiento de Ozono igual a cero (0), se decidió establecer este nuevo parámetro de PCA (MINSa, 2022).

Tabla 4.38

Uso de productos sustitutos de las SAO: potencial de calentamiento global de las sustancias

Sustituto SAO	Otras Aplicaciones
HFC-134a	1300
HFC-23	12,400
HFC-32	677
HFC-227ea	3,350
HFC-125	3,170
HFC-143a	4,800
HFC-365mfc	804

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.7.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para la estimación de emisiones de *uso de productos sustitutos de las SAO* fueron obtenidos de información levantada por la UNO a través de datos suministrados por la ANA para preparar la *Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021* (MINSAs, 2022) y cuyo objetivo es comprender mejor las tendencias de consumo históricas y previstas para los sustitutos a las SAO, incluyendo las de mediano, bajo y alto PCA en el marco del cumplimiento de la Enmienda de Kigali.

La fórmula que se utiliza para calcular el consumo neto dentro de la metodología nivel 1a corresponde a la siguiente:

Ecuación 7.4

Cálculo del consumo neto de una sustancia química en una aplicación específica

$$\text{Consumo Neto} = \text{Producción} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones} - \text{Destrucción}$$

Fuente: Ecuación 7.1, Capítulo 7, Volumen 3, *Directrices del IPCC del 2006*.

En el país no se producen ni destruyen gases fluorados y las exportaciones no son significativas, por lo que el uso de gases fluorados proviene en su totalidad de las importaciones. El balance para el consumo de estos gases es el siguiente:

$$\text{Consumo} = \text{Importación}$$

Para este INGEI se cuenta con datos de actividad a partir de 2012, año en el que se comienza la gestión de mapear la presencia significativa de estos gases en el país, debido principalmente a la salida de los CFC del mercado como resultado de la implementación del Protocolo de Montreal (Tabla 4.39). Hasta el 2021 hay evidencia de importación de sustancias puras y mezclas.

Tabla 4.39

Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC 2012-2021 (toneladas)

Sustituto SAO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
HFC PURO										
HFC-134a	87.9	168.4	258.1	345.8	338.2	345.3	234.4	407.9	348.7	384.5
HFC-23	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HFC-32	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-
HFC-227ea	0.1	-	0.3	-	-	-	0.1	-	6.9	13.0
HFC-365 mfc	-	-	-	-	-	-	-	-	91.9	173.0
Mezclas HFC										
R-404A	25.2	52.3	71.2	61.6	76.4	51.5	88.0	72.8	76.7	107.4
R-407C	3.5	2.3	10.8	2.8	12.0	2.2	8.0	3.9	12.0	12.1
R-410A	38.5	93.9	103.2	118.0	159.3	165.3	379.3	221.6	160.2	240.6
R-507A	16.8	34.3	42.3	66.4	63.5	44.2	64.7	54.9	54.6	75.8
R-407A	-	-	1.7	-	-	-	3.5	0.3	-	-
R-417A	3.4	0.2	1.4	0.3	2.3	0.2	0.2	0.4	1.4	0.3
R-422D	-	-	-	0.0	1.0	-	0.4	0.0	-	-
R-438A	-	-	-	0.3	-	3.3	4.5	3.2	1.2	0.5

Sustituto SAO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
R-425A	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-
R-437A	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	0.0
R-452A	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-
TOTAL	175.4	351.5	489.0	595.2	652.8	611.9	783.2	765.1	753.6	1007.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en información de la UNO (MINSa, 2022).

Refrigeración y aire acondicionado

Los datos de actividad de *refrigeración y aire acondicionado*, específicamente de importación estuvieron compuestos tanto por sustancias puras como por mezclas (Tabla 4.39). Cabe destacar que en el país no se cuenta con datos de actividad de banco de estas sustancias. Una vez que cuenta con los datos de importación de los sustitutos las mezclas son desagregadas en sustancias puras (Tabla 4.40), lo cual es requerido por la metodología. Pese a que se importan once (11) tipos de mezclas únicamente para uso de *refrigeración y aire acondicionado*, ninguna de las ingresadas al país está compuesta por PFC.

Tabla 4.40

Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC para refrigeración y aire acondicionado 2012-2021 (ton)

Año	HFC-134a ¹	HFC-23 ¹	HFC-32 ¹	HFC-125 ¹	HFC-143a ¹
2012	92.41	0.03	20.08	41.22	21.49
2013	171.81	-	47.50	87.81	44.34
2014	268.00	-	54.40	108.10	58.17
2015	350.02	-	59.68	120.29	65.23
2016	349.00	-	82.43	149.74	71.47
2017	350.05	-	83.43	129.51	48.86
2018	245.70	-	192.64	266.52	78.12
2019	414.70	-	112.07	173.00	65.26
2020	359.19	-	82.96	145.36	67.20
2021	395.47	-	123.12	208.87	93.78

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en información de la UNO (MINSa, 2022).

Agentes espumantes

El 99% del consumo total de HFC utilizado en agentes espumantes proviene de la importación de polioles premezclados, provenientes de la casa de sistemas ubicada en la Zona Libre de Colón (Tabla 4.41). El restante 1% corresponde a importaciones de otros países que contienen HFC. Dentro de esta subcategoría, las sustancias puras utilizadas son HFC-365mfc y HFC-227ea en una proporción de (93%/7%). Es importante destacar que no existen datos de actividad para el almacenamiento de estas sustancias en el país.

Tabla 4.41

Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC para agentes espumantes 2012-2021 (ton)

Año	HFC-365 mfc	HFC-227ea
2012	-	-
2013	-	-
2014	-	-
2015	-	-
2016	-	-
2017	-	-
2018	-	-
2019	-	-
2020	-	91.92
2021	-	173.00
		6.92
		13.02

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en información de la UNO (MINSa, 2022).

Protección contra incendios

Los datos de actividad de *protección contra incendios*, específicamente de importación estuvieron compuestos únicamente por sustancias puras, concretamente de HFC-227ea. Cabe destacar que en el país no se cuenta con datos de actividad de banco de estas sustancias. Solo se reportó registro de importación de esta sustancia en muy bajas cantidades para 2012, 2014 y 2018 (Tabla 4.42).

Tabla 4.42

Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC para protección contra incendios 2012-2021 (ton)

Año	HFC-227ea
2012	0.08
2013	-
2014	0.32
2015	-
2016	-
2017	-
2018	0.07
2019	0.02
2020	-
2021	-

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en información de la UNO (MINSA, 2022).

4.7.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de emisiones de esta categoría se utilizaron los factores por defecto para el uso de *productos sustitutos de las SAO*, los cuales se complementan con una serie de supuestos para cada una de las aplicaciones según lo señalado en la *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 7.5.2.1, Capítulo 7, Volumen 3) como la vida útil promedio de los equipos, la tasa de creciente de venta de nuevos equipos y porcentajes de destrucción (Tabla 4.43).

Tabla 4.43

Uso de productos sustitutos de las SAO: factores de emisión y parámetros aplicados

Aplicación	Vida útil de equipos (años)	Crecimiento nuevos equipos (%)	FE del banco (%)
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	15	3%	15%
2.F.2 Agentes espumantes	20	10%	4.5%
2.F.3. Protección contra incendios	15	3%	4%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en información de la Sección 7.5.2, Sección 7.6.2 y Cuadro 7.5, Capítulo 7, Volumen 3, *Directrices del IPCC de 2006*.

4.7.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

4.7.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

No se contó con valores de incertidumbre específicas a nivel nacional por lo que siguiendo las recomendaciones de la Sección 7.5.3. de las *Directrices del IPCC de 2006* (Capítulo 7, Volumen 7) se solicitó apoyo de expertos para la determinación de los valores de incertidumbre

La incertidumbre combinada de las categorías de fuente de GEI de *uso de productos sustitutos de las SAO* varía entre ± 100.0 y 111.8 % (Tabla 4.45), relacionada directamente

con la calidad y la exhaustividad de los datos sobre ventas e importaciones de sustancias químicas. Para la estimación de la incertidumbre asociada al dato de actividad, se consideraron las diferencias encontradas entre el uso estimado de los sustitutos evidenciado en el *Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021* (MINSA, 2022) y la importación de estas sustancias reportada por la ANA, dando como resultado una incertidumbre de 50.0% para *agentes espumantes*, 29.95 % para *refrigeración y aire acondicionado* y de un 0.0 % para la *protección contra incendios*. Para el caso del factor de emisión, se decidió por una incertidumbre del 100.0 %, para las subcategorías, ya que se trata de un factor promedio para todas las aplicaciones incluidas y que se sospecha de un alto nivel de incertidumbre.

Tabla 4.44

Uso de productos sustitutos de las SAO: cálculo de incertidumbre por subcategoría (%).

IPCC Categoría	GEI	Atribución	Incertidumbre DA	Incertidumbre FE
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	Factor promedio para sub-aplicaciones	NA	100.0%
	HFC	Diferencia entre el uso de la importación	29.95%	NA
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	Factor promedio para sub-aplicaciones	NA	100.0%
	HFC	Diferencia entre el uso de la importación	50.0%	NA
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	Factor promedio para sub-aplicaciones	NA	100.0%
	HFC	Diferencia entre el uso de la importación	0.0%	NA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla 4.45

Uso de productos sustitutos de las SAO: incertidumbre combinada (%).

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC	29.95%	100.0%	104.4%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	50.0%	100.0%	111.8%
2.F.3. Protección contra incendios	HFC	0.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Respecto a la consistencia de la serie temporal, para este nuevo INGEI las emisiones de GEI para esta categoría se estimaron con los mismos métodos, fuentes y estas reflejan fluctuaciones anuales reales de emisiones o absorciones, sin estar sujetas a los cambios resultantes de las diferencias metodológicas.

4.7.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector IPPU, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

Actividades específicas de garantía de la calidad

Las principales actividades de aseguramiento de calidad se llevaron a cabo a través de una revisión técnica realizada por el equipo consultor del *GHG Support Unit* de la CMNUCC, durante el taller sobre "Aseguramiento de la calidad de los sistemas de gestión e inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) en países en desarrollo".

Como resultado de este taller, se formularon recomendaciones priorizadas para mejorar inmediatamente, a mediano plazo y a largo plazo el inventario de GEI. Estas recomendaciones se adaptaron a las circunstancias específicas del país y abordaron aspectos técnicos y metodológicos.

Todas las recomendaciones fueron registradas en el sistema de archivo del SSINGEI, y algunas de ellas fueron implementadas en el desarrollo del inventario actual, mientras que otras se incluyeron en el plan de mejoras futuro correspondiente.

Actividades específicas de control de la calidad

Desde la recepción de los datos, estos fueron ingresados a plantillas de datos de actividad que en conjunto con las plantillas de factores de emisión fueron vinculadas automáticamente en las hojas de trabajo elaboradas por el Equipo técnico de IPPU para evitar errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las estimaciones, se realizó una verificación de estas utilizando el Software del IPCC.

Por otra parte, a través de juicio de expertos se definieron incertidumbres de datos de actividad comparando los datos de importación de los gases fluorados de la ANA con los datos levantados sobre uso estimado en el *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO* y valores para los factores de emisión de 100.0 %.

En un esfuerzo por garantizar la calidad del Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero de IPPU (ISGEI de IPPU), se llevó a cabo una revisión cruzada con el Equipo Técnico Sectorial de Energía. Esta iniciativa consistió en que los técnicos de Energía revisaron exhaustivamente todo el ISGEI de IPPU, fungiendo como un control de calidad exhaustivo. De esta manera, se garantiza la precisión y consistencia de los datos reportados, fortaleciendo la confiabilidad del INGEI y asegurando que este reflejara fielmente las emisiones de gases de efecto invernadero del sector.

Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades de verificación.

4.7.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se han realizado nuevos cálculos en la categoría de Uso de Productos Sustitutos de las SAO para los años 2020 y 2021, utilizando la información UNO-MINSA. Según los datos, no se han observado diferencias significativas entre el INGEI anterior y el actual. Esto se debe a que se utilizó la información estadística de la Actualización del Estudio sobre el Uso de Sustancias HFC y Alternativas en Panamá 2021 y no se encontraron discrepancias relevantes (MINSA, 2022).

El presente Inventario incluye por primera vez estimaciones de las emisiones generadas por la subcategoría 2.F.2 *Agentes Espumantes* para la serie temporal 2000 - 2021. Esta significativa incorporación representa un avance importante en la comprensión y el seguimiento de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el país.

Tabla 4.46

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS			
2.F Uso de productos sustitutos de las SAO	Implementación y Reporte de subcategoría 2.F.2 Agentes espumantes	Exhaustividad	N/A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Estos nuevos cálculos no presentan una diferencia significativa en comparación con el INGEI previamente presentado.

Tabla 4.47

Comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anterior	NE	NE	158.9	647.4	913.3		
INGEI actual	NE	NE	158.9	647.4	902.2	976.9	1,105.7
Diferencia	0.0	0.0	0.0	0.0	-11.1		
Diferencia %	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-1.2%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.7.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

Tabla 4.48

Mejoras planificadas para la categoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS				
2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	Considerar aplicar un método de orden superior para la subcategoría cuando las condiciones lo posibiliten tomando en cuenta que esta es una Categoría principal del inventario.	En abordaje	BAJA	Actualmente, se está trabajando fuertemente en generar la información necesaria para poder aplicar un método de orden superior para la subcategoría. Se tienen mapeada varias vías de acceso que posibiliten la mejora de esta subcategoría. Como parte de las actividades programadas para implementar esta mejora, se han llevado a cabo dos sesiones de intercambio de experiencias con Colombia y Chile. Estas sesiones han sido vitales para marcar el camino hacia la mejora de la subcategoría.
2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	Mejorar la información en el IIN sobre el destino (o destinos) de los gases en los equipos que terminan su vida útil.	En abordaje	ALTA	Se plantea realizar la consulta a los actores claves pertinentes sobre el destino de los gases en los equipos que terminan su vida útil.
2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	Priorizar para esta categoría identificada como principal del inventario, la captación de datos de DA previos a 2012 y extender en lo posible la serie retrospectivamente aplicando también si resulta necesario los métodos de empalme proporcionados en las Directrices del IPCC de 2006 combinados con elicitaciones de expertos.	En abordaje	MEDIA	Actualmente, se sigue trabajando con los datos a partir de 2012. El MiAMBIENTE primero tiene previsto trabajar en la compilación de la data estadística previa al 2012, directamente de la ANA, segundo que esta sea validada por la UNO dado que el Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO no es actualizado anualmente, esto será clave para la estimación de emisiones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.7.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría:

Tabla 4.49

Uso de producto sustitutos de las SAO: sistema de archivo de la categoría

Elemento	Sistema de archivo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_01IP
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01IP
	2024_FE_01IP
	2024_CDB_02IP_2F
Hojas de trabajo	2024_HT_01IP
Incertidumbre	2024_INC_01IP
Anexos e información de respaldo	2024_ANX_02IP_2F

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.8. Manufactura y utilización de otros productos (CRT 2.G)

4.8.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones provenientes del SF₆ y de los perfluorocarbonos (PFC) generadas en la manufactura y utilización de los equipos eléctricos y muchos otros productos. En la mayoría de estas aplicaciones, el SF₆ se incorporan deliberadamente en los equipos eléctricos, para explotar una o varias propiedades físicas de la sustancia química, como por ejemplo la elevada constante dieléctrica del SF₆.

En el contexto nacional, por primera vez, se incluye las emisiones de la subcategoría SF₆ procedente de los equipos eléctricos. El SF₆ se utiliza como aislante eléctrico para interrumpir la corriente en los equipos eléctricos utilizados en la transmisión y distribución de la electricidad.

La subcategoría SF₆ y PFC de otros usos de productos no ocurre en el país y la subcategoría N₂O de otros usos de productos no se incluye por falta de datos de actividad.

Esta categoría aborda las emisiones provenientes del SF₆ y de los PFC generadas en la manufactura y utilización de los equipos eléctricos y muchos otros productos. En la mayoría de estas aplicaciones, el SF₆ se incorporan deliberadamente en los equipos eléctricos, para explotar una o varias propiedades físicas de la sustancia química, como por ejemplo la elevada constante dieléctrica del SF₆.

4.8.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 13.8 kt CO₂ eq (0.9 % del total del sector) incrementándose en un importante 225.2 % desde 2000 y en un 3.5 % desde 2019 (Tabla 4.50.y Figura 4.8.). Este incremento puede atribuirse al crecimiento constante experimentado por el país desde el año 2000, impulsado por la creciente demanda eléctrica. Este aumento en la demanda puede deberse a diversos factores, incluyendo el crecimiento económico y poblacional. Lo que hace necesario para cubrir los requerimientos de la demanda eléctrica, en el país, se incorporen al Sistema Interconectado Nacional (SIN) más centrales de generación eléctrica

Tabla 4.50.

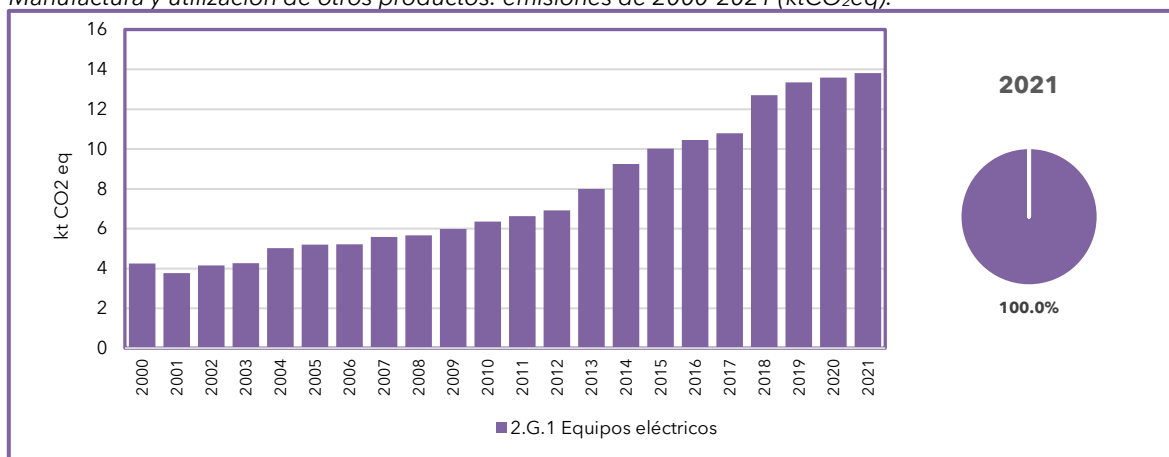
Manufactura y utilización de otros productos: emisiones de 2000-2021 (kt CO₂ eq).

Desagregación	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
2.G.1 Equipos eléctricos	4.3	6.4	8.0	10.8	13.3	13.6	13.8
TOTAL	4.3	6.4	8.0	10.8	13.3	13.6	13.8

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 4.8.

Manufactura y utilización de otros productos: emisiones de 2000-2021 (ktCO₂eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.8.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisiones para determinar el nivel metodológico por utilizar, las emisiones de la categoría se estimaron aplicando la metodología Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006. Este enfoque implica estimar las emisiones a partir de los datos de la capacidad nominal de SF₆ de los equipos en cada etapa del ciclo de vida útil posterior a la fabricación en el país de origen y utilizando factores de emisión regionales por defecto. En la Tabla 4.51 se presentan los métodos aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 4.51

Sector IPPU: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆		NF ₃	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.G Manufactura y utilización de otros productos	NO, NE	NO, NE	NO	NO	NO, NE	NO, NE	T1, NE, NO	D, NE, NO	NO	NO
2.G.1 Equipos eléctricos			NO	NO	NO	NO	T1	D	NO	NO
2.G.2 SF ₆ y PFC de otros usos de productos					NE	NE	NE	NE		
2.G.3 N ₂ O de usos de productos	NE	NE								
2.G.4 Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

La metodología Nivel 1 para la estimación de las emisiones de SF₆ se basan en la multiplicación de factores de emisión regionales por defecto por la capacidad nominal de SF₆ consumido por los equipos en cada etapa de su ciclo de vida útil posterior a la fabricación en el país de origen: instalación, uso y eliminación.

En el contexto nacional, no se fabrican equipos que contengan SF₆. En cuanto a la instalación y eliminación, no se lograron identificar equipos nuevos que hayan sido

llenados en el sitio (y no en la fábrica), ni se logró determinar la fracción de SF₆ que permanece en los equipos retirados. En consecuencia, las emisiones totales de SF₆ son iguales a las emisiones por el uso de los equipos (Ecuación 4.8).

Ecuación 4.8

Cálculo de las emisiones de una sustancia química de una aplicación con bancos

$$\text{Emisiones totales} = \text{Emisiones del uso de los equipos}$$

Fuente: Ecuación 8.1, Capítulo 8, Volumen 3, *Directrices del IPCC del 2006*.

Ecuación 4.9

Cálculo de las emisiones de una sustancia química de una aplicación con bancos

$$\text{Emisiones por uso} = \text{Factor de emisión por uso} * \text{Capacidad nominal del equipo}$$

Nota: El factor de emisión del uso incluye las emisiones debidas a las fugas, al servicio, fallas y mantenimiento.

Fuente: Ecuación 8.1, Capítulo 8, Volumen 3, *Directrices del IPCC del 2006*.

4.8.4. Equipos eléctricos

En esta subcategoría las emisiones de SF₆ se producen en cada etapa del ciclo de vida útil de los equipos, incluida la fabricación, la instalación, el uso, el mantenimiento y la eliminación. La mayor parte del SF₆ utilizado en los equipos eléctricos se emplea en conmutadores y subestaciones encapsuladas (GIS, del inglés, Gas-Insulated Substations) y en los interruptores a gas (GCB, del inglés, Gas Circuit Breakers), aunque parte del SF₆ se emplea en líneas de alta tensión encapsuladas (GIL, del inglés, Gas Insulated Lines), en transformadores para aparatos de medida externos con aislación de gas y en otros equipos.

En el contexto nacional, la infraestructura de GIS es limitada, utilizadas principalmente por las empresas distribuidoras y de transmisión de energía eléctrica. Lo predominante son los interruptores y transformadores que emplean SF₆. Esta preferencia puede atribuirse a la familiaridad de la industria con esta tecnología, así como a su eficacia y confiabilidad demostradas en el sector eléctrico.

Los equipos que utilizan SF₆ se pueden dividir en dos categorías en términos de cómo manejan el gas. La primera categoría incluye los "Equipos herméticos" o "Sistemas de presión sellados", que son equipos que no necesitan ser recargados con gas durante su vida útil, como los equipos de distribución. La segunda categoría son los "Sistemas de presión cerrados", que incluyen equipos que requieren recargas de gas durante su vida útil y suelen ser utilizados en transmisión de energía.

4.8.4.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad son específicos del país. Esta información fue levantada por las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras de energía en Panamá a solicitud del MiAMBIENTE y la Autoridad de los Servicios Públicos (ASEP). Esto fue elaborado mediante la iniciativa "Inventario Nacional de Hexafluoruro de Azufre en Equipos Eléctricos de Panamá" que consistió en tres fases explicadas a continuación:

Fase 1: planificación.

Elaboración del plan estratégico para alcanzar los objetivos de la iniciativa. Esta incluye la definición del alcance, metodología y cronograma. MiAMBIENTE mantuvo continuas reuniones con la ASEP para explicar la metodología y la finalidad de la iniciativa.

Fase 2: ejecución.

Implementación del plan estratégico, gestión del tiempo y evaluación del progreso: Durante esta fase, el MiAMBIENTE y la ASEP llevaron a cabo cinco (5) convocatorias de reuniones dirigidas a empresas del sector energético con tecnologías de generación (térmica, fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica), así como a empresas dedicadas a la transmisión y distribución de energía. Estas reuniones representaron un acercamiento clave con los actores principales del sector, durante las cuales se explicó detalladamente la metodología para la recopilación de información sobre la capacidad nominal de SF₆ en los equipos eléctricos utilizados.

En este contexto, se presentó un formulario que requería información específica, incluyendo el nombre de la empresa, la fecha de inicio de operación comercial, el nombre la central eléctrica (cuando aplicase), el nombre de la subestación, el tipo de equipo (presión cerrada o presión sellada), la identificación del de interruptor de potencia, el año de instalación, la cantidad de SF₆ en el equipo, y si el equipo fue retirado en algún momento. Esta información fue solicitada a través de la nota DSAN-0521-2023 del 13 de marzo de 2023 solicitando la data estadística de SF₆ con el formato definido.

Las aplicaciones mencionadas pueden dividirse en dos categorías de confinamiento del gas. La primera categoría son los «Sistemas de presión sellados» o «Equipos herméticos», que se define como equipos que nunca necesitan ser recargados con gas (conservación del nivel de llenado) durante toda la vida útil y que generalmente contienen menos de 5 kg. de gas por unidad funcional. En general, los equipos de distribución corresponden a esta categoría. La segunda categoría es la de los «Sistemas de presión cerrados», definida por incluir los equipos que requieren ser recargados con gas (conservación del nivel de llenado) durante la vida útil. Este tipo de equipo suele contener entre cinco y varios centenares de kilogramos por unidad funcional. Los equipos de transmisión entran normalmente dentro de esta categoría. Ambas categorías de equipos poseen más de 30 y hasta de 40 años de vida útil. (Koch, 2003)

Las aplicaciones fueron presentadas en todas las reuniones llevadas a cabo con las empresas de generación, transmisión y distribución, con el objetivo de brindarles una comprensión clara sobre los equipos eléctricos en cuestión, permitiéndoles categorizar adecuadamente cada uno de los equipos que contienen SF₆.

Fase 3: compilación.

Recopilación y análisis de datos en respuesta a la solicitud previamente mencionada; así como, interpretación de la información por MiAMBIENTE y la ASEP. Durante esta etapa, se llevaron a cabo reuniones interinstitucionales con el objetivo de consolidar la información recopilada en un documento único. A continuación, se presenta las Tabla 4.52 y Tabla 4.53 con la información compilada.

Tabla 4.52

Equipos eléctricos: datos de actividad de equipos eléctricos de alto voltaje HV (ton) para el uso en los sistemas en operación, serie 2000 - 2021

Año	Uso (ton)
2000	7.2
2001	6.4
2002	7.0
2003	7.2
2004	8.5
2005	8.8
2006	8.8
2007	9.4
2008	9.5
2009	10.1
2010	10.7
2011	11.1
2012	11.6
2013	13.4
2014	15.5
2015	16.8
2016	17.5
2017	18.1
2018	21.3
2019	22.4
2020	22.8
2021	23.2

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla 4.53

Equipos eléctricos: datos de actividad de equipos eléctricos de media tensión (ton) para el uso en los sistemas en operación, serie 2000 - 2021

Año	Uso (ton)
2000	0.1
2001	0.1
2002	0.2
2003	0.2
2004	0.2
2005	0.2
2006	0.4
2007	0.4
2008	0.4
2009	0.4
2010	0.4
2011	0.6
2012	0.6
2013	0.6
2014	1.3
2015	1.4
2016	1.5
2017	1.6
2018	1.5
2019	1.6
2020	1.8
2021	1.8

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.8.4.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Para el cálculo de emisiones de se utiliza como base los factores de emisión por defecto para el SF₆ en equipos eléctricos, según lo señalado en la Directrices del IPCC de 2006

(Sección 8.2.2.2.; Capítulo 8; Volumen 3). Los factores de emisión para el uso dependen del tipo de equipo y la región. Estos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.54

Equipos eléctricos: factores de emisión aplicados

Nombre	Notación	Tipo	Región	Valor	Unidad
Uso (sellado)	EF _{uso}	Por defecto	Europa	0.002	adimensional
Uso (cerrado)	EF _{uso}	Por defecto	Europa	0.026	adimensional

Fuente: Cuadro 8.2 y Cuadro 8.3, sección 8.2.2.2, Capítulo 8, Volumen 3, Directrices del IPCC de 2006.

4.8.4.3. Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

Para la presente subcategoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

4.8.4.4. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la subcategoría

No se contó con valores de incertidumbre específicas a nivel nacional por lo que se utilizaron los valores por defecto propuestos en el Cuadro 8.5, Sección 8.2.3. de las *Directrices del IPCC 2006* (Capítulo 8; Volumen 3).

La incertidumbre combinada de la subcategoría de fuente de GEI de SF₆ de los Equipos eléctricos es de $\pm 106.3\%$ (Tabla 4.55). La mayor fuente de incertidumbre está relacionada a los datos de actividad. En las siguientes tablas, se muestran los supuestos tomados en consideración para calcular la incertidumbre de la subcategoría.

Tabla 4.55

Equipos eléctricos: cálculo de incertidumbre de la subcategoría (%).

IPCC Categoría	Gas	Atribución	Incertidumbre DA	Incertidumbre FE
2.G.1 Equipos eléctricos	SF ₆	Factores de emisión por el uso (Equipos de presión sellado)	NA	20.0%
	SF ₆	Factores de emisión por el uso (Equipos de presión cerrado)	NA	30.0%
	SF ₆	Inventario de SF ₆ en equipos eléctricos en Panamá	100.0%	N/A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.8.4.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Durante el desarrollo del INGEI, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales. Además, se realizaron actividades específicas para la subcategoría, las cuales se describen a continuación.

Actividades específicas de garantía de la calidad

Las principales actividades de aseguramiento de calidad se llevaron a cabo a través de una revisión técnica realizada por el equipo consultor del *GHG Support Unit* de la CMNUCC, durante el taller sobre "Aseguramiento de la calidad de los sistemas de gestión e inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) en países en desarrollo".

Como resultado de este taller, se formularon recomendaciones priorizadas para mejorar inmediatamente, a mediano plazo y a largo plazo el inventario de GEI. Estas recomendaciones se adaptaron a las circunstancias específicas del país y abordaron aspectos técnicos y metodológicos.

Todas las recomendaciones fueron registradas en el sistema de archivo del SSINGEI, y algunas de ellas fueron implementadas en el desarrollo del inventario actual, mientras que otras se incluyeron en el plan de mejoras futuro correspondiente.

Actividades específicas de control de la calidad

Desde la recepción de los datos, estos fueron ingresados a plantillas de datos de actividad que en conjunto con las plantillas de factores de emisión fueron vinculadas automáticamente en las hojas de trabajo elaboradas por el Equipo técnico de IPPU para evitar errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las estimaciones, se realizó una verificación de estas utilizando el Software del IPCC.

Como parte de los procesos de control de calidad, se remitió el informe a los actores clave de la subcategoría, en concreto a la Autoridad Nacional de Servicios Públicos, con el fin de validarla y recibir retroalimentación de expertos del sector sobre la información proporcionada.

Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades de verificación.

4.8.5. Nuevos cálculos de la categoría

El presente INGEI incluye por primera vez estimaciones de las emisiones generadas por la subcategoría 2.G.1 *Uso de SF₆ en equipos eléctricos* para la serie temporal 2000 - 2021. Esta significativa incorporación representa un avance importante en la comprensión y el seguimiento de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el país.

Tabla 4.56

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS			
2.G Manufactura y utilización de otros productos	Implementación y Reporte de subcategoría 2.G.1 Equipos eléctricos.	Exhaustividad	N/A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

4.8.6. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

Tabla 4.57

Mejoras planificadas para la categoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS				
2.G Manufactura y utilización de otros productos	Mejorar en lo posible la exhaustividad de la serie temporal de datos en la subcategoría 2.G.2 SF ₆ y PFC de otros usos de productos 2.G.3 N ₂ O de usos de productos	En abordaje	MEDIA	Se planean coordinar las acciones requeridas para incluir las subcategorías reportadas como "No Estimada" en próximos periodos de INGEI. Incluyendo la captación de los datos de actividad desde sus fuentes.
2.G.1 Equipos eléctricos	Implementar las acciones requeridas para mejorar en la medida de lo posible la data estadística captada mediante	En abordaje	ALTA	Se planean coordinar mesas de discusión con los actores claves para mejorar la calidad de los

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
	el Inventario Nacional de SF ₆ de Panamá			datos de actividad específicos de esta subcategoría.
2.G.3 N ₂ O de usos de productos	Analizar alternativas para captar la información relativa a la importación de N ₂ O para uso médico.	En abordaje	MEDIA	Actualmente, la información no se encuentra en un nivel de desagregación necesario para ser incluida. Se han identificado alguna de las empresas encargadas de importar esta sustancia para que, en coordinación con la ANA, se pueda compilar la cantidad de N ₂ O que se importa para uso médico. Se espera coordinar esta actividad con otros actores claves como el Ministerio de Salud de Panamá.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

4.8.7. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría:

Tabla 4.58

Equipos eléctricos: sistema de archivo de la categoría

Categoría o área de mejora	Sistema de archivo
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_01IP
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_01IP 2024_FE_01IP 2024_CDB_02IP_2G1
Hojas de trabajo	2024_HT_01IP
Incertidumbre	2024_INC_01IP
Anexos e información de respaldo	2024_ANX_02IP_2.G

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5 SECTOR AGRICULTURA

Panamá apuesta por una transformación de su sector agrícola y ganadero a través de la implementación de estrategias para la adaptación y mitigación al cambio climático.

© Kevin Polo, Los Santos, República de Panamá.



CAPÍTULO 5. SECTOR AGRICULTURA (CRT sector 3)

En este capítulo se incluye todo aspecto metodológico considerado para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector Agricultura, que consiste en presentar la descripción del sector y tendencia de las emisiones, aspectos metodológicos generales y específicos, actividades de garantía y control de calidad, flexibilidades aplicadas, incertidumbre de las estimaciones, constancia de la serie temporal, justificación de nuevos cálculos y un plan de mejoramiento para cada una de las categorías que componen este sector.

5.1. Panorama general del sector

5.1.1. Descripción del sector

El sector Agricultura forma parte del sector primario de Panamá y para el 2022 representó el 2.6 % del producto interno bruto (PIB). Este sector desempeña un papel importante en la economía del país, ya que representa el principal sustento económico principal de muchas familias en áreas rurales y contribuye con la seguridad alimentaria del país (MIDA, 2021).

La producción pecuaria está encabezada por la ganadería de carne y leche, la producción de pollos y huevos, cerdos, cabras estas últimas han crecido en los últimos años. La actividad ganadera bovina mayormente es extensiva ocupando un área de 1,546,428 hectáreas con un hato de 1,509,800 cabezas para el año 2021, representando un aproximado de carga animal de 1.03 animal por hectárea. Estas estadísticas sobre área destinada a pasturas incluyen pastos tradicionales (35.6 %), mejorados (50 %), naturales (10.2 %) y bancos de forrajes de corte y proteicos (3.7 %); se excluye (0.4 %) de área cubierta de montes y bosques (INEC, 2022).

En cuanto a las emisiones de GEI del sector agricultura se incluyen las actividades agropecuarias que llevan un proceso de gestión como la aplicación de fertilizantes, la producción de alimentos, el manejo de los suelos y el manejo de los animales entre otras. En particular, en estas actividades se emite CO₂, CH₄ y N₂O (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, este sector incluye emisiones de GEI por la *fermentación entérica* de los bovinos y ganado no vacuno (como ovinos, porcinos, búfalos, caprinos, equinos, mulas y asnos), *gestión del estiércol* (que incluye, además de las especies mencionadas, a las aves de corral), emisiones directas e indirectas de N₂O de los *suelos agrícolas*, *cultivo del arroz*, *quema de residuos agrícolas en campo*, así como actividades de *encalado* y *aplicación de urea*. En el caso de las emisiones producto de otros fertilizantes que contienen carbono no ocurren en el país.

5.1.2. Tendencia de los GEI del sector

En 2021, las emisiones de GEI por tipo de GEI del sector Agricultura fueron: 24.1 kt CO₂; 123.7 kt CH₄ y 2.5 kt N₂O (Tabla 5.1). Es muy relevante hacer notar que el sector Agricultura está dominado por las emisiones de CH₄. Más información y detalle sobre las emisiones de GEI se encuentra en las secciones específicas de cada categoría.

En cuanto a los gases precursores, solo se reportan emisiones de la *quema de residuos agrícola en el campo*. Estas emisiones de gases precursores fueron 0.3 kt Óxidos de nitrógeno (NO_x) y 12.4 kt Monóxido de carbono (CO).

Tabla 5.1

Sector Agricultura: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2021

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
3.	Agricultura	24.1	123.7	2.5					0.3	12.4	NO	
3.A.	<i>Fermentación entérica</i>		115.9									
3.A.1.	Vacunos		112.7									
3.A.1.a.	Vacas lecheras		16.9									
3.A.1.b.	Otros vacunos		95.7									
3.A.2.	Ovinos		0.1									
3.A.3.	Porcinos		0.4									
3.A.4.	Otro ganado		2.7									
3.A.4.a.	Búfalos		0.8									
3.A.4.b.	Camélidos		NO									
3.A.4.c.	Ciervos		NO									
3.A.4.d.	Caprinos		0.1									
3.A.4.e.	Equinos		1.8									
3.A.4.f.	Mulas y asnos		0.0									
3.A.4.g.	Aves de corral		NA									
3.A.4.h.	Otras especies		NO									
3.B.	<i>Gestión del estiércol</i>		3.3	0.5							NO	
3.B.1.	Vacunos		1.7	0.0							NO	
3.B.1.a.	Vacas lecheras		0.3	0.0							NO	
3.B.1.b.	Otros vacunos		1.4	NO							NO	
3.B.2.	Ovinos		0.0	0.0							NO	
3.B.3.	Porcinos		0.8	0.1							NO	
3.B.4.	Otro ganado		0.8	0.2							NO	
3.B.4.a.	Búfalos		0.0	0.0							NO	
3.B.4.b.	Camélidos		NO	NO							NO	
3.B.4.c.	Ciervos		NO	NO							NO	
3.B.4.d.	Caprinos		0.0	0.0							NO	
3.B.4.e.	Equinos		0.2	0.1							NO	
3.B.4.f.	Mulas y asnos		0.0	NO							NO	
3.B.4.g.	Aves de corral		0.6	0.1							NO	
3.B.4.h.	Otras especies		NO	NO							NO	
3.B.5.	Emisiones indirectas de N ₂ O			0.3								
3.C.	<i>Cultivo del arroz</i>		4.1								NO	
3.C.1.	Irrigadas		1.8								NO	
3.C.2.	Alimentadas a lluvia		2.4								NO	
3.C.3.	Aguas profundas		NO								NO	
3.C.4.	Otros (especificar)		NO								NO	
3.D.	<i>Suelos agrícolas</i>			2.0							NO	
3.D.1.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas			1.1							NO	
3.D.1.a.	Fertilizantes inorgánicos			0.4							NO	

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
3.D.1. b.	Fertilizantes orgánicos			0.2							NO	
3.D.1. c.	Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo			0.4							NO	
3.D.1. d.	Residuos de cosechas			0.1							NO	
3.D.1. e.	Mineralización de la materia orgánica del suelo			0.0							NO	
3.D.1. f.	Cultivo de suelos orgánicos (litosoles)			NO							NO	
3.D.1. g.	Otros (especificar)			NO							NO	
3.D.2.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas			0.9							NO	
3.D.2.a.	Deposición atmosférica			0.4							NO	
3.D.2. b.	Lixiviación y escurrimiento			0.5							NO	
3.E.	Quema prescrita de sabanas		IE	IE					IE	IE	NO	
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo		0.4	0.0					0.3	12.4	NO	
3.F.1.	Cereales		0.0	0.0					0.0	0.4	NO	
3.F.2.	Legumbres		NO	NO					NO	NO	NO	
3.F.3.	Tubérculos y raíces		NO	NO					NO	NO	NO	
3.F.4.	Caña de azúcar		0.4	0.0					0.3	12.0	NO	
3.F.5.	Otros (especificar)		NO	NO					NO	NO	NO	
3.G.	Encalado	2.0										
3.G.1.	Caliza	2.0										
3.G.2.	Dolomita	0.0										
3.H.	Aplicación de urea	22.2										
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO										
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	

Nota: IE = estimado en otro lugar; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El sector Agricultura representó un 8.7 % del balance nacional en 2021 (20.2 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, sus emisiones alcanzaron 4,150.2 kt CO₂ eq, incrementándose en 13.3 % desde 2000 y un 2.5 % con respecto al año 2019 (Tabla 5.2). Desde el año 2000 al 2013 el sector presenta un incremento de las emisiones, sin embargo, a partir del 2013 al 2018 se reduce, lo cual puede deberse al fenómeno de El Niño (ENOS Oscilación del Sur presente en los años 2007-2008, 2014-2015), este fenómeno afecta de manera significativa la producción agropecuaria en el país, (Olmedo, 2015).

En la Figura 5.1 se puede observar que la tendencia de las emisiones a partir del 2016 al 2021 se mantiene constante. A simple vista, esto sugiere que la pandemia COVID-19 no tuvo un impacto significativo en la producción agropecuaria y en las emisiones de este sector. De acuerdo con (Bello & Leda Peralta, 2022), la actividad económica del sector agropecuario para el año 2020 no se vio afectado, por el contrario, creció un 4,1 %. Es importante mencionar que, las medidas de apoyo implementadas por el Estado, como la distribución de alimentos provenientes del sector agropecuario a las familias afectadas por la pandemia, contribuyeron a mantener la demanda de productos agrícolas y por lo tanto las emisiones asociadas a su producción.

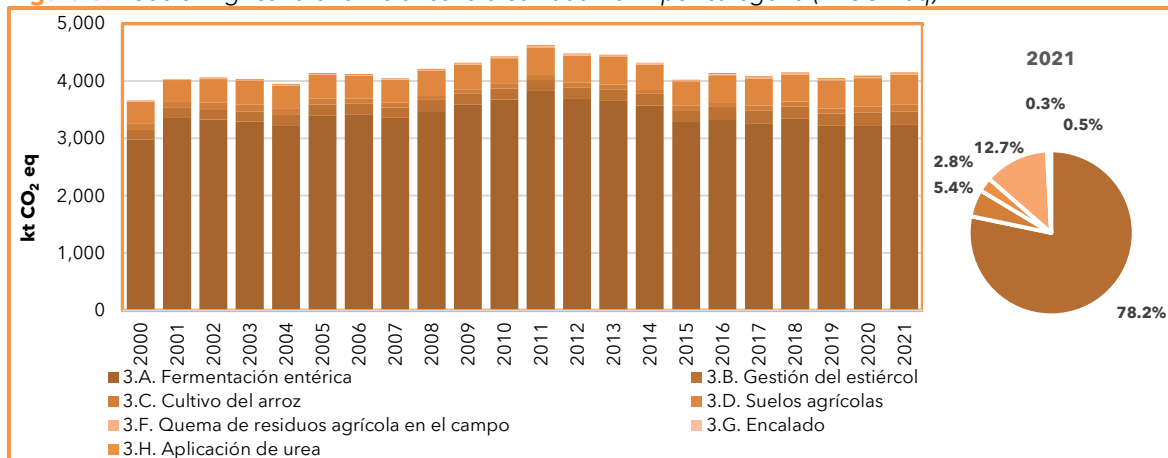
Con respecto a las categorías mayormente emisoras del sector agricultura en 2021, 78.2 % corresponde a la *fermentación entérica*, un 12.7 % a *suelos agrícolas*, y 5.4 % a la *gestión del estiércol* y, en menor proporción las demás categorías, las cuales en conjunto alcanzan solo el 3.7 % de las emisiones. Esto demuestra la relevancia significativa que tienen las emisiones de CH₄ provenientes de la ganadería en el balance de GEI del país, en particular de la *fermentación entérica*.

Tabla 5.2 Sector Agricultura: emisiones totales por categoría (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.A. Fermentación entérica	2,978.6	3,676.9	3,655.4	3,264.8	3,216.5	3,231.8	3,246.2
3.B. Gestión del estiércol	170.2	187.6	197.1	216.1	215.9	215.3	222.1
3.C. Cultivo del arroz	114.5	84.3	87.0	91.6	89.6	106.8	116.1
3.D. Suelos agrícolas	375.1	449.3	481.7	468.5	490.0	495.7	528.9
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	10.8	12.2	16.4	18.2	19.7	18.3	12.8
3.G. Encalado	0.2	2.0	1.9	2.3	2.3	1.6	2.0
3.H. Aplicación de urea	12.6	19.2	20.8	22.4	16.3	25.7	22.2
TOTAL	3,661.9	4,431.5	4,460.3	4,084.0	4,050.3	4,095.4	4,150.2

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.1 Sector Agricultura: emisiones totales 2000-2021 por categoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

En 2021, las emisiones totales del sector Agricultura por tipo de GEI están claramente dominadas por las emisiones de CH₄ provenientes de la ganadería, las cuales representan un 83.2 %, seguido por un 15.9 % de N₂O y un 0.6 % de CO₂ (Tabla 5.3 y Figura 5.2). Respecto a los gases precursores, se estimaron las emisiones de NO_x y CO producto de las *quemadas de residuos agrícolas en campo* y solo representaron un 0.3 %.

Tabla 5.3

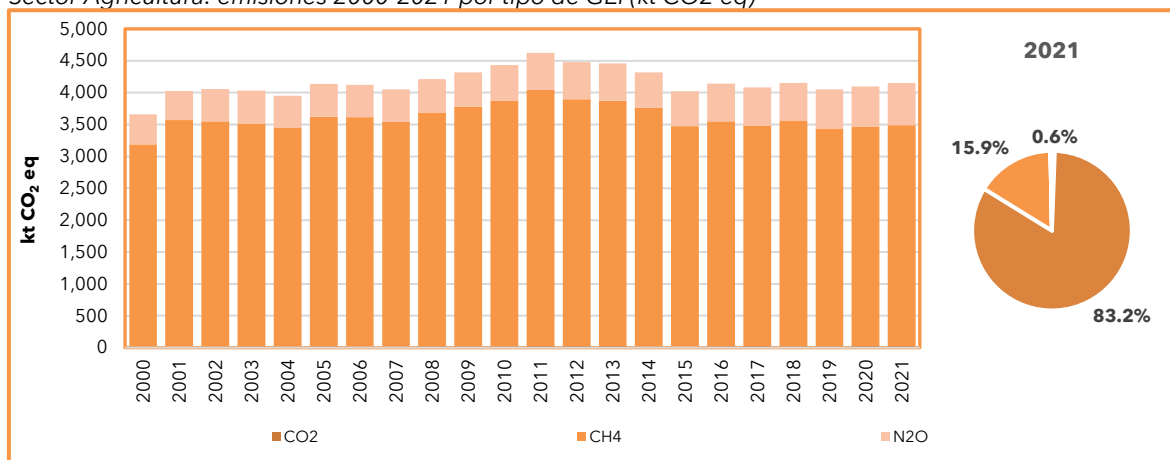
Sector Agricultura: emisiones por tipo de GEI (kt CO₂ eq)

GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	12.7	21.2	22.7	24.7	18.6	27.4	24.1
CH ₄	3,177.1	3,856.8	3,846.3	3,462.2	3,411.0	3,442.8	3,464.4
N ₂ O	472.0	553.5	591.3	597.1	620.6	625.2	661.7
Total	3,661.9	4,431.5	4,460.3	4,084.0	4,050.3	4,095.4	4,150.2

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.2

Sector Agricultura: emisiones 2000-2021 por tipo de GEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

El inventario de GEI Panamá para el sector Agricultura, serie temporal 2000-2021, aplicó las *Directrices del IPCC de 2006 y Refinamiento de 2019*. La Tabla 5.4 describe los métodos de nivel y los factores de emisión aplicados en cada una de las categorías del sector agricultura y tipo de GEI. Las *Directrices del IPCC de 2006* brindan las orientaciones sobre los principios de transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud.

Tabla 5.4

Sector Agricultura: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021.

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3. Agricultura	T1, NO	D, NO	T1, T2, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO, PE	T1, T2, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO
3.A. Fermentación entérica			T1, T2, NA, NO	T1, NA, NO, PE		
3.B. Gestión del estiércol			T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
3.C. Cultivo del arroz			T1, NO	D, NO		
3.D. Suelos agrícolas					T1, T2, NO	D, NO
3.E. Quema prescrita de sabanas			IE	IE	IE	IE

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo			T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
3.G. Encalado	T1	D				
3.H. Aplicación de urea	T1	D				
3.I. Otros fertilizantes que contienen carbono	NO	NO				
3.J. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Nota: T1 = método de Nivel 1; T2 = método de Nivel 2; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; NA = no aplica; NO = no ocurre; PE=País específico.

Las emisiones fueron estimadas aplicando el método de Nivel 2 para la categoría *fermentación entérica* en ganado lechero y otros vacunos, mientras que para el resto de las categorías se utilizó el nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, sin embargo, para algunos casos se utilizaron los factores de emisión por defecto del *Refinamiento de 2019*.

En cuanto a los datos de actividad del sector, se obtuvieron de estadísticas nacionales y de referencias internacionales. En general, los datos requeridos en el INGEI son las cabezas de ganado, kilogramos de fertilizantes nitrogenados aplicados a los suelos, kilogramos de nitrógeno de los residuos agrícolas en campo, toneladas de cal y toneladas de urea aplicadas, y hectáreas de rastrojos agrícolas quemados (restos de cosecha). Para la estimación de emisiones del sector Agricultura se han utilizado distintas fuentes de datos descritas en la Tabla 5.5, mayores detalles se encuentran en las respectivas categorías.

Tabla 5.5

Sector Agricultura: resumen de la fuente de los datos de actividad para los años 2000- 2021

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
AGRICULTURA		
3.A. Fermentación entérica	3.A.1.a. / 3. B.1.a. Vacas lecheras (vacas de alta, baja producción).	INEC: Estadísticas de los censos agropecuarios puntuales 2001 y 2011, como referencia para determinar la población de ganado lechero por región climática. Base de datos y estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT): Estadísticas de vacas lecheras.
	3.A.1.b / 3.B.1.b Otros vacunos (toros, novillos/as, toretes, terneros/as, buey.	INEC: Estadísticas pecuarias.
	3.A.2. / 3.B.2 Ovinos	MIDA: Datos puntuales de censos agropecuarios, estadísticas del MIDA y la aplicación del dictamen de expertos. Fuentes secundarias (nota de prensa).
	3.A.3. / 3.B.3 Porcino	INEC: Estadísticas pecuarias de población porcina.
3.B. Gestión del estiércol (los mismos datos de actividad.	3.A.4. / 3.B.4 Otro ganado (búfalos, caprinos, equinos, mulas y asnos, aves de corral.	INEC: Estadísticas pecuarias de población de aves de corral. Dictamen de experto: aplicado a la población de búfalos y nota de prensa. FAOSTAT: Estadísticas de equinos, mulas y asnos. Caprinos: se aplicaron las mismas fuentes de datos de la ovinos.
	3.C. Cultivo de Arroz	3.C.1. Irrigado 3.C.2. Alimentado por llluvias

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
AGRICULTURA		
3.D. Suelos Agrícolas	3.D.1.a. Fertilizantes de N sintético (F _{SN})	INEC: Estadísticas sobre importación de fertilizantes por año y según la descripción arancelaria.
	3.D.1.b. N orgánico aplicado como fertilizante (F _{ON})	ISGEI -Agricultura: Datos de la cantidad anual de N de estiércol gestionado aplicado en los suelos gestionados, se obtiene a partir de la estimación de emisiones de N ₂ O de la categoría 3.B. <i>Gestión del estiércol</i> . MIDA: Estadísticas de otros fertilizantes (ej. lombrices, compost) para el año 2021. Para el resto de la serie se estimó con base en el total de hectáreas de producción de ciertos rubros.
	3.D.1.c. N de la orina y el estiércol de animales en pastoreo (F _{PRP})	INGEI: Datos de orina y estiércol de animales en pastoreo se obtienen como resultado de la estimación de emisiones de N ₂ O la categoría 3.B. <i>Gestión del estiércol</i> .
	3.D.1.d. N en residuos agrícolas (F _{CR})	MIDA: Datos estadísticos de cierres agrícolas para los distintos rubros y puntualmente memorias históricas para datos de hectáreas de la producción de arroz a chuzo.
	3.D.1.d. Mineralización de N materia orgánica del suelo (F _{SOM})	ISGEI-UTCUTS: Se obtiene en base a cambios en el uso de la tierra, generados mediante fotointerpretación de imágenes satelitales.
3.F. Quema de Residuos Agrícolas	3.F.1. Cereales	MIDA: Datos estadísticos de la serie histórica sobre producción de caña.
	3.F.4. Caña de azúcar	Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental del MiAMBIENTE (DIVEDA): Estadísticas de incendios reportados y datos de cosecha en verde.
3.G. Encalado	3.G.1. Caliza	INEC: Estadísticas sobre importación de caliza por año y según la descripción arancelaria.
	3.G.1. Dolomita	Estadísticas de producción proporcionadas directamente por las empresas productoras.
3.H. Aplicación de Urea	3.H. Aplicación de Urea	INEC: Estadísticas sobre importación de urea por año y según la descripción arancelaria.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

En algunas categorías se aplicó el dictamen de experto de profesionales del MIDA, el IDIAP y actores sectoriales para subsanar algunos vacíos existentes de datos y para seleccionar el mejor parámetro de acuerdo a la categoría, tomando como referencia su conocimiento en la dinámica de la producción agropecuaria a nivel nacional, toda esta información fue documentada en el subsistema de información del SSINGEI, carpeta del sector agricultura y siguiendo los lineamientos establecidos en las *Directrices del IPCC de 2006*.

El cálculo de las emisiones de GEI del sector Agricultura se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo técnico de Agricultura con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.2. Fermentación entérica (CRT 3.A)

5.2.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de metano (CH₄) que es un subproducto de la *fermentación entérica*. La emisión de CH₄ ocurre como parte del proceso digestivo de los rumiantes, donde el microbiota arquea presente en el rumen usa el CO₂ y H₂, productos de la fermentación microbiana de la materia orgánica en el rumen, como principal sustrato de metanogénesis (Hungate, 1984). La metanogénesis en los rumiantes es un

proceso fisiológico tendiente a reducir la acumulación de H₂ en el rumen (Elmer *et al.*, 1997). En general, la categoría está conformada por las siguientes subcategorías de animales: *ganado vacuno, ovinos, porcinos, y otras especies* (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, las subcategorías animales incluyen *vacas lecheras de alta y de baja producción, otros vacunos* (vacas adultas doble propósito, novillos, novillas, terneros, terneras, toretes, toros y buey), *ovinos, porcinos, búfalos, caprinos, equinos, y mulas y asnos*.

El proceso de *fermentación entérica* en los animales se ve influenciado por varios factores, como la edad, el tipo de alimento, el tipo de animal y el sistema de producción. En el caso del ganado vacuno se logró estimar el factor de emisión país específico para vacas lecheras y otros vacunos. Para esto se utilizaron las ecuaciones descritas en el capítulo 10 de las *Directrices de IPCC 2006* sobre procedimientos para un nivel 2. Esta estimación del factor de emisión será la referencia para los próximos trabajos de investigación en el país y así continuar con el plan de mejoras para los próximos inventarios sección 5.2.8.

5.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría

Respecto a los GEI, la categoría *fermentación entérica* es la principal emisora del sector, representando el 78.2 %. En 2021, las emisiones de GEI contabilizaron 3,246.2 kt CO₂ eq, incrementándose en 9.0 % desde 2000 y en un 0.9 % desde 2019 (Tabla 5.6). Sin embargo, la dinámica de la tendencia se puede observar en la Figura 5.3, ya que para algunos años específicos las emisiones se reducen lo que se puede explicar que es debido a fenómenos climáticos y factores económicos. En el caso de los fenómenos climáticos, el fenómeno de El Niño afectó al país en 2002-2003, 2014-2015, generando un descenso en el inventario ganadero por la baja tasa de natalidad producto de las sequías (Olmedo, 2015). Mientras que los factores económicos de mayor incidencia son los altos costos de producción, inestabilidad de las exportaciones, y falta de incorporación de mejoras tecnológicas de manera integral en los sistemas de producción de carne y leche.

Durante el primer trimestre del 2022 el PIB de la agricultura, ganadería, caza y silvicultura creció en un 2.1 % esto impulsado por el crecimiento de la producción de arroz que aumentó 3.8 %, el maíz 2.0 %, la actividad ganadera también aumento los sacrificios de ganado vacuno, porcino y la de carne de pollo. Desde el tercer trimestre del 2021 el sector agropecuario reflejaba un crecimiento del 3.4 % a pesar de todas las restricciones producto de la pandemia COVID-19 (MEF, 2022).

El país desarrolla algunas iniciativas que buscan impulsar el sector agropecuario, entre los programas están promover la inseminación artificial, mejoramiento genético a través del programa un mejor semental. Además, se busca que los ganaderos puedan cambiar las pasturas tradicionales por mejoradas. Esto se impulsa a través del programa de difusión tecnológica en donde se entrega semillas de pastos mejorados a los productores y con esto se contribuye a mejorar la dieta de los animales (MIDA, 2022).

Con respecto a las subcategorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 82.6 %, esta subcategoría al igual que el ganado lechero fue desagregado y se ajustaron los factores de emisión, los detalles del trabajo realizado se presentan en la sección 5.2.3.2 sobre factores de emisión aplicados. La segunda subcategoría emisora son las *vacas lecheras* con 14.6 %, *equinos* con 1.6 %, y el resto de las categorías animales representan solo el 1.2 %.

Tabla 5.6

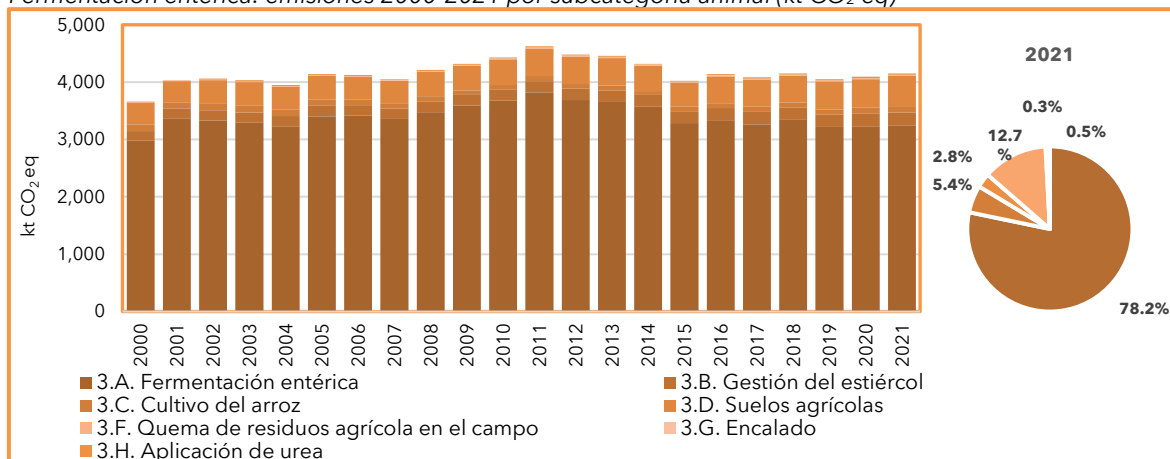
Fermentación entérica: emisiones por subcategoría animal (kt CO₂ eq)

Subcategoría animal	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.A.1.a. Vacas lecheras	457.6	612.9	522.3	475.7	470.5	472.4	473.7
3.A.1.b. Otros vacunos	2,427.5	2,987.1	3,052.5	2,700.7	2,657.7	2,669.8	2,680.8
3.A.2. Ovinos	0.8	2.4	3.0	3.6	3.9	4.0	4.1
3.A.3. Porcinos	7.8	7.7	9.6	11.2	10.0	10.2	11.3
3.A.4.a. Búfalos	1.9	4.3	7.9	14.5	17.9	19.5	21.2
3.A.4.d. Caprinos	0.7	1.1	1.5	2.1	2.7	2.9	3.2
3.A.4.e. Equinos	81.1	60.5	58.0	56.2	53.2	52.3	51.3
3.A.4.f. Mulass y asnos	1.1	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
TOTAL	2,978.6	3,676.9	3,655.4	3,264.8	3,216.5	3,231.8	3,246.2

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.3

Fermentación entérica: emisiones 2000-2021 por subcategoría animal (kt CO₂ eq)



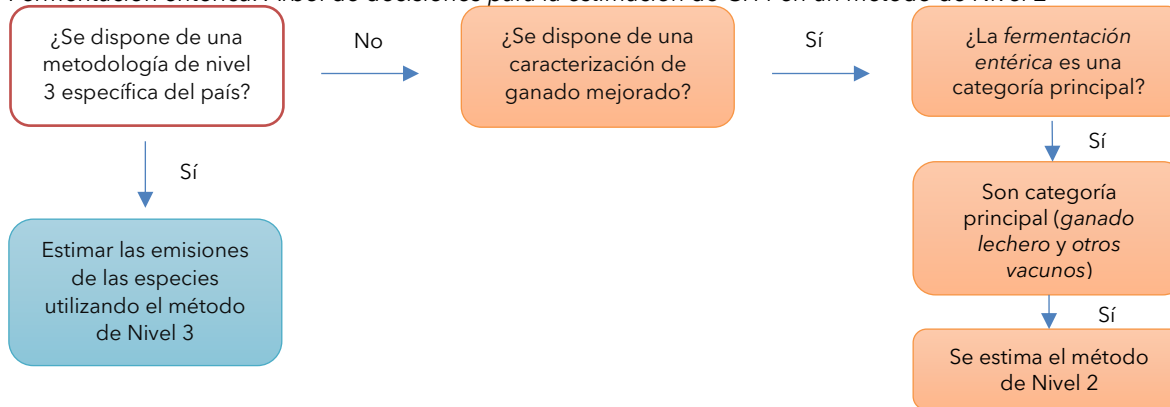
Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Las emisiones de CH₄, han sido estimadas aplicando un método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* y la revisión del *Refinamiento de 2019* para las subcategorías de *ganado lechero* y *otros vacunos*, se consideró el uso del árbol de toma de decisiones (Figura 5.4). La Tabla 5.7 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Figura 5.4

Fermentación entérica: Árbol de decisiones para la estimación de CH₄ en un método de Nivel 2



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Se aplicó el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para las subcategorías de *ganado lechero* y *otros vacunos* y un nivel 1 para el resto de las subcategorías. La Tabla 5.7 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 5.7

Fermentación entérica: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI

Categorías de fuente de GEI	CH ₄	
	Método aplicado	Factor de emisión
3.A. Fermentación entérica	T1, T2, NA, NO	D, NA, NO PE
3.A.1. Vacunos	T2	PE
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	T2	PE
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	T2	PE
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	T2	PE
3.A.1.b.2 Ganado de novillos/as	T2	PE
3.A.1.b.3 Toros/toretos y buey	T2	PE
3.A.1.b.4 Terneros/as	T2	PE
3.A.2. Ovinos	T1	D
3.A.3. Porcinos	T1	D
3.A.4. Otro ganado	T1, NA, NO	D, NA, NO
3.A.4.a. Búfalos	T1	D
3.A.4.b. Camélidos	NO	NO
3.A.4.c. Ciervos	NO	NO
3.A.4.d. Caprinos	T1	D
3.A.4.e. Equinos	T1	D
3.A.4.f. Mulas y asnos	T1	D
3.A.4.g. Aves de corral	NA	NA
3.A.4.h. Otras especies	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; T2 = método de Nivel 2; D = valor por defecto; NA = no aplica, NO = no ocurre; PE = País específico.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las emisiones producto de la *fermentación entérica* se calculan utilizando la ecuación 10.19, capítulo 10, volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* que nos permite estimar las emisiones de cada una de las subcategorías de *ganado vacuno* y *otro ganado*; para efecto de este inventario se presenta la estimación de factores de emisión propio para el país para cada una de las subcategorías de *ganado vacuno lechero* y *otros vacunos*, con referencia en datos nacionales.

Para la variable T, las categorías que se están reportando obedece a las especies ampliamente consumidas por la población y que a su vez se encuentran relacionadas con las actividades económicas. Las emisiones totales de la *fermentación entérica* se obtienen sumando el total de datos generados para cada especie, tal como se indica en la Ecuación 10.20, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

5.2.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad de la población animal provienen de distintas fuentes descritas en la Tabla 5.5, según el caso y para construir la serie temporal 2000-2021, se aplicaron las técnicas de empalme de datos correspondientes a interpolaciones y extrapolaciones con base en los datos de los censos agropecuarios del 2001 y 2011.

De acuerdo al análisis de categorías principales del previo inventario, esta categoría es principal para ganado lechero y otros vacunos, por lo que para este nuevo ciclo de inventario se priorizó mejorar la información y estimar un factor de emisión propio para el país, siguiendo los lineamientos establecidos en las *Directrices del IPCC de 2006*. Con base en las recomendaciones para un nivel 2 se solicita colocar la definición de cada una

de las subcategorías de ganado la cual se encuentra en la Tabla 5.8; de aquí en adelante se describirá todo lo realizado para esta categoría.

Tabla 5.8

Fermentación entérica: definiciones de subcategorías de ganado lechero y otros vacunos

Subcategoría	Definición IPCC	Definición país
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	Vacas con al menos una parición y que se destinan para producción de leche.	Se considera como tales las hembras desde su primer parto hasta finalizar la etapa reproductiva (IDIAP, sf.). Las vacas de alta producción contemplan razas lecheras especializadas, localizadas en tierras altas (Cuenca lechera), con un clima tropical montano, es decir condiciones muy favorables propias para producción de leche. Predomina un sistema de alimentación de suplementos con pasturas mejoradas de alta digestibilidad.
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	Vacas con al menos una parición y que se destinan para producción de leche.	Se considera como tales las hembras desde su primer parto hasta finalizar la etapa reproductiva (IDIAP, sf.). Contempla razas lecheras, sin embargo, a estas se les encuentra a lo largo del territorio nacional. Cuentan con sistemas mecanizados en todo el proceso, pastorean y se les brinda un porcentaje de suplemento.
3.A.2.b.1 Vacas doble propósito,	Vacas usadas para más de un propósito productivo: leche, carne, tiro.	Se considera como tales las hembras desde su primer parto hasta finalizar la etapa reproductiva (IDIAP, sf.), para efecto del inventario se consideran a las vacas de un promedio de 4 litros por día en donde el objetivo es el doble propósito, obtener leche y animales para carne.
3.A.2.b.2 Toros/ toretes/ buey	Toros utilizados principalmente con fines reproductivos Bueyes utilizados principalmente para fuerza de tiro	Toros: son los machos que han sido destinados a la reproducción hasta finalizar la etapa reproductiva (IDIAP, sf.). Torettes: Se refiere a los machos enteros de un año o más de edad en levantamiento, dedicados para reproducción y destinados a ser sementales o padrotes (INEC, 2011). Buey: Son aquellos machos utilizados como animales de trabajo en las faenas del campo, en la tracción o tiro de carretas, arados, rastras o trapiches (INEC, 2011), ambas definiciones coinciden con las del IPCC, para efecto del inventario se les agrupa. Se espera mejorar la desagregación para los próximos inventarios.
3.A.2.b.3 Novillos o ganado de engorde	Ganado vacuno o búfalos en crecimiento / de engorde post-destete	Se considera en esta subcategoría los vacunos machos en edades mayores a 12 meses. En cuanto a las novillas se considera una edad mayor a los 12 meses, hasta la edad de su primer parto, el cual no debe ser mayor a los 36 meses de edad (IDIAP, sf.).
3.A.2.b.4 Terneros/ terneras.	Terneros antes del destete.	Se considera terneros y terneras a los vacunos en edad de cero a 12 meses (IDIAP, sf.).

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

** Para efectos de este inventario se realizó una homologación con la definición de las *Directrices del IPCC de 2006* y definiciones del país, el equipo reconoce que hay un potencial de mejoras para los datos y para cada una de estas subcategorías, sin embargo, dependemos mucho de las estadísticas desagregadas por región agroclimática y por subcategoría animal, lo que podría estar disponible para el próximo ciclo de inventario, ya que se estará realizando el censo nacional agropecuario lo que actualizará las estadísticas del sector.

Los datos de actividad de ganado lechero y otros vacunos se presentan en la Tabla 5.9. En el caso de las vacas lecheras se utilizaron los datos de FAOSTAT, que fue validada y tomo como referencia información levantada por las sedes regionales del MIDA para obtener una clasificación de las vacas lecheras de alta y de baja producción en base al grado (A, B y C¹⁸). Con esta referencia y el censo del año 2011, se logró estimar el total de cabezas de ganado lechero para alta y baja producción.

¹⁸ La leche en Panamá se clasifica en grado A, B y C de acuerdo a la tecnificación en las fincas lecheras y la carga bacteriana (INEC, s.f.).

Tabla 5.9

Fermentación entérica: población animal de ganado lechero y otros vacunos (cabezas/año)

Años	Vacas lecheras de alta producción	Vacas lecheras de baja producción*	Vacas doble propósito	Toros reproductivos	Novillos/as	Terminos/as
2000	34,781	105,219	400,399	99,799	443,686	258,516
2001	34,532	104,468	453,505	72,040	590,313	276,858
2002	36,321	109,879	306,400	58,300	578,700	296,700
2003	36,619	110,781	442,600	49,100	576,300	283,000
2004	36,520	110,480	440,022	41,335	558,695	293,348
2005	36,892	111,608	474,800	53,200	578,400	309,700
2006	36,395	110,105	490,200	54,200	575,500	295,200
2007	40,246	121,754	501,700	52,600	516,200	293,700
2008	42,482	128,518	601,600	48,800	433,000	348,700
2009	44,469	134,531	656,900	51,200	425,300	308,700
2010	46,581	140,919	660,300	58,500	446,300	288,300
2011	45,712	138,288	628,164	75,857	522,809	317,918
2012	47,202	142,798	530,000	56,700	557,200	388,600
2013	39,697	120,091	540,212	66,300	558,100	402,900
2014	38,062	115,145	505,593	53,000	534,000	379,400
2015	36,406	110,137	475,357	45,800	524,600	348,200
2016	36,671	110,940	481,989	49,700	533,700	341,200
2017	36,156	109,381	483,863	46,000	506,900	340,700
2018	36,809	111,356	500,435	48,200	515,700	344,400
2019	35,761	108,185	439,654	43,700	542,300	329,000
2020	35,904	108,617	441,079	43,600	545,700	330,600
2021	36,003	108,919	447,178	52,900	533,200	331,600

Nota (*): Se incluye tanto la región tropical húmeda y muy húmeda ya que comparten promedios de temperaturas anuales muy similares, por lo tanto, se agruparon para efecto de reportar datos de actividad.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Los datos para la población de otro ganado provienen de distintas fuentes descritas la Tabla 5.5, y los respectivos datos se presentan a continuación (Tabla 5.10).

Tabla 5.10

Fermentación entérica: población animal para otras subcategorías de ganado (cabezas/año)

Años	Ovinos	Porcinos	Búfalos	Caprinos	Equinos	Mulas y asnos	Aves de corral
2000	5,735	277,700	1,000	5,200	161,000	4,000	14,741,099
2001	6,024	312,189	1,127	6,165	134,781	3,254	15,004,690
2002	7,293	303,000	1,255	6,384	153,000	4,100	15,994,538
2003	8,562	312,100	1,382	6,405	149,000	4,150	15,588,811
2004	9,831	291,100	1,509	6,822	145,000	4,200	16,166,646
2005	11,100	286,200	1,637	7,041	141,000	4,200	17,415,048
2006	12,369	277,700	1,764	7,260	138,000	4,200	17,849,578
2007	13,637	325,200	1,892	7,478	133,000	4,200	18,148,007
2008	14,906	317,900	2,019	7,697	130,000	3,750	19,249,337
2009	16,175	273,200	2,146	7,916	125,000	3,300	18,848,667
2010	17,444	276,400	2,274	8,135	120,000	2,850	20,179,297
2011	18,713	322,121	2,401	8,354	114,395	2,396	18,919,658
2012	19,928	320,600	3,274	9,462	115,000	2,400	20,568,400
2013	21,142	341,800	4,146	10,569	115,000	2,400	19,970,100
2014	22,357	345,700	5,019	11,677	116,000	2,450	22,954,900
2015	23,571	365,000	5,892	12,785	112,028	2,413	24,049,000
2016	24,786	389,000	6,764	13,892	114,343	2,377	24,018,600
2017	26,000	400,700	7,637	15,000	111,491	2,340	25,562,200
2018	26,800	369,200	8,509	17,000	107,857	2,280	26,396,100
2019	27,600	356,300	9,382	19,000	105,646	2,223	28,286,100
2020	28,400	365,700	10,255	21,000	103,674	2,176	25,718,700
2021	29,200	403,700	11,127	23,000	101,702	2,129	27,906,000

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.2.3.2. Factores de emisión aplicados en cada categoría

Los factores de emisión aplicados para la categoría corresponden a valores por defecto provenientes de las *Directrices del IPCC de 2006* para la población de *otro ganado* tal como se presenta en la (Tabla 5.11). Sin embargo, para el *ganado lechero* y *otros vacunos* se generó un factor de emisión país específico con un método de Nivel 2 cuyos resultados se presentan a continuación y su respectivo proceso de cálculo se describe en las siguientes secciones.

Tabla 5.11

Fermentación entérica: factores de emisión aplicados en cada una de las subcategorías.

Subcategoría animal	Unidad (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	Fuente
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	118.56	PE
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	116.15	PE
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	87.30	PE
3.A.1.b.2 Novillos/as	80.46	PE
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	90.17	PE
3.A.1.b.4 Terneras/os	27.24	PE
3.A.2. Ovinos	5.00	Directrices de 2006
3.A.3. Porcinos	1.00	Directrices de 2006
3.A.4.a. Búfalos	68.00	Refinamiento de 2019
3.A.4.d. Caprinos	5.00	Directrices de 2006
3.A.4.e. Equinos	18.00	Directrices de 2006
3.A.4.f. Mulass y asnos	10.00	Directrices de 2006

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.
Nota: PE (País específico)

Siguiendo la metodología descrita en las *Directrices del IPCC de 2006*, se logró obtener un factor de emisión con un método de Nivel 2 para *ganado lechero* y *otros vacunos*, de acuerdo con el anterior inventario estas subcategorías son principales, para esto se utilizaron parámetros nacionales los cuales se estarán describiendo en las siguientes secciones. La Tabla 5.12 muestra las ecuaciones utilizadas para obtener factores de emisión con un método de Nivel 2.

Tabla 5.12

Fermentación entérica: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI

Ecuaciones (IPCC, 2006)	Vacas lecheras de alta producción	Vacas lecheras de baja producción	Vacas doble propósito	Ganado de novillos /as	Toros/toretos y buey	Terneros /as
Ecuación 10.3 Mantenimiento (NEm)	X	X	X	X	X	X
Ecuación 10.4 Actividad (NEa)	X	X	X	X	X	X
Ecuación 10.6 Crecimiento (NEg)	NA	NA	NA	X	X	X
Ecuación 10.8 Lactancia (NEI)	X	X	X	NA	NA	NA
Ecuación 10.11 Trabajo (NEt)	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ecuación 10.13 Preñez (NEp)	X	X	X	NA	NA	NA
Ecuación 10.14 REM	X	X	X	X	X	X
Ecuación 10.15 REG	X	X	X	X	X	X
Ecuación 10.16 Energía bruta (GE)	X	X	X	X	X	X
Ecuación 10.21 Factor de emisión	X	X	X	X	X	X

Nota: NA: No aplica.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las estimaciones de las emisiones con un método de Nivel 2 para la *fermentación entérica* requiere datos promedios sobre ingesta de alimentos para un animal representativo de cada subcategoría. La ingesta de alimentos se mide en términos de energía bruta megajulios (MJ) por día, o de kilogramos (kg) de materia seca por día. Para esto se utilizan una serie de ecuaciones presentadas en las *Directrices del IPCC de 2006*.

Metodología y ecuaciones utilizadas para la estimación de la fermentación entérica con un método de Nivel 2 para ganado lechero y otros vacunos.

En Panamá la ganadería se desarrolla a lo largo del territorio nacional teniendo un impacto significativo en la economía nacional y para los productores. Para estimar un factor de emisión propio del país se contó con parámetros nacionales y se homologó la definición de los tipos de ganado lechero y otros vacunos como se describió anteriormente en la Tabla 5.8. Adicional, se debe contar con parámetros nacionales los cuales se presentan a continuación.

- **Peso (W), kg:** se refiere al peso del animal vivo sin llegar a la etapa adulta y consistió en la revisión de fuentes secundarias y revisadas con experto sectorial.
- **Aumento o ganancia de peso promedio por día (WG), $kg\ día^{-1}$:** los datos al igual que la variable anterior conto con la revisión de fuentes secundarias (tesis y estudios) adicional se consultó con expertos del sector.
- **Peso maduro (MW), kg:** corresponde al peso maduro, este dato varía entre razas y debe reflejar el peso del animal cuando éste se encuentre en una condición corporal moderada y de adulto.
- **Situación alimentaria:** en el país lo que más representa la alimentación en ganado vacuno son las pasturas, sin embargo, en la ganadería de leche se utilizan suplementos. Esta variable se incluirá en los próximos inventarios, ya que se requiere levantar datos de campo.
- **Promedio diario de producción de leche ($kg\ día^{-1}$):** el dato de producción diaria de leche si pudo obtenerse. Los datos específicos se presentan en los anexos del SSINGEI. Se aplicaron dictámenes de experto y datos promedios para toma de decisiones sobre la cantidad de litros producida para vacas de alta, baja producción y vacas doble propósito.
- **Contenido de grasa de la leche ($kg\ día^{-1}$):** se trata del porcentaje de la grasa en la leche, este dato se obtiene de las empresas que compran a los productores y de referencias secundarias.
- **Digestibilidad de los alimentos ($DE\%$):** es la parte de energía contenida en el alimento que no se excreta con las heces. Ese porcentaje de alimento que no se digiere representa el % de la ingesta de materia seca que se va a excretar en forma de heces. En el caso de las pasturas a medida que aumenta la madurez disminuye la digestibilidad. Los rangos de digestibilidad habituales para subproductos agrícolas y tierras de pastoreo (45-55%), buenas pasturas, forraje bien conservado y dietas basadas en granos complementados con forraje (75%) y para dietas basadas en granos (75-85%), (IPCC, 2006).

Ecuaciones utilizadas en la estimación del FE de la fermentación entérica

El factor de emisión de la *fermentación entérica* (CH_4) es la cantidad de CH_4 en kg generado por el ganado durante un año. Para efecto de los cálculos se relaciona la cantidad de energía ingerida (energía que utiliza el animal para realizar todas sus actividades como mantenimiento, producción y otras) y el factor de conversión de CH_4 (Y_m) el cual se refiere a la proporción de la energía consumida y convertida a CH_4 . En cuanto a la energía que consume el animal, depende y varía mucho con la raza, el sexo, el estado fisiológico y los factores ambientales (IPCC, 2006).

Todas las ecuaciones utilizadas se describen a continuación y se presentan con el objetivo de identificar cuáles son los parámetros que se utilizan para estimar la energía bruta de cada subcategoría de vacas lecheras y otros vacunos.

Ecuación 5.7

Energía neta para el mantenimiento (NE_m)

$$NE_{(m)} = Cfi * (Peso)^{0.75}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día⁻¹
- Cfi = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹
- Peso = peso vivo del animal, kg.

Esta energía es la que el animal necesita para mantener el equilibrio sin que gane o pierda energía corporal.

Ecuación 5.8

Energía neta para la actividad (NE_a)

$$NE_{(a)} = Ca * NE_{(m)}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹
- Ca = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5), MJ día⁻¹ kg⁻¹
- $NE_{(m)}$ = energía neta requerida para su mantenimiento, MJ día⁻¹

Esta energía es la que el animal necesita para obtener su alimento, agua, refugio.

Ecuación 5.9

Energía neta para el crecimiento (NE_g)

$$NE_{(g)} = 22.02 * \left(\frac{BW}{C * MW} \right)^{0.75} * WG^{1.097}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- NE_g = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹
- BW = peso corporal vivo promedio de los animales de la población, kg
- C = coeficiente con un valor de 0,8 para hembras, 1,0 para castrados y 1,2 para toros (NRC, 1996)
- MW = peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg
- WG = aumento de peso diario promedio de los animales de la población, kg día⁻¹

Esta energía es la que el animal necesita para ganar peso.

Ecuación 5.10

Energía neta para la lactancia (NE_l)

$$NE_{(l)} = Leche * (1.47 + 0.40 * Grasa)$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹
- Leche = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹
- Grasa = contenido graso de la leche, % por peso.

Es la energía utilizada en la lactancia y se expresa en función de la cantidad de leche producida y el contenido de grasa en porcentaje.

Ecuación 5. 11

Energía neta para el trabajo (NE_t)

$$NE_t = 0.10 * NE_{(m)} + horas$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- NE_t = energía neta para el trabajo, MJ día⁻¹
- $NE_{(m)}$ = Energía neta para el mantenimiento, MJ día⁻¹
- Horas = cantidad de horas de trabajo al día.

Es la energía utilizada para el trabajo. Se emplea para estimar la energía requerida para la fuerza de tiro de vacunos.

Ecuación 5. 12

Energía neta para la preñez (NE_p)

$$NE_p = C_{preñez} * NE_m$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- NE_a = energía neta para la preñez, MJ día⁻¹
- $C_{preñez}$ = coeficiente de preñez (Cuadro 10.7)
- NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

Es la energía neta para la preñez, es el requerimiento de la energía para la preñez durante un período de 281 días promedio en todo el año.

Ecuación 5. 13

Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM)

$$REM = \left[1.123 - (4.092 * 10^{-3} * DE\%) + [1.126 - 10^{-5} * (DE\%)^2] - \left(\frac{25.4}{DE\%} \right) \right]$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida.
- DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta.

Ecuación 5. 14

Relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (REG).

$$REG = \left[1.164 - (5.160 * 10^{-3} * DE\%) + [1.308 - 10^{-5} * (DE\%)^2] - \left(\frac{37.4}{DE\%} \right) \right]$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- REG = relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida
- DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta.

Ecuación 5. 15

Energía bruta (GE)

$$GE_{(T)} = \frac{\left[\left(\frac{NE_{(m)} + NE_{(a)} + NE_{(t)} + NE_{(w)} + NE_{(p)}}{REM} \right) + \left(\frac{NE_{(g)} + NE_{(lana)}}{REG} \right) \right]}{DE/100}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Donde:

- $GE_{(t)}$ = Consumo de energía bruta total para cada una de las categorías IPCC, $Mj\ día^{-1}$
- $NE_{(m)}$ = Energía neta para el mantenimiento, $MJ\ día^{-1}$
- $NE_{(a)}$ = Energía neta para la actividad física, $MJ\ día^{-1}$
- $NE_{(g)}$ = Energía neta para el crecimiento, $MJ\ día^{-1}$
- $NE_{(l)}$ = Energía neta para la lactancia, $MJ\ día^{-1}$
- $NE_{(p)}$ = Energía neta para la preñez, $MJ\ día^{-1}$
- $NE_{(w)}$ = Energía neta para el trabajo, $MJ\ día^{-1}$
- REM = Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida.
- REG = Relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida.
- DE% = Energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta.

El requerimiento de energía bruta en el ganado vacuno no es más que la suma de los requerimientos del animal para desarrollar cada una de sus actividades, es decir la energía que gasta para moverse, crecer, mantenimiento, entre otras. Esto varía en cada grupo etéreo.

Los resultados de la estimación y aplicación de las distintas ecuaciones y sus respectivos parámetros nacionales permiten obtener la energía bruta, estos resultados se presentan en las Tabla 5.13, Tabla 5.14, Tabla 5.15, es importante mencionar que todo este trabajo es la base para levantar estudios específicos por región agroclimática, alimento y ganado en los próximos ciclos de inventarios.

Tabla 5.13

Fermentación entérica, parámetros nacionales para obtener la energía bruta (GE)

Subcategoría	Peso en pie (Kg)*	Peso adulto (Kg)	Aumento peso/día	Producción leche (Kg/día)	Grasa en la leche (%)	Digestibilidad del alimento (%)
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	500	550	NA	17.00	3.775	65.00
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	450	500	NA	11.00	3.775	60.00
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	375	400	NA	4.00	3.500	56.00
3.A.1.b.2 Novillos/novillas	350	500	0.400	NA	NA	56.00
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	350	550	0.450	NA	NA	56.00
3.A.1.b.4 Terneros/terneras	80	500	0.400	NA	NA	60.00
Fuente	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional	Datos de laboratorio.

Nota: NA= No aplica.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

*El dato de peso en pie para cada subcategoría es un promedio ya que las *Directrices del IPCC de 2006* no especifica la edad y en cada grupo etéreo esto puede variar, los valores de los novillos el promedio está en función del peso que se recibe para iniciar una ceba, mientras que los terneros es el promedio de peso al nacer 35kilogramos hasta llegar a 160 kilogramos que es cuando inicia la siguiente fase.

Tabla 5.14

Fermentación entérica, parámetros por defecto para obtener la energía bruta (GE).

Subcategoría	Coefficiente por defecto para mantenimiento	Energía para el mantenimiento (MJ día ⁻¹)	Coefficiente de actividad	Energía para la actividad (MJ día ⁻¹)	Coefficiente crecimiento *	Energía neta crecimiento (MJ día ⁻¹)
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	0.386	41.00	0.17	6.94	1.00	NA
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	0.386	38.00	0.17	6.41	1.00	NA
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	0.322	27.00	0.36	9.88	1.00	NA
3.A.1.b.2 Novillos/novillas	0.322	26.00	0.36	9.38	0.80	13.00
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	0.370	30.00	0.36	10.78	1.00	6.50

Subcategoría	Coefficiente por defecto para mantenimiento	Energía para el mantenimiento (MJ día-1)	Coefficiente de actividad	Energía para la actividad (MJ día-1)	Coefficiente crecimiento *	Energía neta crecimiento (MJ día-1)
3.A.1.b.4 Terneros/terneras	0.322	9.00	0.36	3.10	0.40	4.10
Fuente	Tabla 10.4 (IPCC, 2006)	Ecuación 10.3 (IPCC, 2006)	Tabla 10.5 (IPCC, 2006)	Ecuación 10.4 (IPCC, 2006)	IPCC, 2006 y MIDA	Ecuación 10.6 (IPCC, 2006)

Nota: NA= No aplica.

* El uso de estos coeficientes está en función de la unidad animal que maneja la Dirección de Ganadería del MIDA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 5.15

Fermentación entérica, parámetros por defecto para obtener la energía bruta (GE)-continuación.

Subcategoría	Energía neta para la lactancia (MJ día-1)	Coefficiente preñez	Energía preñez (MJ día-1)	Relación entre la energía para mantenimiento en la dieta y la energía consumida	Relación entre la energía para crecimiento en la dieta y la energía consumida	Factor de conversión (Y _m)
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	50.66	0.1	4.08	0.51	0.31	5.9
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	32.78	0.1	3.77	0.49	0.28	6.5
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	11.48	0.1	2.74	0.48	0.25	6.9
3.A.1.b.2 Novillos/novillas	NA	NA	NA	0.48	0.25	6.9
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	NA	NA	NA	0.48	0.25	6.9
3.A.1.b.4 Terneros/terneras	NA	NA	NA	0.49	0.28	6.5
Fuente	Ecuación 10.8 (IPCC, 2006)	Tabla 10.7 (IPCC, 2006)	Ecuación 10.13 (IPCC, 2006)	Ecuación 10.14 (IPCC, 2006)	Ecuación 10.15 (IPCC, 2006)	Ecuación Cambra-López et al., 2008.

Nota: NA= No aplica.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Factor de conversión de metano (Y_m)

El factor de conversión del CH₄ (Y_m) se refiere a la energía del alimento que se convierte en CH₄, esto puede depender de varios factores asociados al alimento y de la interacción con el animal. La tasa de conversión se representa como el porcentaje de la ingesta bruta convertida a CH₄. Este factor puede variar de una región a la otra ya que en el país existen distintas condiciones, razas y tipos de alimentos incluyendo el amplio rango de pasturas.

Las *Directrices del IPCC del 2006* y el *Refinamiento de 2019* proporcionan rangos de Y_m por defecto los cuales se pueden utilizar si el país no cuenta con factores propios. Los valores de las directrices están en función de la calidad de las raciones y las pasturas, la digestibilidad y el valor energético. Si estas últimas son altas, se utilizan los valores más bajos, mientras que si pasa lo contrario la digestibilidad y la calidad de la pastura es baja y poco valor energético se utilizan los valores más altos de Y_m (IPCC, 2006). Las *Directrices del IPCC de 2006*, proponen valores de Y_m para el ganado vacuno entre el 2 y el 7,5 % y con digestibilidad de la dieta entre 45 y 85 %.

El Y_m es un factor clave para estimar las emisiones de CH₄, por lo que se requiere estudiar o hacer investigaciones regionales tomando en cuenta las razas de ganado y la amplia variedad de alimento. Para estimar el Y_m para el país se utilizó la digestibilidad para cada una de las subcategorías de ganado lechero y otros vacunos, para esto se adoptó la ecuación de Cambra-López, et al., 2008, quien reviso múltiples trabajos publicados que

aportaron información sobre la digestibilidad y la producción de CH₄ en ganado vacuno. Según los datos revisados los rangos de Y_m se encontraron entre 1.9 y 7.5 %, mientras que para la digestibilidad entre un 45 y 85 %. En el caso de la digestibilidad el laboratorio del IDIAP estima la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS).

La ecuación utilizada para estimar el (Y_m) corresponde a una regresión polinómica y es la siguiente:

Ecuación 5. 16

Estimación de Y_m

$$Y_m = (-0.0038)DE^2 + (0.3801)DE - 0.81111$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Donde:

- Y_m = Factor de conversión de CH₄, expresado como la fracción de la energía bruta (EB) del alimento que se transforma en CH₄.
- DE = Digestibilidad de la energía (%)

Dicha regresión presenta un coeficiente de determinación (R²) igual a 0.87, de lo que se desprende que en ganado vacuno la digestibilidad es un buen predictor de la producción de CH₄, explicando el 87% de la variación en Y_m (Cambra-López, et al., 2008).

Tabla 5.16

Resultados: Factor de conversión para cada una de las subcategorías de ganado

Subcategoría	Digestibilidad %DE	Ecuación de (Cambra-López et al., 2008). Y _m
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	65	5.9
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	60	6.5
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	56	6.9
3.A.1.b.2 Novillos/novillas	56	6.9
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	56	6.9
3.A.1.b.4 Terneros/terneras	60	6.5

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Los resultados de la estimación del Y_m mostrados en la Tabla 5.16, son valores que se encuentran entre los rangos por defecto presentados en las *Directrices del IPCC de 2006*, dada la importancia de este dato, el equipo debe continuar trabajando para afinar estos valores y evaluar el uso de otras ecuaciones que permitan predecir el Y_m y ajustar el factor de emisión en el país.

Los Y_m generados en este inventario son similares a los del estudio de (Guzman & Sager, 2013), en Argentina, demostrando que la digestibilidad de los alimentos es un factor determinante en la generación de las emisiones de CH₄ en la actividad ganadera. Las emisiones de la *fermentación entérica* varía de un grupo etéreo a otro, por lo que se requiere mejorar los datos específicos para cada una de las subcategorías y sus parámetros.

Resultados de los factores de emisión país específico

La ecuación general que se utiliza para estimar la fermentación entérica es la 10.21, pero para llegar a estimar un factor de emisión se requiere estimar la energía bruta y el factor de conversión del CH₄ (Y_m), que contempla todas las ecuaciones anteriores, en cada una de ellas se utilizan parámetros del país, el objetivo a corto y mediano plazo es levantar información por región agroclimática para poder afinar las estimaciones.

Tabla 5.17

Fermentación entérica: ecuación para estimar el factor de emisión de cada subcategoría

$$FE_{(T)} = \frac{GE_t \times \left(\frac{Y_m}{100}\right)}{55,65}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Donde:

- $FE_{(T)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹
- T = especie/subcategoría de ganado.
- GE_t = consumo de energía bruta total para cada una de las categorías IPCC (Mj día⁻¹).
- Y_m = factor de conversión en CH₄, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en CH₄.
- 55.65= el factor 55.65 (Mj/kg CH₄), corresponde al contenido de energía del metano.

La Tabla 5.18 es el resultado de las estimaciones del factor de emisión para ganado lechero y otros vacunos, en donde se utilizaron parámetros nacionales para obtener la energía bruta y para el Y_m se adoptó la ecuación de Cambra-López, *et al.* 2008, cuyos resultados se describen en la Tabla 5.16 y los distintos parámetros se encuentran en la base de datos del SSINGEI para la categoría *fermentación entérica*.

Tabla 5.18

Factor de emisión para cada una de las subcategorías de ganado

Subcategorías	Energía bruta MJ cabeza-1 día-1 (GE)	Factor de conversión del metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en CH ₄ (Y _m)	Factor (MJ/kg CH ₄) contenido de energía del CH ₄ (55.65)	Factor de emisión /Subcategoría Kg CH ₄ /año (EF)
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	306.88	5.9	55.65	118.56
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	271.81	6.5	55.65	116.15
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	193.53	6.9	55.65	87.30
3.A.1.b.2 Novillos/novillas	178.36	6.9	55.65	80.46
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	199.90	6.9	55.65	90.17
3.A.1.b.4 Terneros/terneras	63.75	6.5	55.65	27.24
Fuentes:	<i>Ecuaciones del IPCC con parámetros nacionales</i>	<i>Estimación, utilizando la ecuación de Cambra-López et al., 2008.</i>	<i>Valor por defecto</i>	<i>Obtenido a partir de ecuaciones del IPCC de 2006</i>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se mencionó anteriormente estos resultados y la aplicación de la metodología propuesta en las *Directrices del IPCC de 2006 y Refinamiento de 2019* son las bases para poder ajustar los factores de emisión en el país, los valores por defecto no representan las condiciones específicas en el país. A continuación, se presenta una comparación de los factores de emisión generados y los valores por defecto presentados en *Refinamiento de 2019* para ganado lechero y otros vacunos y los valores generados por Paraguay en su inventario nacional.

Tabla 5.19

Fermentación entérica: Comparación de los FE propios del país Panamá y Paraguay versus los valores por defecto del Refinamiento de 2019.

Subcategorías	Factores de Emisión PE Panamá (Kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	Factor de emisión PE Paraguay ¹⁹ (Kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	Factor de emisión por defecto-IPCC (Kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	118.56	149.93	103
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	116.15	105.14	78
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	87.30	60.57	78
3.A.1.b.2 Novillos/novillas	80.46	68.05	56
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	90.17	60.00	56
3.A.1.b.4 Terneros/terneras	27.24	20.48	56

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El factor de emisión, como se mencionó anteriormente no es más que la cantidad de CH₄ producido por un animal en un año, esto varía en función de muchos factores entre estos la raza del animal, el peso, la alimentación (pasturas o suplementos), condiciones agroclimáticas entre muchas más, todo esto significa que es bastante complejo y que cada animal es diferente al otro. Con base en todo esto el IPCC nos brinda todas las ecuaciones que nos permiten de alguna manera predecir o estimar las emisiones a nivel de país y los resultados de este proceso son los que se presentan en la Tabla 5.19.

Los resultados como se observan varían mucho de acuerdo con la subcategoría, en el caso del ganado lechero es muy importante conocer la producción de leche de una vaca de alta y de baja producción, en función de la producción en litros (kg) y el contenido de grasa así se reflejan las emisiones, los valores generados en el INGEI de Paraguay son valores altos en comparación con los del IPCC y un poco parecidos a los de Panamá, esto demuestra que en cada país las condiciones o sistemas productivos son distintos, de allí la importancia de contar con factores de emisión propios del país, tomando como base los parámetros nacionales y la información en campo.

Mientras que los valores observados para otro ganado vacuno muestra que las emisiones por kilogramo de CH₄ se encuentran un poco más altas con relación a las del IPCC, es importante tener claro que los factores de emisión por defecto aplicado a otros vacunos, sin hacer una desagregación por grupo etéreo, se aplica tanto a un animal adulto como a un ternero y esto genera una sobrestimación y en algunos casos subestimación de las emisiones, con base en este supuesto el país decidió aplicar el método de Nivel 2; estos resultados muestran que las emisiones varían de un grupo etéreo a otro y se ha identificado que de todos los parámetros lo que más influye en las emisiones es la ganancia de peso que está en función del tipo alimento y la digestibilidad del mismo, los resultados presentados podrán ajustarse y afinarse al mejorar la información mediante levantamiento de campo, para esto se hará un protocolo sobre qué tipo de información se necesita levantar a nivel de finca y por animal, se espera trabajar con las cinco regiones agroclimáticas identificadas.

5.2.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

¹⁹ Informe de Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Paraguay (IBA, 2022).

5.2.5. Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría

Las incertidumbres aplicadas para los datos de actividad son las del INEC para algunas de las subcategorías. El equipo considera que son valores acercados a la realidad, la Tabla 5.20 muestra el valor de incertidumbre para cada una de las subcategorías de ganado, mientras que la incertidumbre asociada a los factores de emisión y de acuerdo con las *Directrices del IPCC del 2006* para un método de Nivel 2, indica que los valores están asociados a un ($\pm 20\%$) ya que se utilizan una serie de parámetros nacionales y no por defecto. Estos valores en cada nuevo ciclo de inventario deben ajustarse en base a datos actualizados y a las mejoras planificadas para levantar información en campo.

Tabla 5.20

Fermentación entérica: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías estimadas.

Subcategoría	GEI	Dato de actividad (cabezas)	Incertidumbre de los datos de actividad ($\pm \%$)	Factor de emisión (Kg. CH ₄ /año)	Incertidumbre de los factores de emisión ($\pm \%$)
3.A.1.a.1 Vacas lecheras de alta producción	CH ₄	36,003	10%	118.56	20%
3.A.1.a.2 Vacas lecheras de baja producción	CH ₄	108,919	10%	116.15	20%
3.A.1.b.1 Vacas doble propósito	CH ₄	447,178	5%	87.3	20%
3.A.1.b.2 Novillos/novillas	CH ₄	52,900	5%	90.17	20%
3.A.1.b.3 Toretos/toros/buey	CH ₄	533,200	5%	80.46	20%
3.A.1.b.4 Terneros/terneras	CH ₄	331,600	5%	27.24	20%
3.A.2. Ovinos	CH ₄	29,200	5%	5	30%
3.A.3. Porcinos	CH ₄	403,700	5%	1	30%
3.A.4.a. Búfalos	CH ₄	11,127	10%	68	30%
3.A.4.b. Caprinos	CH ₄	23,000	10%	5	30%
3.A.4.c. Equinos	CH ₄	101,702	30%	18	30%
3.A.4.d. Mulas y asnos	CH ₄	2,129	30%	10	30%
3.A.4.e. Aves de corral	CH ₄	27,906,000	5%	NA	NA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *fermentación entérica* varían desde ± 20.6 a 36.1% (Tabla 5.21). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados a pesar de mejorar y aplicar un nivel 2 para vacas lecheras y otros vacunos.

La incertidumbre para este nuevo ciclo del inventario se redujo ya que se logró avanzar en la estimación de un factor de emisión propio para el país utilizando variables del país, por tanto, se avanza en la exactitud.

Tabla 5.21

Fermentación entérica: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ($\pm \%$)	Incertidumbre de los factores de emisión ($\pm \%$)	Incertidumbre combinada ($\pm \%$)
3.A.1.a. Vacas lecheras	CH ₄	10%	20%	22,4%
3.A.1.b. Otros vacunos	CH ₄	5%	20%	20,6%
3.A.2. Ovinos	CH ₄	5%	30%	30,4%
3.A.3. Porcinos	CH ₄	5%	30%	30,4%
3.A.4. Otro ganado	CH ₄	20%	30%	36,1%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para la *fermentación entérica* se han logrado importantes avances con respecto a previos inventarios, se ha mejorado la revisión de la información ya presentada en la 4CN y se presenta un nuevo recálculo del 2000-2021. Se mantuvo el uso de la misma metodología que se encuentra descrita en las *Directrices del IPCC de 2006*.

En cuanto a los datos de actividad utilizados, se realizó una revisión exhaustiva de fuentes de datos correspondiente a instituciones que contaran con información relacionadas al sector y se consultaron a expertos sectoriales de agricultura, dicha plantilla se encuentra localizada en el SSINGEI sección Anexos.

5.2.6. Actividades específicas de garantía y control de la calidad de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector agricultura incluyendo todas sus categorías, se aplicaron actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 5.11.

5.2.7. Nuevos cálculos de la categoría

En el INGEI anterior se realizaron nuevos cálculos en la categoría *fermentación entérica* y la *gestión del estiércol*, se mejoró las estimaciones de ganado lechero y otros vacunos, búfalos, ovinos y caprinos. Para este nuevo ciclo del INGEI se levantaron nuevos datos para ciertas variables que se describen en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22

Fermentación entérica, recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
3.A. <i>Fermentación entérica</i>	Utilización de parámetros nacionales para mejorar el factor de emisión utilizando un método de Nivel 2 para ganado lechero y otros vacunos.	Todos los principios establecidos en las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> .	FE
	Se ajustó el factor de emisión por defecto de los búfalos (<i>Refinamiento de 2019</i>)	Exactitud	FE
	Revisión y ajuste en los datos de actividad (población animal) para otro ganado (ovinos, caprinos y búfalos)	Exactitud	DA
	Actualización de la plantilla para el reporte del dictamen de expertos.	Transparencia	DA y parámetros de FE

Nota: DA= Dato de actividad; FE= Factor de emisión.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se presenta en la Tabla 5.23, las emisiones de la categoría *fermentación entérica* para todos los años aumentan. Esta diferencia se debe a la mejora en la estimación del factor de emisión para las subcategorías ganado lechero y otros vacunos, aplicando un método de Nivel 2 de acuerdo a lo establecido en las *Directrices del IPCC de 2006*, con sus respectivos parámetros nacionales y por defecto. Estas diferencias se pueden observar claramente en la Figura 5.5.

Tabla 5.23

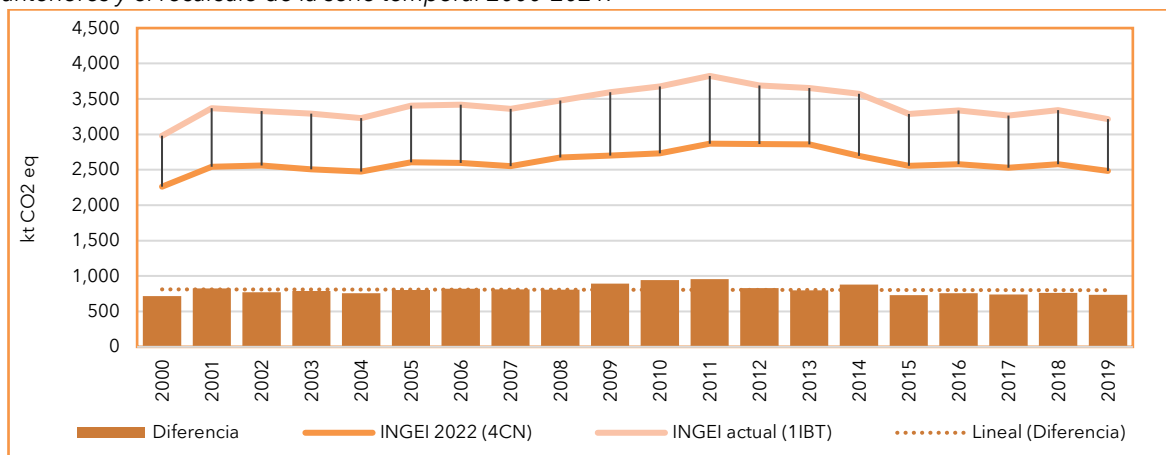
Fermentación entérica: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	2,733.0	2,733.0	2,856.5	2,527.4	2,483.6		
INGEI actual (1IBT)	3,676.9	3,676.9	3,655.4	3,264.8	3,216.5	215.3	222.1
Diferencia	943.9	943.9	798.9	737.4	732.9		
%	25.7%	25.7%	21.9%	22.6%	22.8%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.5

Fermentación entérica: nuevos cálculos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.2.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Dado que la *fermentación entérica* es la principal fuente de emisión del sector Agricultura y es una categoría principal, se avanzó en la estimación de factor de emisión propio del país utilizando parámetros nacionales. Aun se requiere seguir avanzando por tanto se plantean las siguientes mejoras plasmadas en la Tabla 5.24 para los siguientes ciclos del inventario.

Tabla 5.24

Fermentación entérica: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
AGRICULTURA				
3.A. Fermentación entérica	Mejorar las estimaciones de la energía bruta por subcategoría de ganado lechero y otros vacunos.	En abordaje	Alta	El país cuenta con cinco regiones agroclimáticas por lo que se quiere levantar en campo datos por tipo de ganado, alimentación y otros parámetros que influyen mucho en las emisiones de CH ₄ .
	Mejorar las estimaciones del factor de conversión de CH ₄ ya que este tiene una influencia directa en la estimación del factor de emisión.	En abordaje	Alta	Debido a la amplia variabilidad y calidad de los alimentos en el ganado vacuno se hace necesario revisar la forma en que se estima este factor y revisar las ecuaciones disponibles para su estimación. Este es un dato clave en la ecuación que estima el factor de emisión con método de Nivel 2.
	Desarrollo de modelos para predecir las emisiones de la <i>fermentación entérica</i> de acuerdo con las distintas características de alimentación, raza, ganancia de peso y otras variables.	En abordaje	Media	El sector ganadero es muy variable, lo ideal es contar con un modelo que incluya variables como: razas de ganado, tipo de alimentación y las demás variables requeridas en las respectivas ecuaciones. Se requerirá equipo para estimar el contenido nutricional de la alimentación (por ejemplo, Bomba calorimétrica), y medir en campo (por ejemplo, a través del sistema GeenFeed).
	Utilizar estadísticas nacionales actualizadas para	En abordaje	Alta	Se utilizarán los datos generados en el censo agropecuario que se realizará en 2024-2025.

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
	todas las subcategorías de ganado			
	Estimar las emisiones para toros, toretes y bueyes.	En abordaje	Alta	Levantar información de campo de los distintos parámetros, ya identificados y potencialmente por región agroclimática.
	Aplicar el método de Nivel 2 para los búfalos	En abordaje	Baja	Contar con información desagregada del censo agropecuario y levantar datos de parámetros ya identificados y aplicados en ganado lechero y otros vacunos.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.2.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría.

Tabla 5.25

Fermentación entérica: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Elemento	Sistema de archivo
AGRICULTURA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_03AG
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_03AG 2024_FE_03AG
Hojas de trabajo	2024_HT_03AG
Incertidumbre	2024_INC_03AG
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_03AG T2_Fermentación entérica_2024 CT_Caracterización del ganado T2 y otro ganado 2024

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.3. Gestión del estiércol (CRT 3.B)

5.3.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CH₄ y las *emisiones directas e indirectas de N₂O* que se generan por el almacenamiento, la descomposición y el tratamiento del estiércol antes de ser aplicado a los suelos u otra forma de uso final (IPCC, 2006).

Hay emisiones de CH₄ que son producidas durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol, así como del estiércol depositado en las pasturas. De igual forma, el CH₄ se produce bajo condiciones anaeróbicas. Los principales factores que influyen en las emisiones de CH₄ son la cantidad del estiércol que se produce, así como la porción que se descompone anaeróticamente (IPCC, 2006).

Las *emisiones directas de N₂O* se producen a través de la *nitrificación y desnitrificación* combinadas del nitrógeno (N) contenido en el estiércol. Las emisiones de N₂O del estiércol va a depender mucho del contenido de N y de carbono durante el tiempo de almacenamiento y dependerá a su vez del tipo de tratamiento que reciba. Mientras que *emisiones indirectas de N₂O* son el resultado de las pérdidas de N volátil que se produce en forma de amoníaco y NO_x. La fracción de N orgánico excretado que se mineraliza a N amoniacal durante el almacenamiento y recolección va a depender mucho del tiempo y menor grado de la temperatura (IPCC, 2006). Por último, *las emisiones de N₂O del estiércol que es depositado directamente por lo animales sobre las pasturas, prados y praderas* se declaran en la categoría *suelos agrícolas*.

En el contexto nacional, la *gestión del estiércol* incluye las subcategorías animales de *vacas lecheras, otros vacunos* (vacas adultas, novillos, novillas, terneros, terneras y toros), *ovinos, porcinos, búfalos, caprinos, equinos, mulas y asnos*, y *aves de corral* (gallinas ponedoras, de carne, patos, y pavos). Los *camélidos* y *ciervos* no se encuentran en el país.

Con respecto a las *emisiones directas e indirectas de N₂O* generadas de la descomposición del estiércol en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, en el país se contemplan los siguientes sistemas de gestión del estiércol (SGE):

- Vacas lecheras: distribución diaria, almacenaje de sólidos, líquido o fango sin cobertura, digestor anaeróbico,
- Ovinos: corral de engorde,
- Porcinos: almacenaje de sólidos, líquido y fango sin cobertura, cama profunda, digestor anaeróbico,
- Caprinos: corral de engorde,
- Búfalos: fabricación de abono orgánico (pasivo en filas),
- Equinos: camas profundas,
- Aves de corral: fabricación de abono orgánico (pila estática), estiércol con hojarasca.

Independiente de lo anterior, es importante mencionar que el principal SGE en el país es el pastoreo directo en pasturas, prados y praderas, el cual se aplica para *vacas lecheras, otros vacunos, ovinos, porcinos, caprinos, búfalos, equinos, y mulas y asnos*.

5.3.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de la categoría *gestión del estiércol* contabilizaron 222.1. kt CO₂ eq (5.4 % del sector), incrementándose en 30.5 % desde 2000 y en un 2.9 % desde 2019 (Tabla 5.26 y Figura 5.6), debido al aumento en la demanda de productos como cerdos y aves, los cuales están vinculados a la deposición y manejo de los sistemas de gestión del estiércol, que a su vez son influenciadas por el precio de la carne; lo cual afecta de manera directa el consumo, ya que al aumentar el precio de la carne de vacuno, el consumidor busca abaratar costo y consume otro tipo de carne como la de cerdo y aves de corral (ACODECO, 2024)

Las emisiones en la actividad ganadera se ven influenciadas en la demanda o consumo del producto, esto queda evidenciado que según datos de las estadísticas del INEC el sacrificio de ganado vacuno aumento a partir del 2018. Como se ha mencionado anteriormente la pandemia no tuvo un impacto significativo en la actividad agropecuaria, este es reflejado en el mismo comportamiento para la producción de cerdos y aves de corral. El control de precios permite que los consumidores puedan tener acceso a este tipo de carnes.

La mayor contribución a las emisiones de esta categoría proviene de las emisiones indirectas de N₂O (representando un 32.1 % del total). Con respecto a las categorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a las aves de corral con 18.4 %, seguido de *otros vacunos* con 17.2 %, y *porcinos* con 16.7 %. El resto de las categorías animales alcanzan el restante 15.5 %. Algunos otros factores que han influido en las tendencias de las emisiones son los incentivos a la producción agropecuaria en Panamá y los fenómenos climáticos (más detalles en la sección 5.1.2).

Tabla 5.26

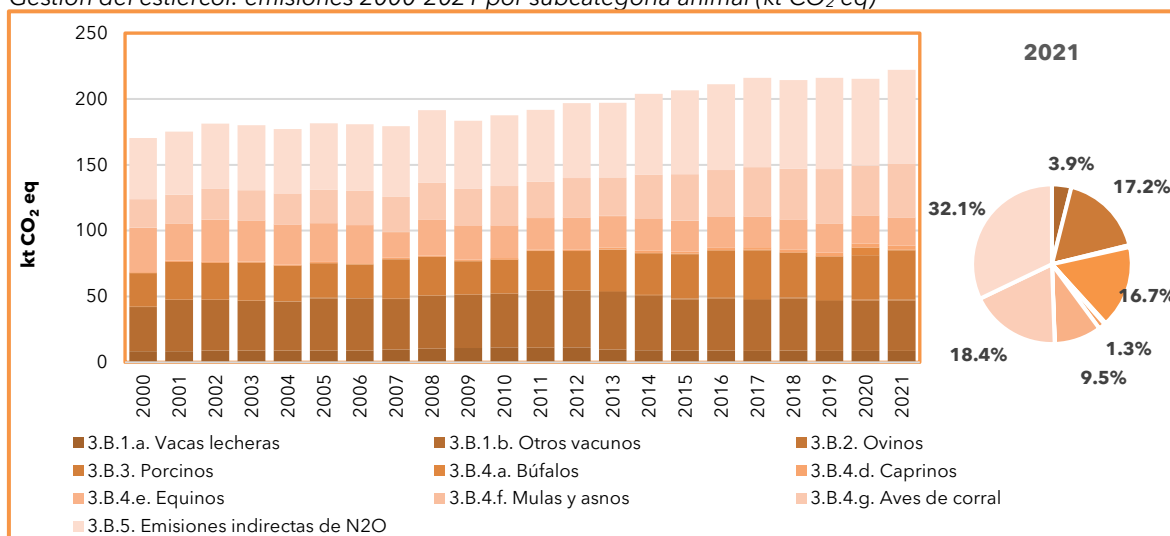
Gestión del estiércol: emisiones por subcategoría animal (kt CO₂ eq)

Categoría animal	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.B.1.a. Vacas lecheras	8,4	11,3	9,6	8,8	8,7	8,7	8,7
3.B.1.b. Otros vacunos	33,7	40,7	43,9	38,6	37,9	38,1	38,2
3.B.2. Ovinos	0,2	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,9
3.B.3. Porcinos	25,5	25,4	31,4	36,8	32,8	33,6	37,1
3.B.4.a. Búfalos	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	6,0	0,6
3.B.4.d. Caprinos	0,7	1,1	1,4	2,0	2,5	2,7	3,0
3.B.4.e. Equinos	33,5	25,0	23,9	23,2	22,0	21,6	21,2
3.B.4.f. Mulas y asnos	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3.B.4.g. Aves de corral	21,6	29,6	29,3	37,5	41,5	37,7	40,9
3.B.5. Emisiones indirectas de N ₂ O	46,4	53,8	56,6	67,9	69,1	65,9	71,3
TOTAL	170.2	187.6	197.1	216.1	215.9	215.3	222.1

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.6

Gestión del estiércol: emisiones 2000-2021 por subcategoría animal (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.3.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez consultado el árbol de decisión, se aplicó el método de Nivel 1, tanto para CH₄ como para las emisiones directas e indirectas de N₂O, de las *Directrices del IPCC de 2006* y algunos datos del *Refinamiento de 2019*. La Tabla 5.27 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 5.27

Gestión del estiércol: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI

Categorías de fuente de GEI	CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B. Gestión del estiércol	T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
3.B.1. Vacunos	T1	D	T1, NA	D, NA
3.B.1.a. Vacas lecheras	T1	D	T1	D
3.B.1.b. Otros vacunos	T1	D	NA	NA
3.B.2. Ovinos	T1	D	T1	D
3.B.3. Porcinos	T1	D	T1	D
3.B.4. Otro ganado	T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
3.B.4.a. Búfalos	T1	D	NA	NA
3.B.4.b. Camélidos	NO	NO	NO	NO
3.B.4.c. Ciervos	NO	NO	NO	NO

Categorías de fuente de GEI	CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.4.d. Caprinos	T1	D	T1	D
3.B.4.e. Equinos	T1	D	T1	D
3.B.4.f. Mulas y asnos	T1	D	NO	NO
3.B.4.g. Aves de corral	T1	D	T1	D
3.B.4.h. Otras especies	NO	NO	NO	NO
3.B.5. Emisiones indirectas de N ₂ O	NO	NO	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol

En general, se requiere de los datos de población de ganado por especie (la misma que fue utilizada en *fermentación entérica* más la población de *aves de corral*). La producción de leche de vacas de alta producción y en menor medida las de baja producción en Panamá se produce en condiciones climáticas favorables. Para la desagregación de las vacas lecheras se logró separar por tres regiones climáticas predominantes en el país. Estas regiones son la Región Tropical Húmeda (RTH), Región Tropical Muy Húmeda (RTMH) y Región Tropical Montana (RTM). La RTH y RTMH comparten promedios de temperaturas anuales muy similares (25-34°C), por lo tanto, corresponderían a la agrupación de temperatura promedio anual denominada «cálido» o su homologación con vacas lecheras doble propósito. Por otra parte, el promedio de temperatura anual de la RTM es 14-24°C, la cual correspondería a la agrupación denominada «templado» y su homologación con vacas lecheras de alta y de baja producción. Estas agrupaciones están en línea con las *Directrices del IPCC de 2006*.

Las ecuaciones utilizadas para esta categoría son las siguientes:

- Emisiones de CH₄ de la *gestión del estiércol*, (Ecuación 10.22, Capítulo 10, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006).
- Emisiones directas de N₂O de la *gestión del estiércol*, (Ecuación 10.25, Capítulo 10, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006;
- Emisiones indirectas de N₂O debido a la *volatilización de la gestión del estiércol*, (Ecuación 10.27, Capítulo 10, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006 y se utiliza la Ecuación 10.26 que estima las pérdidas de N debidas a la volatilización de la *gestión del estiércol*, valor utilizado como dato de actividad en la ecuación.

Si bien las *Directrices del IPCC de 2006* incluyen métodos para la estimación de las emisiones indirectas de N₂O de la *gestión del estiércol* producto de la pérdida de N por la lixiviación y escurrimiento en SGE, se explicita que solo debe utilizarse donde se cuente con información específica del país sobre la fracción de pérdida de N. Por lo tanto, la estimación de las pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento de la *gestión del estiércol* debe considerarse como parte de un método de niveles 2 o 3 (Ecuación 10.27, Capítulo 10, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006). Por este motivo y ante la falta de información país específica, estas emisiones indirectas no aplican en Panamá.

5.3.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Población animal (N_(T))

Las categorías *fermentación entérica* y *gestión del estiércol* comparten los mismos datos de actividad para las estimaciones de GEI. Además, en la *gestión del estiércol* se genera información que es empleada en la categoría *suelos agrícolas*.

A diferencia de *fermentación entérica*, la *gestión del estiércol* incluye la subcategoría de *aves de corral* (gallinas ponedoras y de engorde, reproductoras y de cría doméstica). Se cuenta con esta desagregación, sin embargo, para el cálculo de las emisiones se trabajará con la suma total de *aves de corral*, *pavos* y *patos*. La descripción de las distintas fuentes se encuentra en la Tabla 5.5.

La estimación de la *gestión del estiércol* para vacas lecheras está desagregada por región climática como se explicó anteriormente, por lo tanto, se aplica los factores de emisión de acuerdo a la región climática.

Excreción anual de nitrógeno ($N_{ex(T)}$)

Las emisiones de N_2O requieren de información sobre la tasa de excreción de N anual para cada una de las especies la cual se estima utilizando la ecuación 10.30, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*. Se realizó un análisis de cada una de las especies para determinar el valor de la masa animal típica (TAM), la cual fue determinada por dictamen de expertos y mediante de revisión de fuentes secundarias, para todas las subcategorías, los valores se encuentran en la Tabla 5.28

Tabla 5.28

Gestión del estiércol: tasa de excreción de N, peso corporal promedio y excreción anual de N por subcategoría animal

Subcategoría	Tasa de excreción de N (kg N 1.000 kg peso vivo-día ⁻¹)	Peso corporal promedio (kg peso vivo cabeza ⁻¹)	Excreción de N (kg N animal-año ⁻¹)
T	$N_{Indice(T)}$	TAM (*)	
3.B.1.a Vacas lecheras	0.48	500	87.60
3.B.1.b Otros vacunos	0.36	450	59.13
3.B.2. Ovinos	1.17	45	19.22
3.B.3. Porcinos	1.64	70	41.90
3.B.4.a Búfalos	0.32	450	52.56
3.B.4.d Caprinos	1.37	35	17.50
3.B.4.e Equinos	0.46	350	58.77
3.B.4.f Mulas y asnos	0.46	300	50.37
3.B.4.g Aves de corral	0.82	2.6	0.78

Nota (*) = el valor de TAM de vacas lecheras, otros vacunos, porcinos, caprinos, ovinos, equinos, mulas y asnos fue determinado por dictamen de expertos y revisión de fuentes secundarias.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Fracción de la excreción total anual de nitrógeno en los SGE ($MS_{(T,S)}$)

Los valores de la fracción fueron determinados por dictamen de expertos del MIDA y expertos sectoriales. Es importante resaltar que en Panamá el principal sistema de gestión de los animales se realiza de forma extensiva en pastoreo directo. Esto es relevante, en particular, para *otros vacunos* y *mulas y asnos*, en donde la totalidad de los animales del país se encuentran en pastoreo directo (Tabla 5.29).

Tabla 5.29

Gestión del estiércol: fracción de la excreción total anual de N gestionado en SGE

Sistema de Gestión del estiércol	Vacas lecheras	Otros vacunos	Ovino	Porcino	Búfalo	Caprino	Equino	Mulas y asnos	Aves de corral
Pastoreo	0.35	1.00	0.85	0.20	0.98	0.15	0.40	1.00	
Distribución diaria	0.60								
Almacenaje de sólidos	0.01			0.10					
Corral de engorde			0.15			0.85			
Líquido y fango sin cobertura	0.01			0.50					
Digestor anaeróbico	0.03			0.10					
Camas profundas, sin mezclado				0.10			0.60		

Sistema de Gestión del estiércol	Vacas lecheras	Otros vacunos	Ovino	Porcino	Búfalo	Caprino	Equino	Mulas y asnos	Aves de corral
Fabricación de abono orgánico (compost)- Pila estática									0.20
Fabricación de abono orgánico (compost)- Pasivo en filas				0.02					
Estiércol de aves de corral, sin hojarasca									0.80

Nota: *Valores en rojo son nuevos sistemas incluidos y otros fueron ajustados en este nuevo ciclo de inventario por expertos sectoriales.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Porcentaje de N del estiércol que se volatiliza como NH₃ y NO_x en los SGE (Frac_{GasMS})

El porcentaje de N del estiércol que es gestionado para cada una de las categorías de ganado son valores por defecto obtenidos del cuadro 10.22 de las *Directrices del IPCC de 2006*, y para algunos de los sistemas se aplicaron los valores actualizados del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.30), estas últimas se utilizan debido a la falta de estos datos en las directrices de 2006.

Tabla 5.30 Gestión del estiércol: porcentaje de N del estiércol que se volatiliza (%)

Subcategoría animal	Vacas lecheras	Ovinos	Porcinos	Caprinos	Equinos	Búfalos	Aves de corral
Distribución diaria	7.0%						
Almacenaje de sólidos	30.0%		45.0%				
Corral de engorde		30.0%		30.0%			
Líquido/fango	40.0%		48.0%				
Cama profunda			40.0%		25.0%		
Abono orgánico (pila estática)							65.0%
Abono orgánico (pasivo en filas)						18.0%	
Estiércol de aves de corral con hojarasca							40.0%
Digestor anaeróbico	10%		10%				

Nota: valores en rojo provenientes del *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, con base en el cuadro 10.22, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006 y Refinamiento de 2019*.

5.3.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión de la categoría corresponden a valores por defecto para los países en desarrollo provenientes de las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.31, Tabla 5.32 y Tabla 5.33). Es importante reiterar que para el CH₄ se aplicaron los factores de emisión correspondientes al clima cálido, salvo para *vacas lecheras (alta y baja producción)* de la RTM las cuales fueron asignadas a un clima templado, en donde se maneja un promedio de temperatura entre los 14-25 C.

Tabla 5.31 Gestión del estiércol: factores de emisión aplicados para las emisiones de CH₄

Subcategoría animal	(kg CH ₄ cabeza-1 año-1)
3.B.1.a.1 Vacas lecheras de alta y baja producción RTM	1.00
3.B.1.a .2 Vacas lecheras doble propósito RTH y RTMH	2.00
3.B.1.b. Otros Vacunos	1.00
3.B.2. Ovinos	0.20
3.B.3. Porcinos	2.00
3.B.4.a. Búfalo	2.00
3.B.4.d. Caprinos	0.22
3.B.4.e. Equinos	2.19
3.B.4.f. Mulas y asnos	1.20
3.B.4.g. Aves de corral	0.02

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en los Cuadros 10.14 y 10.15, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 5.32

Gestión del estiércol: factores de emisión aplicados para las emisiones directas de N₂O de cada SGE (kg N₂O-N (kg N en SGE)⁻¹)

Subcategoría animal	Vacas lecheras	Ovinos	Porcinos	Búfalo	Caprinos	Equinos	Aves de corral
Almacenaje de sólidos	0.010		0.010				
Corral de engorde		0.020			0.020		
Camas profundas sin mezclado			0.010			0.010	
Fabricación de abono orgánico (Pila estática)							0.010
Abono pasivo en filas				0.005			
Estiércol de aves de corral con hojarasca							0.001
Biodigestor anaeróbico	0.0006		0.0006				

Nota: valores en rojo provenientes del Refinamiento de 2019 del IPCC.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en el Cuadro 10.21, Capítulo 10, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006 y Refinamiento de 2019.

Tabla 5.33

Gestión del estiércol: factores de emisión aplicados para las emisiones indirectas de N₂O por volatilización

Subcategoría	[kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) ⁻¹]
3.B.1.a Vacas lecheras	0.01
3.B.1.b Otros vacunos	0.01
3.B.2. Ovinos	0.01
3.B.3. Porcinos	0.01
3.B.4.a Búfalos	0.01
3.B.4.d Caprinos	0.01
3.B.4.e Equinos	0.01
3.B.4.f Mulas y asnos	0.01
3.B.4.g Aves de corral	0.01

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024. con base en el Cuadro 11.3, Capítulo 11, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006.

5.3.4. Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

5.3.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

Las incertidumbres aplicadas para los datos de actividad son provenientes del INEC y los factores de emisión provienen de los valores por defecto de la Sección 10.4 y 10.5, Capítulo 10, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006 y Refinamiento de 2019. La Tabla 5.34 y Tabla 5.35 muestra los valores de incertidumbre de las emisiones de CH₄ y N₂O asociados a los datos de actividad y factores de emisión por subcategoría.

Tabla 5.34

Gestión del estiércol: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías (emisiones de CH₄)

Subcategorías de fuente de GEI	GEI	Dato de actividad (cabezas)	Incertidumbre DA (%)	Factor de emisión (Kg. CH ₄ .año)	Incertidumbre FE (%)
3.A.1.a. Vacas lecheras	CH ₄	144,922	10%	2,00	30%
3.A.1.b. Otros vacunos	CH ₄	1,364,878	5%	1,00	30%
3.A.2. Ovinos	CH ₄	29.200	5%	0,20	30%
3.A.3. Porcinos	CH ₄	403.700	5%	2,00	30%
3.A.4.a. Búfalos	CH ₄	11.127	10%	2,00	30%
3.A.4.b. Caprinos	CH ₄	23.000	10%	0,22	30%
3.A.4.c. Equinos	CH ₄	101.702	30%	2,19	30%
3.A.4.d. Mulas y asnos	CH ₄	2.129	30%	1,20	30%
3.A.4.e. Aves de corral	CH ₄	27.906.000	5%	0,02	30%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 5.35

Gestión del estiércol: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías (Estimaciones de N₂O)

Subcategorías de fuente de GEI	GEI	Dato de actividad (cabezas)	Incertidumbre DA (%)	Factor de emisión (Kg. N ₂ O/año)	Incertidumbre FE (%)
3.A.1.a. Vacas lecheras	N ₂ O	144,922	52.92%	IE	75%
3.A.1.b. Otros vacunos	N ₂ O	447.178	NA	NA	NA
3.A.2. Ovinos	N ₂ O	29.200	59.37%	IE	75%
3.A.3. Porcinos	N ₂ O	403.700	55%	IE	75%
3.A.4.a. Búfalos	N ₂ O	11.127	62.45%	IE	75%
3.A.4.b. Caprinos	N ₂ O	23.000	60,00%	IE	75%
3.A.4.c. Equinos	N ₂ O	101.702	66,33%	IE	75%
3.A.4.d. Mulas y asnos	N ₂ O	2.129	NA	NA	NA
3.A.4.e. Aves de corral	N ₂ O	27.906.000	59.37%	IE	75%

Nota: NA= No aplica; IE = Incluidos en otro lugar. Los factores de emisión están en función de los sistemas de gestión del estiércol descritos en la Tabla 5.32.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *gestión del estiércol* varían desde ± 30.4 a 97.6 % (Tabla 5.36). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados, en especial los de N₂O indirecto. Esto podría significar que, para avanzar en la exactitud de las estimaciones, e incrementar la calidad de la categoría, posiblemente sea necesario desarrollar factores de emisión país específico.

Tabla 5.36 *Gestión del estiércol*: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
3.B.1.a. Vacas lecheras	CH ₄	10%	30%	31.62%
3.B.1.a. Vacas lecheras	N ₂ O	52.92%	75%	91.79%
3.B.1.b. Otros vacunos	CH ₄	5%	20%	20.62%
3.B.2. Ovinos	CH ₄	5%	30%	30.41%
3.B.2. Ovinos	N ₂ O	59.37%	75%	95.66%
3.B.3. Porcinos	CH ₄	5%	30%	30.41%
3.B.3. Porcinos	N ₂ O	55%	75%	93.01%
3.B.4. Otro ganado	CH ₄	5%	30%	30.41%
3.B.4. Otro ganado	N ₂ O	61.82%	75%	97.18%
3.B.5.d. Emisiones indirectas de N ₂ O	N ₂ O	62.45%	75%	97.60%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para la *gestión del estiércol* se ha mantenido el uso de la misma metodología que se encuentra descrita en las *Directrices del IPCC de 2006*.

En cuanto a los datos de actividad utilizados, se realizó una revisión exhaustiva de fuentes de datos correspondiente a instituciones que contaran con información relacionadas al sector y se consultaron a expertos sectoriales de agricultura.

5.3.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector agricultura incluyendo todas sus categorías, se aplicaron actividades y procedimientos generales descritos en la [Sección 5.11].

5.3.7. Nuevos cálculos de la categoría

Para este nuevo ciclo de inventario se implementaron una serie de ajustes y mejoras en los datos de actividad y selección de factores de emisión por defecto del *Refinamiento de 2019*, estas mejoras se presentan en la Tabla 5.37 para algunas subcategorías.

Tabla 5.37

Gestión del estiércol: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
3.B. Gestión del estiércol	Ajuste en el porcentaje de distribución de los sistemas de gestión del estiércol (SGE) y la inclusión de nuevos sistemas para las siguientes subcategorías vacas lecheras (biodigestores), porcinos (biodigestores y cama profunda) y para búfalos (abonos orgánicos).	Exhaustividad	DA
	Al incluir nuevos sistemas de gestión y a falta de datos por defecto en las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> se procedió a utilizar los datos del <i>Refinamiento de 2019</i> .	Exhaustividad	FE
	Levantamiento de información de fuentes secundarias y consultas con expertos sectoriales sobre el parámetro peso promedio requerido para obtener la masa animal típica para cada una de las subcategorías de ganado (TAM).	Exhaustividad Exactitud	DA
	Se ajusto el porcentaje del sistema de cama profunda en caballos a un 60% y a pastoreo 40%.		
	Se ajusto el porcentaje del sistema de cama profunda en caballos a un 60% y a pastoreo 40%.	Exactitud	DA
	Ajuste en el porcentaje de distribución de los (SGE) y la inclusión de nuevos sistemas para las siguientes subcategorías vacas lecheras (biodigestores), porcinos (biodigestores y cama profunda) y para búfalos (abonos orgánicos).	Exhaustividad	DA

Nota: DA= Dato de actividad; FE= Factor de emisión.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se presenta en la Tabla 5.38 y Figura 5.7, las emisiones de la categoría *gestión del estiércol* para todos los años aumenta, esto se debe a la incorporación de nuevos sistemas de gestión del estiércol y ajustes en los porcentajes asignados por subcategoría en relación con los datos presentados en la 4CN.

Tabla 5.38

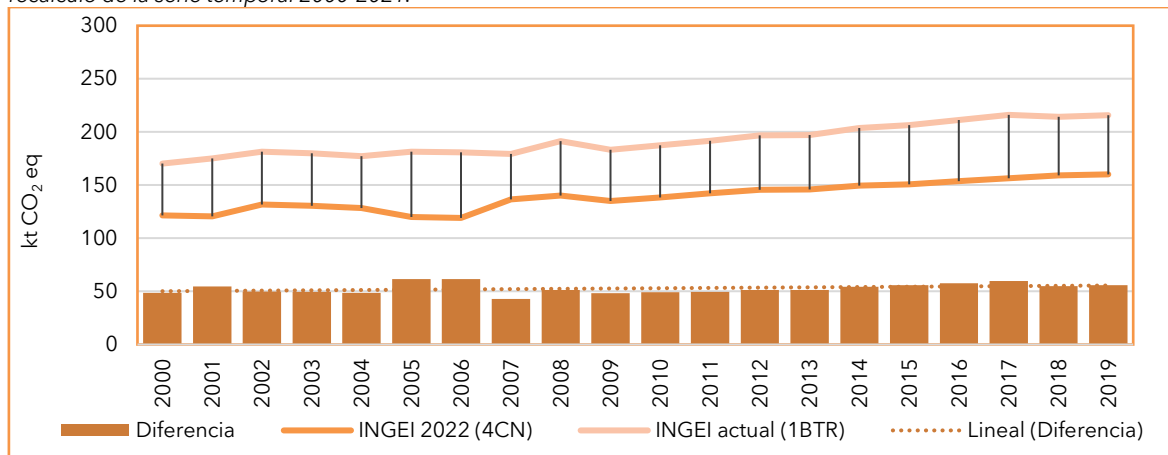
Gestión del estiércol: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	138.4	138.4	145.8	156.4	160.1		
INGEI actual	187.6	187.6	197.1	216.1	215.9	215.3	222.1
Diferencia	49.2	49.2	51.3	59.7	55.8		
Diferencia %	26.2%	26.2%	26.0%	27.6%	25.8%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.7

Gestión del estiércol: nuevos cálculos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.3.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Dado que las *emisiones indirectas de N₂O* de la *gestión del estiércol* es una categoría principal del INGE, se proponen las siguientes mejoras descritas en la Tabla 5.39, que tienen un potencial mejoramiento de la estimación de los GEI de esta categoría.

Tabla 5.39

Fermentación entérica: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
AGRICULTURA				
<i>Gestión del estiércol</i>	Mejora de la estimación de la <i>gestión del estiércol</i> para ganado lechero y otros vacunos con un método superior.	En abordaje	Alta	Se avanzó en la estimación de la energía bruta en la categoría <i>fermentación entérica</i> que es clave para la estimación de un factor de emisión en la <i>gestión del estiércol</i> , el país hará los esfuerzos en estimar con las ecuaciones plasmadas en las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> , sin embargo, el equipo va a requerir hacer intercambios con otros países que han avanzado en esta categoría.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.3.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría

Tabla 5.40

Fermentación entérica: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Elemento	Sistema de archivo
AGRICULTURA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_03AG
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_03AG 2024_FE_03AG
Hojas de trabajo	2024_HT_03AG
Incertidumbre	2024_INC_03AG
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_03AG (Dictamen de expertos)

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.4. Cultivo del arroz (CRT 3.C)

5.4.1. Descripción de la categoría

La categoría aborda las emisiones de CH₄ producto de la descomposición anaeróbica de material orgánico en los arrozales inundados, este se libera a la atmósfera fundamentalmente mediante el transporte a través de las plantas del arroz (IPCC, 2006). De acuerdo con (Jiménez, 2014), la planta de arroz para evitar la asfixia radicular en condiciones anaeróbicas posee unos tejidos especiales ubicados en la lámina de la hoja, el tallo y las raíces, formando un sistema muy eficiente que facilita el paso del aire, este sistema lleva por nombre aerénquima el cual facilita el transporte del CH₄ desde las zonas del suelo reducidas hacia la atmósfera.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de CH₄ del cultivo del arroz, uno de los principales productos consumidos en el país. Su producción se da mediante los sistemas siguientes: inundación y riego intermitente (*irrigado*) y seco (*alimentadas*)

por lluvia); para este último de acuerdo con la tecnología empleada para la preparación, siembra y manejo del proceso de producción, el cultivo se desarrolla mediante dos modalidades: chuzo (siembra manual) y mecanizada.

5.4.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 116.1 kt CO₂ eq (2.8 % del sector), aumentando en 1.4 % desde 2000 y en un 29.5 % desde 2019 (Tabla 5.41 y Figura 5.8), en este nuevo inventario este aumento se debe al ajuste en los datos de actividad, adicional este tipo de actividad es influenciada por la incertidumbre en el proceso de producción como lo son las variaciones del clima (especialmente el fenómeno de El Niño y La Niña), las plagas, y las fluctuaciones de los precios tanto de los insumos como de los productos (SBP, 2013). El aumento de los últimos años posiblemente se explica por la implementación de la Ley 107 del 21 de noviembre de 2013, que crea el programa de incentivos a la producción nacional de granos y otros rubros agrícolas, así como el sistema de compensación de precio, establecido desde el año 2014, mediante el cual el Estado paga, al productor una cantidad estipulada cada año, a manera de compensación o complemento al precio de sus cosechas.

Si bien el sistema irrigado (inundado y riego intermitente) genera mucho más CH₄ por hectárea que el alimentado por lluvia (secano), ya sea mecanizado o cultivado con sistema de siembra manual (chuzo); en el país, la producción de arroz en secano es mucho mayor, es decir que los productores dependen mucho de las lluvias para producir, mientras que el sistema irrigado requiere de mayor inversión económica, disponibilidad y acceso al agua. Con respecto a las subcategorías, *alimentadas por lluvia* aporta un 57.1 % a las emisiones de CH₄, mientras que *irrigadas* aporta un 42.9 %.

Tabla 5.41

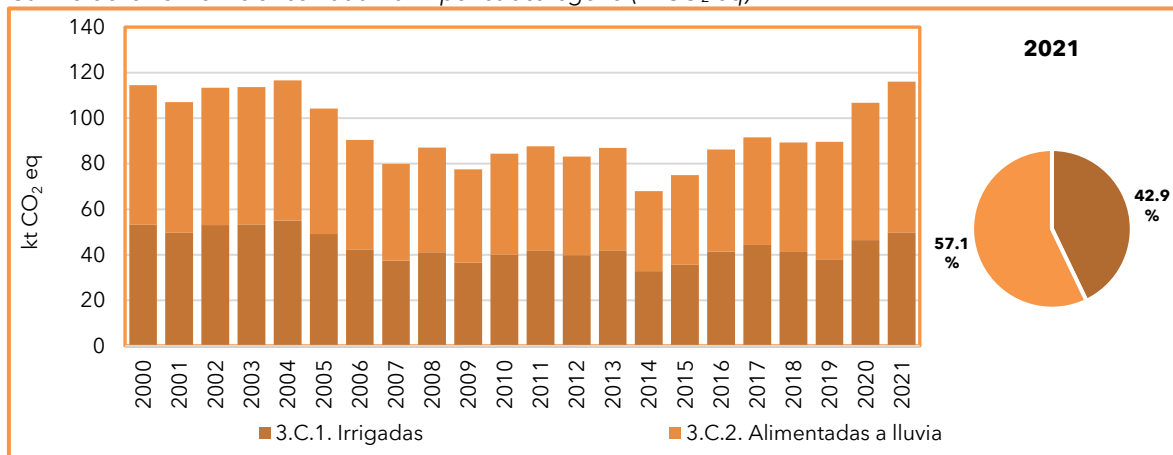
Cultivo del arroz: emisiones por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.C.1. Irrigadas	53.2	40.2	41.9	44.4	38.1	46.5	49.8
3.C.2. Alimentadas a lluvia	61.2	44.2	45.1	47.2	51.5	60.3	66.3
TOTAL	114.5	84.3	87.0	91.6	89.6	106.8	116.1

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.8

Cultivo del arroz: emisiones 2000-2021 por subcategoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.4.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para las estimaciones de CH₄ del *cultivo del arroz*, se aplicó el método de Nivel 1. La Tabla 5.42 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 5.42

Cultivo del arroz: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CH ₄	
	Método aplicado	Factor de emisión
3.C. Cultivo del arroz	T1, NO	D, NO
3.C.1. Irrigadas	T1	D
3.C.2. Alimentadas a lluvia	T1	D
3.C.3. Aguas profundas	NO	NO
3.C.4. Otros (especificar)	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las emisiones de CH₄ se estiman, multiplicando los factores de emisión diarios por la superficie anual cosechada de cada subcategoría y el período del cultivo, para la estimación se utiliza la ecuación 5.1, capítulo 5, de las Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones totales anuales corresponden a la suma de las subcategorías estimadas.

5.4.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad requeridos para el cálculo de las emisiones del *cultivo del arroz*, son los datos de área sembrada (hectáreas) (Tabla 5.43) y el número de días desde la siembra hasta la cosecha (período de cultivo). Para efectos del INGEI se consideran dos sistemas de producción diferenciados, la *irrigada* y la *alimentadas a lluvia (secano)*. Para ambos sistemas se consideró un periodo de cultivo de 110 días cuando alcanza la madurez fisiológica; en el caso de *irrigada*, se consideraron dos ciclos al año (220 días).

Tabla 5.43

Cultivo del arroz: superficie 2000-2021 por subcategoría (hectáreas)

Años	Irrigados (ha)	Alimentado por lluvias (ha)
2000	12,783	80,316
2001	11,949	75,144
2002	12,742	79,193
2003	12,813	79,150
2004	13,204	80,918
2005	11,784	72,428
2006	10,188	62,938
2007	8,995	55,732
2008	9,871	60,250
2009	8,797	53,718
2010	9,645	57,960
2011	10,067	59,940
2012	9,572	56,714
2013	10,068	59,109
2014	7,870	46,233
2015	8,570	51,570
2016	9,943	58,873
2017	10,661	61,965
2018	9,906	63,091
2019	9,141	67,617
2020	11,157	79,148
2021	11,952	86,961

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.4.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Las emisiones de CH₄ se ven influenciadas por ciertas condiciones como las diferencias regionales en las prácticas de cultivo, si hay múltiples cultivos (rotación de cultivos) régimen hídrico, tipo de ecosistema, las pautas de inundación y si hay agregados orgánicos a los suelos, tipo de suelo, cultivar de arroz, así como los contenidos de sulfatos de los abonos. Por lo tanto, las emisiones para cada subunidad se ajustan multiplicando un factor de emisión básico por defecto (EF_c) por diversos factores de ajuste, que se estiman utilizando la ecuación 5.2, capítulo 5, volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Para las emisiones de CH₄ del *cultivo del arroz* en el país se aplicaron valores por defecto para el factor de emisión básico (Tabla 5.44) y los factores de ajuste (Tabla 5.45) para toda la serie temporal.

Tabla 5.44

Cultivo del arroz: factor de emisión básico aplicado

Subcategoría	kg CH ₄ ha ⁻¹ día ⁻¹
Inundadas intermitentemente (aireación múltiple)	1.30
Alimentación regular por lluvia	1.30

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024, con base en el Cuadro 5.11, Capítulo 5, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 5.45

Cultivo del arroz: factores de ajuste aplicados

Subcategoría	Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo	Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo
Inundadas	0.52	1.00
Alimentación regular por lluvia	0.28	0.68

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024, con base en los Cuadros 5.12 y 5.13, Capítulo 5, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.4. Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

5.4.5. Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría

Las incertidumbres aplicadas para los datos de actividad y los factores de emisión provienen de los valores por defecto de la Sección 5.5, Capítulo 5, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* tal y como se muestra en la Tabla 5.46.

Tabla 5.46

Cultivo del arroz: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías estimadas.

Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	GEI	Hectáreas cultivadas	Incertidumbre DA (%)	Factor de emisión (Kg. CH ₄ año)	Incertidumbre FE
3.C.1. Irrigadas	CH ₄	11,952	5%	1.30	60,49%
3.C.2. Alimentadas a lluvia	CH ₄	86,961	5%	1.30	63,16%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI del *cultivo del arroz*, varían desde ± 60.7 a 63.4 % (Tabla 5.47). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados. Esto podría significar que, para avanzar en la exactitud de las estimaciones, e incrementar la calidad de la categoría, posiblemente sea necesario desarrollar factores de emisión país específico que se adapten a las circunstancias nacionales.

Tabla 5.47 Cultivo del arroz: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
3.C.1. Irrigadas	CH ₄	5%	60,5%	60,7%
3.C.2. Alimentada por lluvias	CH ₄	5%	63,2%	63,4%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para el cultivo del arroz se ha empleado la misma metodología descrita en las Directrices del IPCC de 2006. En cuanto a los datos de actividad utilizados, se realizó una revisión exhaustiva consultando a otras fuentes secundarias que se encuentran solo en físico, cuya información es más certera.

5.4.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector agricultura incluyendo todas sus categorías, se aplicaron actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 5.11.

5.4.7. Nuevos cálculos de la categoría

Las mejoras para esta categoría se presentan en la Tabla 5.48. Adicional, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuestos.

Tabla 5.48

Cultivo de arroz: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
3.C. Cultivo de arroz	Se realizó la búsqueda de datos de siembra de arroz a "Chuzo" de fuentes secundarias del MIDA para validar y ajustar de acuerdo con la realidad nacional.	Exactitud	DA

Nota: DA=Dato de actividad

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

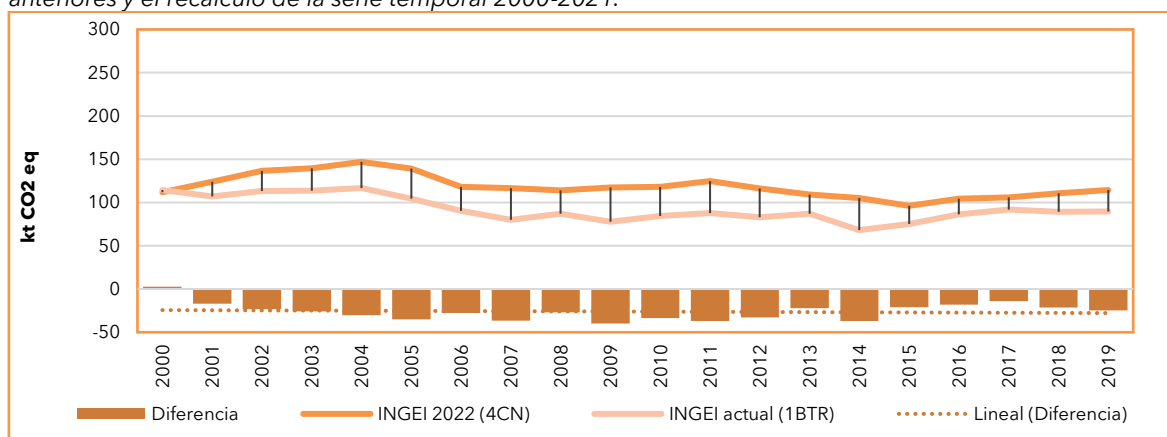
Tabla 5.49 Cultivo de arroz: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	111.9	118.1	109.2	105.8	114.2		
INGEI actual	114.5	84.3	87.0	91.6	89.6	106.8	116.1
Diferencia	2.6	-33.7	-22.2	-14.1	-24.6		
Diferencia %	2.3%	-40.0%	-25.6%	-15.4%	-27.5%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.9

Cultivo de arroz: nuevos cálculos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se presenta en la Tabla 5.49 y Figura 5.9, las emisiones de la categoría *cultivo de arroz* para el año 2000 aumenta, sin embargo, para el resto de los años disminuye, esto se debe a mejoras en los datos de actividad utilizados.

5.4.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

La categoría no es principal, sin embargo, el Equipo técnico de Agricultura ha determinado que es posible mejorar cierta información relacionada con el factor de emisión en base a un proyecto que se realiza en el país.

Tabla 5.50

Cultivo de arroz: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
AGRICULTURA				
3.C. Cultivo de arroz	Validación de factor de emisión de CH ₄ y N ₂ O óxido nitroso en proyecto de NAMA de arroz	En abordaje	Baja	Esta categoría no es principal, sin embargo, se trabaja en un proyecto a nivel de campo para levantar datos de un factor de emisión propio del país.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.4.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría

Tabla 5.51

Fermentación entérica: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Elemento	Sistema de archivo
AGRICULTURA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_03AG
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_03AG 2024_FE_03AG
Hojas de trabajo	2024_HT_03AG
Incertidumbre	2024_INC_03AG
Anexos e información de respaldo*	2024_AXN_03AG

*En la carpeta de anexos hay una para cultivo de arroz allí se encuentra toda la información de respaldo.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.5. Suelos agrícolas (CRT 3.D)

5.5.1. Descripción de la categoría

Las emisiones de N₂O en *suelos agrícolas* aborda las emisiones directas e indirectas de N₂O a la atmósfera, producto del N aplicado en los sistemas agropecuarios. Se estiman en esta categoría, las entradas de N de los fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgánicos, el N de la orina y estiércol del ganado depositado por animales en pastoreo en pasturas o praderas, residuos de cultivos, la mineralización del N relacionada con la pérdida o la ganancia de la materia orgánica del suelo por el cambio en el uso de la tierra o gestión de suelos minerales, y la gestión de suelos orgánicos (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones directas de N₂O por la incorporación de N de los *fertilizantes sintéticos y orgánicos depositados*; el N de la *orina y el estiércol depositado directamente al suelo por los animales en pastoreo*; los *residuos agrícolas y la mineralización / inmovilización asociada a la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo*. Además, se incluyen las emisiones indirectas de N₂O de los

agregados de N a la tierra, a través de la volatilización del N (NH_3 y NO_x), y la lixiviación y escurrimiento. Las emisiones de lodos cloacales aplicados a los suelos y el cultivo de suelos orgánicos (histosoles) no ocurren en el país.

5.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de la categoría contabilizaron 528.9 kt CO_2 eq (12.7 % del total del sector), incrementándose en 41.0 % desde 2000 y 7.9 % desde el 2019 (Tabla 5.52 y Figura 5.10). El comportamiento de las emisiones de esta categoría, está influenciado por el aumento de las cabezas de ganado en el país, lo que incrementa el depósito de N en los suelos por los animales en pastoreo directo. Sin embargo, en algunos años muy puntuales las emisiones disminuyeron asociado al fenómeno de El Niño como se ha mencionado anteriormente para los años 2001-2002, 2007-2008 y 2014-2015, en donde las hectáreas establecidas para la producción se reducen, llevando a un consume menor de fertilizantes nitrogenados que disminuyó, ya que se sembraron menos hectáreas de cultivos. Además, esta actividad conlleva muchos riesgos considerados por los bancos (SBP, 2013). En los últimos años, el PIB del sector agropecuario ha disminuido, lo que denota una baja general de la actividad a nivel nacional.

Al analizar las subcategorías que forman parte de *suelos agrícolas*, se aprecia que están dominadas significativamente por un 57.3 % proveniente de las *emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas*, mientras que el restante 42.7 % generada por las *emisiones indirectas de N_2O de los suelos agrícolas*.

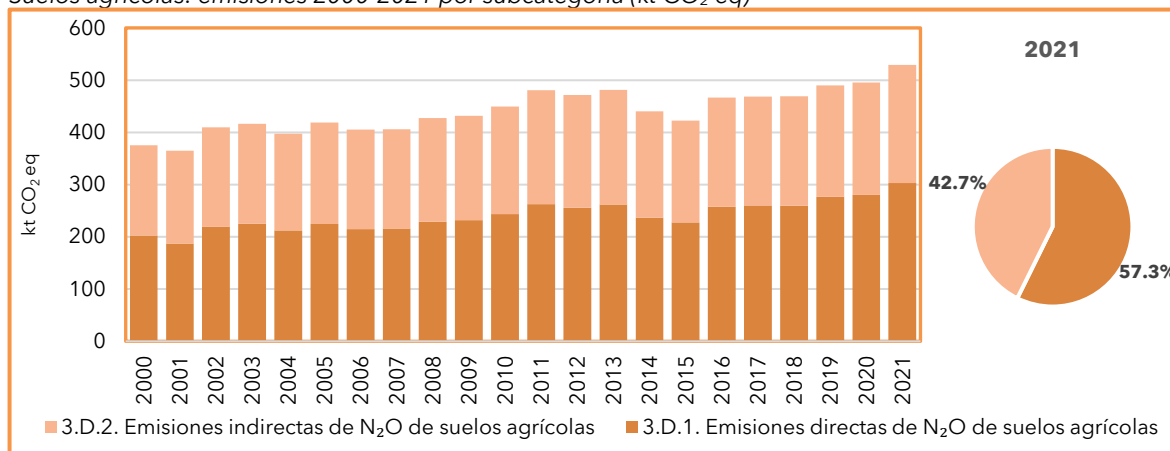
Tabla 5.52 Suelos agrícolas: emisiones por subcategoría (kt CO_2 eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas	202.7	243.5	261.8	260.2	276.9	280.3	303.1
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas	172.4	205.7	219.9	208.3	213.2	215.4	225.8
TOTAL	375.1	449.3	481.7	468.5	490.0	495.7	528.9

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.10

Suelos agrícolas: emisiones 2000-2021 por subcategoría (kt CO_2 eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

La subcategoría *emisiones directas de N_2O de los suelos agrícolas*, contabilizó 303.1 kt CO_2 eq (Tabla 5.53). La principal fuente de N fueron los *fertilizantes sintéticos*, representando un importante 36.9 %; le sigue la *orina y estiércol depositado por animales de pastoreo* con un 32.0 %; fertilizantes orgánicos con 19.0 %; residuos de cosecha con 11.3 % y, finalmente, la mineralización del N producto de las prácticas de laboreo con un 0.9 % (Figura 5.11).

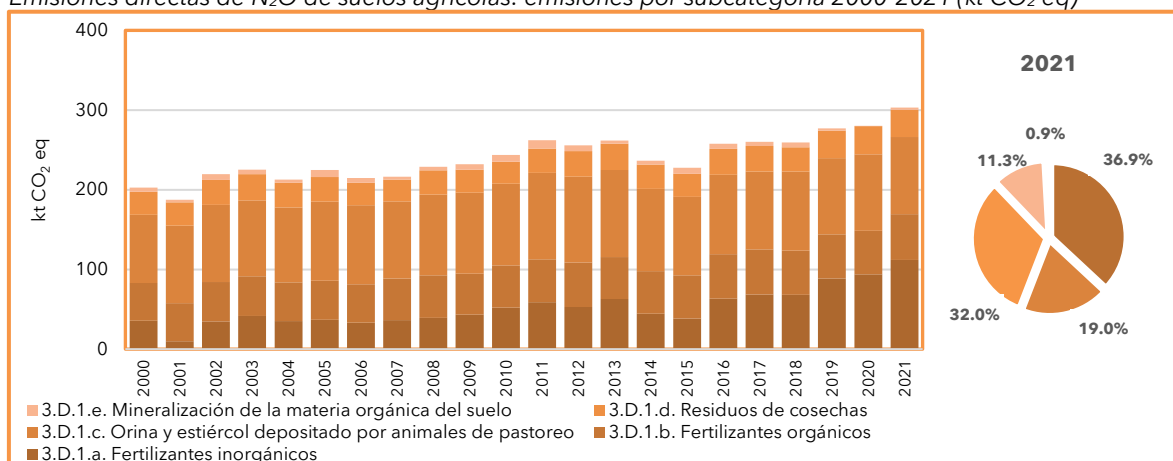
Tabla 5.53 Emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas: emisiones por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	35.6	52.1	62.8	68.5	88.8	93.9	111.9
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	47.4	53.1	52.8	56.6	55.2	54.5	57.4
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	85.7	102.4	109.2	97.6	95.7	96.2	96.9
3.D.1.d. Residuos de cosechas	28.9	27.8	32.8	32.1	34.5	35.2	34.2
3.D.1.e. Mineralización de la materia orgánica del suelo	5.1	8.2	4.1	5.3	2.6	0.5	2.7
Total	202.7	243.5	261.8	260.2	276.9	280.3	303.1

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.11

Emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas: emisiones por subcategoría 2000-2021 (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los resultados de las *emisiones indirectas de N₂O de suelos agrícolas* contabilizaron 226.2 kt CO₂ eq (Tabla 5.54). La principal fuente fue la *lixiviación y escurrimiento*, aportando el 52.9 %, mientras que el restante 47.1 % lo aportó la *deposición atmosférica* (Figura 5.12).

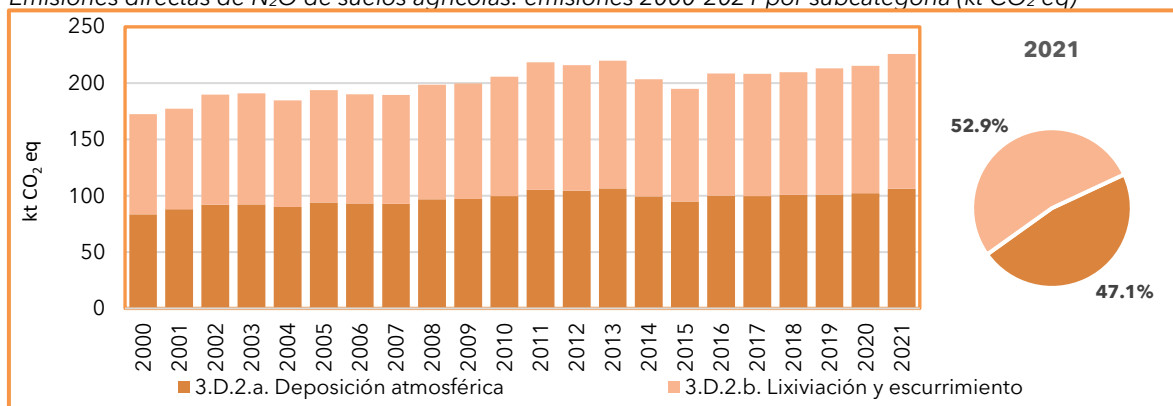
Tabla 5.54 Emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas: emisiones por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.D.2.a. Deposición atmosférica	83.6	99.8	106.4	99.9	101.1	102.2	106.3
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	88.8	105.9	113.5	108.5	112.0	113.2	119.5
TOTAL	172.4	205.7	219.9	208.3	213.2	215.4	225.8

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.12

Emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas: emisiones 2000-2021 por subcategoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisiones, para las estimaciones de las emisiones de N_2O de *suelos agrícolas* se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 5.55 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 5.55

Suelos agrícolas: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI

Categorías de fuente de GEI	N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión
3.D. Suelos agrícolas	T1, NO	D, NO
3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas	T1, NO	D, NO
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	T1	D
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	T1	D
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	T1	D
3.D.1.d. Residuos de cosechas	T1	D
3.D.1.e. Mineralización de la materia orgánica del suelo	T1	D
3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (histosoles)	NO	NO
3.D.1.g. Otros (especificar)	NO	NO
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas	T1	D
3.D.2.a. Deposición atmosférica	T1	D
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

A continuación, se presentan todas las referencias de las ecuaciones utilizadas para la estimación de las emisiones directas e indirectas de los suelos agrícolas:

- *Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas en suelos gestionados* (Ecuación 11.1, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*).
- *Emisiones indirectas de N_2O producido por deposición atmosférica de N volatilizado* (Ecuación 11.9, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*),
- *Emisiones indirectas de N_2O por lixiviación/escurrimiento de N* (Ecuación 11.10, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*)

5.5.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para estimar las *emisiones directas e indirectas de N_2O de los suelos agrícolas* para todas las subcategorías, provienen de las distintas fuentes descritas en la Tabla 5.5 y los respectivos datos para cada subcategoría se presentan en la Tabla 5.56.

Tabla 5.56

Suelos agrícolas: cantidad anual de N aplicado ($kg N año^{-1}$)

Años	Total de N de fertilizantes sintéticos aplicados en suelos gestionados (F_{SN}) (kg)	Total de N de fertilizantes sintéticos aplicados en arroz inundado (F_{SN}) (kg)	Total de N de fertilizantes orgánicos aplicados a los suelos gestionados (F_{ON}) (kg)	Total de N de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo (F_{PRP}) (kg)	Total de N de los residuos de cosecha (F_{CR}) (kg)	Total de N en suelos minerales que es mineralizado (F_{SON}) (kg)
2000	12,447,576.57	1,951,095.95	18,739,367.24	79,421,869.93	10,710,536.53	2,885,717.10
2001	2,862,959.77	1,823,770.64	18,567,881.65	90,523,194.90	10,871,156.09	1,800,505.10
2002	12,154,129.30	1,945,316.74	19,456,556.36	89,766,282.87	11,536,189.23	4,203,232.75
2003	14,733,091.15	1,956,387.85	19,483,739.99	88,588,486.64	12,318,640.11	3,187,724.61
2004	12,298,530.26	2,016,401.13	19,074,818.62	87,387,850.94	11,615,432.70	2,081,389.17
2005	13,060,340.08	1,799,495.37	19,149,115.70	92,273,944.04	11,565,025.60	4,986,882.96
2006	11,784,965.64	1,555,615.98	19,186,773.90	92,092,672.07	10,484,262.18	3,563,734.76

Años	Total de N de fertilizantes sintéticos aplicados en suelos gestionados (F_{SN}) (kg)	Total de N de fertilizantes sintéticos aplicados en arroz inundado (F_{SN}) (kg)	Total de N de fertilizantes orgánicos aplicados a los suelos gestionados (F_{ON}) (kg)	Total de N de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo (F_{PRP}) (kg)	Total de N de los residuos de cosecha (F_{CR}) (kg)	Total de N en suelos minerales que es mineralizado (F_{SON}) (kg)
2007	12,997,601.23	1,373,368.52	20,339,984.48	89,825,833.89	10,236,996.97	2,084,894.58
2008	14,107,209.49	1,507,603.93	20,714,109.65	94,036,977.01	11,572,514.87	2,640,583.30
2009	15,584,954.94	1,343,525.12	20,053,471.81	94,535,256.93	10,994,043.31	3,992,100.91
2010	18,914,733.99	1,473,379.26	20,569,695.08	95,426,801.71	10,501,729.43	4,645,243.21
2011	21,408,441.09	1,538,315.97	20,848,642.76	100,943,576.35	11,555,143.20	6,051,106.57
2012	19,258,290.05	1,462,733.52	21,402,858.69	100,468,792.61	12,190,715.15	4,206,457.94
2013	22,945,290.27	1,538,882.67	20,344,900.66	101,813,695.42	12,432,359.77	2,306,784.57
2014	16,127,814.87	1,202,853.63	20,677,294.45	96,070,782.22	11,425,437.10	2,861,353.97
2015	13,856,421.52	1,309,288.06	20,805,813.85	91,392,339.19	10,922,295.00	4,393,775.44
2016	23,211,258.10	1,519,564.33	21,361,118.60	92,415,648.90	12,424,297.29	3,690,067.69
2017	25,042,501.46	1,627,546.98	21,669,802.64	90,735,378.65	12,236,370.90	2,997,570.46
2018	24,911,369.92	1,514,876.22	21,278,332.32	92,484,109.94	11,451,163.99	3,478,132.10
2019	32,818,108.43	1,397,711.93	21,138,614.91	89,109,796.72	12,998,266.37	1,476,693.91
2020	34,584,108.33	1,706,071.22	20,858,885.53	89,597,833.13	13,220,502.20	271,597.56
2021	41,328,350.27	1,827,472.40	21,893,540.72	90,116,844.89	12,864,754.01	1,510,567.81

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

A continuación, se describe los procesos metodológicos para obtener los datos de actividad aplicados, en la estimación de las *emisiones directas e indirectas de N_2O en suelos agrícolas* para la serie temporal 2000-2021 de Panamá por subcategoría.

Fertilizante sintético aplicado (F_{SN})

Se estima a partir de la cantidad total de fertilizante sintético consumida por año y se aplica la ecuación 11.1 del capítulo 11 de las *Directrices del IPCC 2006*. Existen varios tipos de fertilizantes sintéticos aplicados a los suelos, cada uno de los cuales tiene un porcentaje de N distinto. El procesamiento de los datos de importación consistió en lo siguiente:

- Identificar el % de N de cada fertilizante reportado,
- Aplicar una «regla de tres» en función del % de N. En este punto, es importante aclarar que las presentaciones de los fertilizantes, además del N, también pueden estar acompañados de otros nutrientes y de materias inertes, como en el caso de la urea, que tiene 46 % de N, y el resto de la presentación es material inerte,
- Determinar el total del dato de actividad, que se obtuvo al sumar todos los tipos de fertilizantes nitrogenados reportados.

En el ANEXO 5.1 se muestran los distintos tipos de fertilizantes utilizados para estimar el N aplicado a los suelos en forma de *fertilizantes sintéticos*.

Fertilizantes de N orgánico aplicados (F_{ON})

El término F_{ON} se refiere a la cantidad de aportes de N orgánico aplicado a los suelos que no provengan de animales en pastoreo. Esto incluye *estiércol animal aplicado (F_{AM})*, *barros cloacales aplicados al suelo (F_{SEW})*, *compost aplicado al suelo (F_{COMP})*, así como otros abonos orgánicos de importancia regional para la agricultura (F_{OOA}) (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.) para esto se aplica la ecuación 11.3, Capítulo 11, Volumen 4.

En el caso de Panamá, se incluye la cantidad anual de *N de estiércol animal aplicada a los suelos* en kg N año^{-1} (F_{AM}) y la cantidad anual del total de *N del compost* (F_{comp}) ya que fue posible obtener los datos de referencia, a cada uno de los distintos abonos a los cuales se les calculó el N; toda esta información para el año 2021. Con base en el dictamen de experto y la aplicación de técnicas de empalme se completó la serie temporal de todos los datos requeridos.

El término F_{AM} se determina ajustando la cantidad de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados o para alimento ($Frac_{ALIM}$), combustible ($Frac_{COMBUST}$), o para la construcción ($Frac_{CNST}$), utilizando la ecuación 11.4, capítulo 11.

En general, todo el estiércol desde los SGE es aplicado en *suelos agrícolas*, salvo para aves de corral, en donde el dictamen de expertos indica que en el caso de pila estática el 90 % del estiércol es utilizado para abono, mientras que 10 % se utiliza para alimentación animal; en el caso de estiércol de aves con hojarasca 20 % del estiércol se utiliza como abono, mientras que 80 % se utiliza para alimentación animal. Para poder estimar estos porcentajes y descontarlos se requiere la cantidad de N del estiércol gestionado disponible para la aplicación en el suelo y para su uso como alimento, combustible o construcción ($N_{MMS_{Avb}}$) que se estima utilizando la ecuación 10.34 del capítulo 10.

Orina y estiércol de animales de pastoreo (F_{PRP})

El término F_{PRP} se refiere a la *cantidad anual de N depositado en suelos de pasturas, prados y praderas por animales de pastoreo*. Es importante señalar que el N del estiércol animal gestionado aplicado a los suelos se incluye en F_{ON} . El término F_{PRP} se estima empleando la ecuación 11.5, capítulo 11, volumen 4, de las *Directrices del IPCC de 2006*, de la cantidad de animales de cada subcategoría animal, la cantidad promedio anual de N excretado por cada subcategoría animal, y la fracción de este N que se deposita en suelos de pasturas, prados y praderas de cada especie/categoría de ganado. Los datos necesarios para esta estimación son los mismos usados en *fermentación entérica y gestión del estiércol*. En Panamá el pastoreo es la forma más común de crianza por los ganaderos, así como de otras especies reportadas en el INGEI.

Nitrógeno en los residuos agrícolas (F_{CR})

El término F_{CR} se refiere a la cantidad de N contenida en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) es decir, contabiliza las emisiones de los residuos que quedan en campo una vez realizada la cosecha. La principal fuente de información son las estadísticas de área sembrada y rendimiento por hectárea, para esta serie temporal, en la cual se incluyeron 22 rubros; se espera mejorar dichas estimaciones o ajustar los rubros incluidos en el próximo INGEI. Para su estimación se aplicó la ecuación 11.6 del capítulo 11.

El rendimiento es uno de los parámetros utilizados en esta estimación y para el caso de Panamá el rendimiento se declara en peso fresco por lo tanto se aplicó un factor de corrección que corresponde a la ecuación 11.7 del capítulo 11 de las *Directrices del IPCC de 2006* para obtener el rendimiento de materia seca cosechada para cada cultivo.

En el ANEXO 5.1 se muestra los parámetros utilizados para estimar el aporte de N producto de los residuos de cosecha (producción por hectárea y hectáreas sembradas).

Nitrógeno en suelos minerales que es mineralizado, en asociación con la pérdida de C de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o gestión de la tierra (F_{CR})

El término F_{SOM} se refiere a la cantidad de N mineralizado por la pérdida de C orgánico del suelo en suelos minerales, por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión y se estima aplicando la ecuación 11.8, capítulo 11, volumen 4, de las *Directrices del IPCC de 2006*.

De acuerdo con Smith y Conen, 2004 citado en (IPCC, 2006) el C y el N orgánico están íntimamente ligados con la materia orgánica del suelo. Donde se pierde C del suelo por oxidación debido a cambios en el uso o la gestión de la tierra; esta pérdida tendrá lugar acompañada por una simultánea mineralización de N. Donde hay una pérdida de C del suelo, este N mineralizado se considera una fuente adicional de N disponible, para su conversión en N_2O .

Los datos requeridos para la estimación consideran la pérdida promedio anual del C del suelo para cada tipo de suelo, cuyo valor proviene del sector UTCUTS y para la pérdida de N producto de la mineralización, se calcula la categoría *tierras convertidas en tierras de cultivo*: cambio anual en las reservas de C en suelos minerales. Se utiliza un método de nivel 2 para los datos de actividad, ya que la información se encuentra de manera desagregada por cambios en los usos y se utilizan otros parámetros propios del país, como lo son la entrada de materia orgánica (entrada media), tipo de suelo (suelos arcillosos de baja actividad) y laboreo reducido. Estos datos de actividad provienen de las matrices de cambio de uso de la tierra, específicamente los compilados de los datos de *otras tierras que cambian a tierras de cultivo* y que se encuentran en la base de datos del SSINGEI-del Sector UTCUTS.

5.5.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión presentados en la Tabla 5.57 y Tabla 5.58 para las *emisiones directas e indirectas de N_2O en suelos agrícolas*, corresponden a los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 5.57

Suelos agrícolas: factores de emisión aplicados a las emisiones directas de N_2O

Subcategoría	[kg N_2O -N (kg aportes N) ¹]
EF ₁ fertilizantes inorgánicos	0.010
EF _{1FR} fertilizantes inorgánicos para arrozales inundados	0.005
EF ₁ estiércol animal aplicado a los suelos	0.010
EF _{3PRP, CPP} para vacunos, búfalos, aves de corral y porcinos	0.004
EF _{3PRP, SO} para ovinos y «otros animales»	0.003
EF ₁ N en los residuos agrícolas	0.010
EF ₁ N en suelos minerales que se mineralizado, en asociación con la pérdida de C de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o gestión de la tierra	0.010

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Cuadro 11.1, Capítulo 11, Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*. Los números en color rojo corresponden a datos actualizados que provienen del Refinamiento de 2019.

Tabla 5.58

Suelos agrícolas: factores de emisión aplicados a las emisiones indirectas de N_2O

Subcategoría	Valor
EF ₄ deposición atmosférica (kg N_2O -N) (kg NH_3 -N + NO_x -N volatilizado) ⁻¹	0.014
EF ₅ lixiviación y escorrentía (kg NH_3 -N + NO_x -N) (kg de N aplicado o depositado) ⁻¹	0.010

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024, con base en el cuadro 11.3, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*. Los números en color rojo corresponden a datos actualizados obtenidos del Refinamiento de 2019.

5.5.4. Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

5.5.5. Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría

Las incertidumbres aplicadas para los datos de actividad y los factores de emisión provienen de los valores por defecto de la Sección 11.2, Capítulo 11, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006, los cuales se presentan en la Tabla 5.59. Los altos valores corresponden a las incertidumbres de todos los distintos parámetros que se utilizan para obtener los kg de N.

Tabla 5.59

Suelos agrícolas: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías estimadas.

Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	GEI	Dato de actividad (Kg de N)	Incertidumbre DA (%)	Factor de emisión (Kg. CH4 año)	Incertidumbre FE (%)
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	N ₂ O	43.155.822,67	15%	0,01	86,62%
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	N ₂ O	21.674.816,01	86,95%	0,01	85,00%
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	N ₂ O	92.140.067,00	57,02%	0,01	175,00%
3.D.1.d. Residuos de cosechas	N ₂ O	12.897.257,62	30%	0,01	25,95%
3.D.1.e. Mineralización de la materia orgánica del suelo	N ₂ O	1.007.045,21	20%	0,01	2,03%
3.D.2.a. Deposición atmosférica	N ₂ O	401.075,72	104,60%	0,014	21%
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	N ₂ O	451.110,02	152,97%	0,011	91%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de *suelos agrícolas*, varían desde ± 20.1 a 184.1 % (Tabla 5.60). Destaca que, la incertidumbre de la categoría, está dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados, sin embargo, las incertidumbres de los datos de actividad son altas también, especialmente las relacionadas a las emisiones indirectas de N₂O. Esto podría significar que, para avanzar en la exactitud de las estimaciones, e incrementar la calidad de la categoría, posiblemente sea necesario desarrollar factores de emisión país específico.

Tabla 5.60

Suelos agrícolas: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	N ₂ O	15%	86,6%	87,9%
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	N ₂ O	86,9%	85,0%	121,6%
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	N ₂ O	57,0%	175,0%	184,1%
3.D.1.d. Residuos agrícolas	N ₂ O	30%	26%	39,7%
3.D.1.e. Nitrógeno en suelos minerales que se mineralizada, en asociación con la pérdida de C de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o gestión de la tierra (FCR)	N ₂ O	20%	2%	20,1%
3.D.2.a. Deposición atmosférica	N ₂ O	104,6%	21,4%	106,8%
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	N ₂ O	153,0%	90,9%	177,9%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en las *Directrices del IPCC de 2006*.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para los *suelos agrícolas* se ha logrado mantener el uso de las *Directrices del IPCC de 2006*, sin embargo, algunos de los parámetros y factores de emisión por defecto, han sido actualizados utilizando el *Refinamiento de 2019*.

5.5.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector agricultura incluyendo todas sus categorías, se aplicaron actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 5.11.

5.5.7. Nuevos cálculos de la categoría

En este nuevo ciclo de inventario el país ha incluido categorías que no se habían podido estimar, las cuales se presentan en la Tabla 5.61. Durante este ciclo se inventario se contó con el apoyo de CBIT-GSP, quienes en el marco de la Red de Transparencia Climática facilitaron el intercambio de experiencias con Paraguay sobre la estimación de los GEI de los residuos agrícolas en el campo y el intercambio con Chile sobre la estimación de emisiones del N mineralizado en los suelos producto de las pérdidas o ganancias de la materia orgánica. Este tipo de intercambios son importantes para el país, ya que brinda una idea de cómo abordar dichas estimaciones y lo que se puede mejorar en un corto o mediano plazo.

Tabla 5.61

Cultivo de arroz: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
3.D. Suelos agrícolas	Estimación de las emisiones directas de N ₂ O por incorporación de residuos de cultivos a los suelos y mineralización o inmovilización de N asociada con la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo.	Exhaustividad	NA*
	Estimación de las emisiones directas de N ₂ O por incorporación de residuos de cultivos a los suelos y mineralización o inmovilización de N asociada con la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo.	Exhaustividad	NA*
	Incorporación de datos de abonos orgánicos (compost) a la subcategoría FON: N en estiércol animal, compost, lodos cloacales, otros.,	Exhaustividad	DA
	Utilización de los factores de emisión por defecto del <i>Refinamiento de 2019</i> .	Exactitud	FE

*NA: Estas categorías se estimaron por primera vez; DA= Dato de actividad.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se observa en la Tabla 5.62, las emisiones de la categoría *suelos agrícolas* para todos los años, ha disminuido con relación al inventario anterior, esto se debe al uso de los factores por defecto del IPCC del *Refinamiento del 2019*. La Figura 5.13 permite observar la tendencia de las emisiones y cuanto ha disminuido.

Tabla 5.62

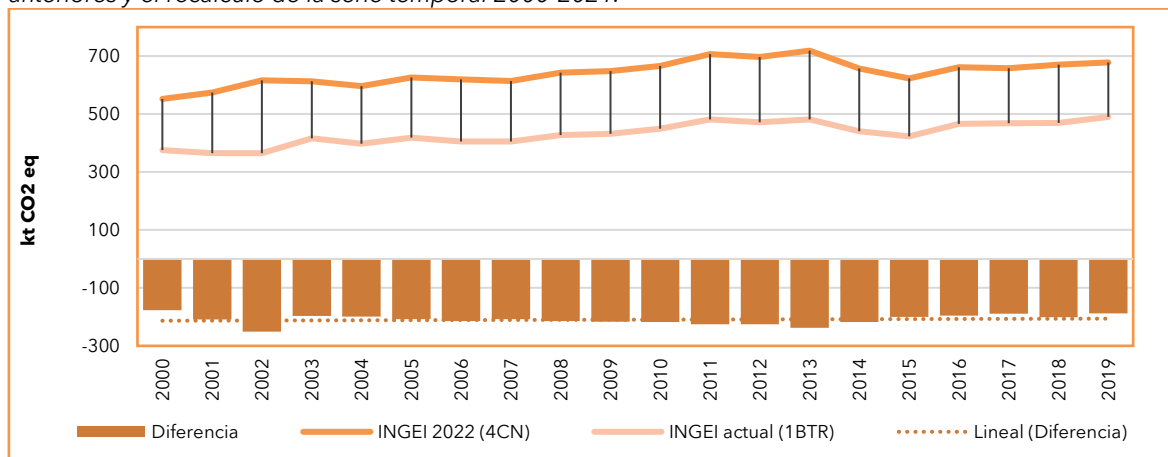
Suelos agrícolas: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq) años 2000-2021

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anteriores	552.2	666.5	718.8	658.0	677.7		
INGEI actual	375.1	449.3	481.7	468.5	490.0	495.7	528.9
Diferencia	-177.1	-217.2	-237.1	-189.4	-187.6		
Diferencia %	-47.2%	-48.4%	-49.2%	-40.4%	-38.3%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 5.13

Suelos agrícolas: nuevos cálculos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.5.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Dado que, las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos agrícolas son categorías principales, el Equipo técnico de Agricultura identificó que se puede mejorar la exactitud de los datos de actividad, para las subcategorías que se presentan en la Tabla 5.63.

Tabla 5.63

Cultivo de arroz: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
AGRICULTURA				
3.D.1.d. Residuos de cosechas	Hacer una revisión de los datos de actividad sobre los distintos rubros producidos en el país y validar en campo residuos de las cucurbitáceas.	En abordaje	Baja	Hacer un levantamiento de información en campo sobre la biomasa de las cucurbitáceas (melón, sandía, zapallo y pepino).
3.D.1.d. Mineralización de los suelos	Revisión de datos de las hojas de Excel del sector UTCUTS y la fuente del DA	En abordaje	Baja	Hacer una revisión más detallada de los cambios en los usos de la tierra del sector UTCUTS y las prácticas la laboreo con expertos sectoriales.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.5.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría.

Tabla 5.64

Suelos agrícolas: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Elemento	Sistema de archivo
AGRICULTURA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_03AG
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_03AG 2024_FE_03AG
Hojas de trabajo	2024_HT_03AG
Incertidumbre	2024_INC_03AG 2024_AXN_03AG
Anexos e información de respaldo (carpetas)	DA_Fertilizantes de N Sintéticos F _{SN} DA_Fertilizantes de N orgánico aplicados F _{ON} DA_Orina y estiércol de animales en pastoreo F _{PRP} DA_Residuos Agrícolas F _{CR} DA_Mineralización de la materia orgánica del suelo F _{SOM}

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.6. Quema prescrita de sabanas (CRT 3.E)

Esta categoría se reportó como *incluida en otro lugar* «IE», ya que fue estimada, pero sus emisiones se reportaron en la categoría *pastizales y tierras forestales* del sector UTCUTS (ver Sección 6.6). De acuerdo con la revisión de los datos de actividad obtenidos de la DIVEDA del MiAMBIENTE, actualmente no se dispone de una desagregación de las hectáreas quemadas de sabanas. Los datos disponibles que fueron utilizados en el presente INGEI, se encuentran agrupados como gramíneas (herbazales, pastos) y potreros bajo uno agropecuario.

5.7. Quema de residuos agrícola en el campo (CRT 3.F)

5.7.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CH₄ y N₂O producto de la *quema de residuos agrícolas en campo*, como arroz, maíz y caña de azúcar cuya biomasa es el principal depósito de carbono afectado. Se considera fuego a toda perturbación que afecta no solo la biomasa, sino también a la materia orgánica muerta (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de *quema de residuos de cultivos de cereales* (agregados del arroz y maíz) y *caña de azúcar*. Las emisiones producto de la quema de residuos de *legumbres, tubérculos y otros cultivos* no se estiman debido a que no ocurren en el país.

5.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

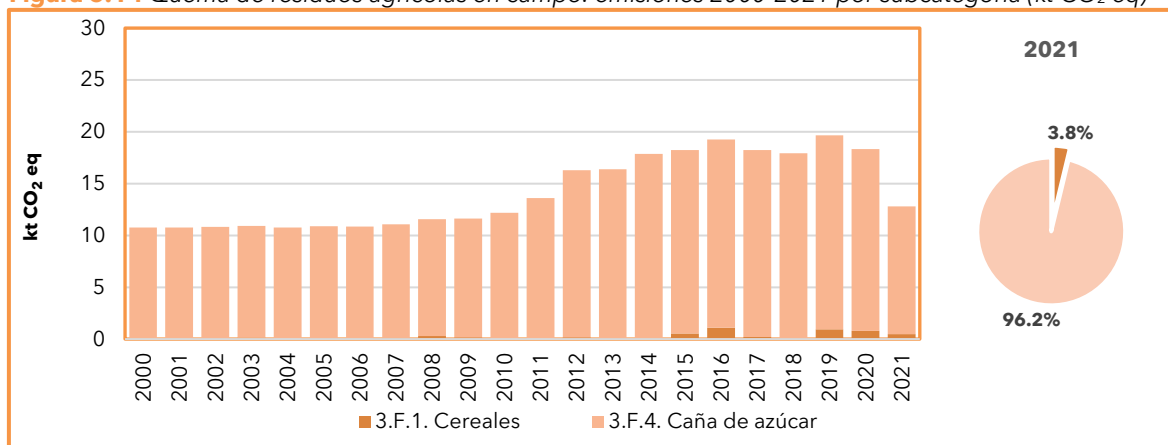
En 2021, las emisiones de la categoría contabilizaron 12.8 kt CO₂ eq (solo un 0.3 % del total del sector) aumentando en 19.0 % desde 2000 y disminuyendo un 34.8 % desde 2019 (Tabla 5.65 y Figura 5.14). El mayor porcentaje de estas emisiones corresponde a la quema de residuos de caña de azúcar, con un 96.2 %, y hace referencia al quemado previo a la cosecha como una práctica realizada en los cañaverales, le sigue la quema de residuos de cereales con un 3.8 %. Es importante señalar que según la Resolución No. DM-0020 de 20 de enero de 2017 (Gaceta Oficial 28204, 25 de enero 2017) se establecen medidas de control de quemas y condiciones para el otorgamiento de permisos de quema, esto busca que en el país las quemas en la caña se reduzcan gradualmente, ya que es una práctica muy común en los cañaverales. Se tienen reportes para los años 2020-2021, sobre la implementación de la cosecha en verde en campo, cuya información fue incluida en la estimación de las emisiones en donde se logra evidenciar la reducción de las emisiones específicamente en la caña de azúcar.

Tabla 5.65 Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.F.1. Cereales	0.0	0.0	0.1	0.2	0.9	0.8	0.5
3.F.4. Caña de azúcar	10.7	12.2	16.3	18.0	18.7	17.5	12.3
TOTAL	10.8	12.2	16.4	18.2	19.7	18.3	12.8

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 5.14 Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones 2000-2021 por subcategoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.7.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Las emisiones de CH₄, N₂O, NO_x, y CO producto de la quema de residuos agrícolas en campo, fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006. La Tabla 5.66 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 5.66

Quema de residuos agrícola en el campo: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2020

Categorías de fuente de GEI	CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
3.F.1. Cereales	T1	D	T1	D
3.F.2. Legumbres	NO	NO	NO	NO
3.F.3. Tubérculos y raíces	NO	NO	NO	NO
3.F.4. Caña de azúcar	T1	D	T1	D
3.F.5. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Para la estimación de los GEI de la categoría se utilizaron datos de actividad de las estadísticas nacionales, factores de emisión por defecto y se aplicó la ecuación 2.27, capítulo 2, volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006.

5.7.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los principales datos requeridos para el cálculo de las emisiones son la superficie quemada en hectáreas, los cuales se describen en la Tabla 5.5. En el caso del arroz y maíz, se aplicó el dictamen de expertos en donde se determinó que del total del dato presentado por DIVEDA el 80 % corresponde al arroz, mientras que el restante 20 % corresponde a maíz (Tabla 5.67).

Otros datos paramétricos, como la masa de combustible disponible para la combustión y el factor de combustión, fueron obtenidos de los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.68). Para cada subcategoría se aplicaron los correspondientes valores.

Tabla 5.67

Quema de residuos agrícolas en campo: superficie quemada 2000-2021 por subcategoría (ha)

Años	Arroz	Maíz	Caña de azúcar (ha)	Total (ha)
2000	43	11	17,473	17,527
2001	42	11	17,475	17,528
2002	65	16	17,480	17,561
2003	128	32	17,489	17,649
2004	29	7	17,507	17,544
2005	84	21	17,543	17,648
2006	43	11	17,615	17,669
2007	112	28	17,761	17,901
2008	304	76	18,055	18,435
2009	63	16	18,653	18,732
2010	4	1	19,888	19,894
2011	0	0	22,206	22,206
2012	168	42	26,146	26,356
2013	75	19	26,574	26,668
2014	54	14	29,020	29,088
2015	540	135	28,281	28,955
2016	1,117	279	28,289	29,685
2017	206	52	29,213	29,471
2018	63	16	29,090	29,169
2019	954	239	29,427	30,620
2020	56	14	20,640	20,710
2021	493	123	19,540	20,156

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla 5.68

Quema de residuos agrícolas: valores por defecto de la masa de combustible disponible para la combustión y factor de combustión aplicados

Subcategoría	M _B (toneladas ha ⁻¹)	C _F (toneladas ha ⁻¹)
Arroz	5.50	0.80
Maíz	10.00	0.80
Caña de azúcar	6.50	0.80

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024, con base en los Cuadros 2.4 y 2.6, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

5.7.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión aplicados para determinar los GEI para la categoría corresponden a valores por defecto provenientes de las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.69).

Tabla 5.69

Quema de residuos agrícolas: factores de emisión aplicados

GEI	[g GEI (kg dm quemada) ⁻¹]
CH ₄	2.70
N ₂ O	0.07
CO	92
NO _x	2.5

Fuente: Cuadro 2.5, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

5.7.4. Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

5.7.5. Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría

Las incertidumbres aplicadas para los datos de actividad y los factores de emisión provienen de los valores por defecto de la Sección 2.4, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*, los valores se presentan en la Tabla 5.70.

Tabla 5.70

Quema de residuos agrícolas en campo: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías estimadas.

Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	GEI	Dato de actividad (Hectáreas)	Incertidumbre DA (%)	Factor de emisión (Kg. CH4 año)	Incertidumbre FE (%)
3.F.1. Cereales	CH ₄	616.78	66,43%	2,70	63,74%
3.F.4. Caña de azúcar	CH ₄	19,539.61	66,43%	2,70	63,74%
3.F.1. Cereales	N ₂ O	616.78	66,43%	0,07	62,73%
3.F.4. Caña de azúcar	N ₂ O	19,539.61	66,43%	0,07	62,73%

Fuente: Cuadro 2.5, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *quema de residuos agrícolas en campo* varían desde ± 92.1 a 94.6 % (Tabla 5.71). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre de los datos de actividad aplicados. Esto podría significar que, para avanzar en la exactitud de las estimaciones, e incrementar la calidad de la categoría, posiblemente sea necesario hacer una revisión más detallada de las posibles fuentes de información.

Tabla 5.71

Quema de residuos agrícolas en campo: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
3.F.1. Cereales	CH ₄	66,4%	63,7%	92,1%
3.F.4. Caña de azúcar	CH ₄	66,4%	63,7%	92,1%
3.F.1. Cereales	N ₂ O	66,4%	62,7%	94,6%
3.F.4. Caña de azúcar	N ₂ O	66,4%	62,7%	94,6%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para la *quema de residuos agrícolas en campo*, se logró avanzar en la revisión de los datos de actividad y trabajar en base al dictamen de expertos, se continuó trabajando con la misma metodología que se encuentra descrita en las *Directrices del IPCC de 2006*.

Los datos de actividad fueron revisados por el Equipo técnico de Agricultura, se determinó por dictamen de expertos que los datos de quemas corresponden el 80 % de la quema al arroz y un 20 % al maíz, por tanto, se trabajó masa de combustible para la combustión (M_B) para cada cultivo y su respectivo factor de combustión (C_f).

5.7.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector agricultura incluyendo todas sus categorías, se aplicaron actividades y procedimientos generales descritos en la [Sección 5.11].

5.7.7. Nuevos cálculos de la categoría

Las mejoras para esta categoría se presentan en la Tabla 5.72. Adicional, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuestos y la misma data en comparación con el INGEI.

Tabla 5.72

Quema de residuos agrícolas: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
3.F. Quema de residuos agrícolas	Se ajustaron los datos de hectáreas de caña de azúcar, con base en los criterios del equipo se utilizaron los datos del MIDA y se validaron con las estadísticas de DIVEDA.	Exactitud	DA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se presenta en la Tabla 5.73 y Figura 5.15, las emisiones de la categoría *quema de residuos agrícolas en campo* para el año 2019, aumentó con relación al inventario anterior, lo cual puede atribuirse al ajuste en los datos de actividad.

Tabla 5.73

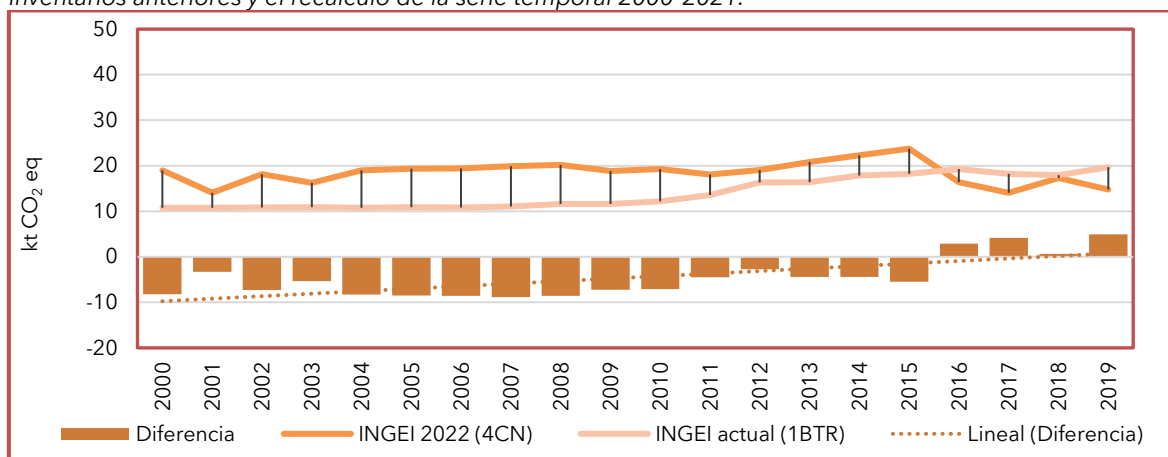
Quema de residuos agrícolas en campo: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anteriores	19.0	19.3	20.8	14.1	14.7		
INGEI actual	10.8	12.2	16.4	18.2	19.7	18.3	12.8
Diferencia	-8.2	-7.1	-4.4	4.2	4.9		
Diferencia %	-76.1%	-58.4%	-27.0%	23.0%	25.0%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.15

Quema de residuos agrícolas: nuevos cálculos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.7.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

La *quema de residuos agrícolas en campo* no fue identificada como categoría principal, por lo tanto, no se tienen contempladas mejoras.

5.7.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría.

Tabla 5.74

Quema de residuos agrícolas: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Elemento	Sistema de archivo
AGRICULTURA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_03AG
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_03AG 2024_FE_03AG
Hojas de trabajo	2024_HT_03AG
Incertidumbre	2024_INC_03AG
Anexos e información de respaldo (carpetas)	2024_AXN_03AG (carpeta 3-F Quema de residuos agrícolas)

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.8. Encalado (CRT 3.G-J)

5.8.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO₂ que se generan producto del encalado, actividad realizada para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos en sistemas gestionados. En particular, en tierras agrícolas y bosques gestionados, se adiciona agregados de carbonatos a los suelos (p. ej. piedra caliza o dolomita) las cuales, al disolverse, se transforman y liberan bicarbonato, que se convierte en CO₂ y agua (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones que se generan por el uso de cal en los campos agrícolas, específicamente de *caliza* y *dolomita* por separado.

5.8.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones de la categoría contabilizaron 2.0 kt CO₂ eq (menos del 1.0 % del total del sector). Estas emisiones representaron un incremento 1090.5 % respecto al año 2000. Por otro lado, comparando las emisiones de 2019 con 2021, se presentó una disminución del 14.6 % (Tabla 5.75 y Figura 5.16). Con respecto a los tipos de cal usadas, el mayor porcentaje de emisiones corresponde al uso de *caliza* con un 98.9 %, el restante 1.1 % lo aporta la *dolomita*.

Tabla 5.75

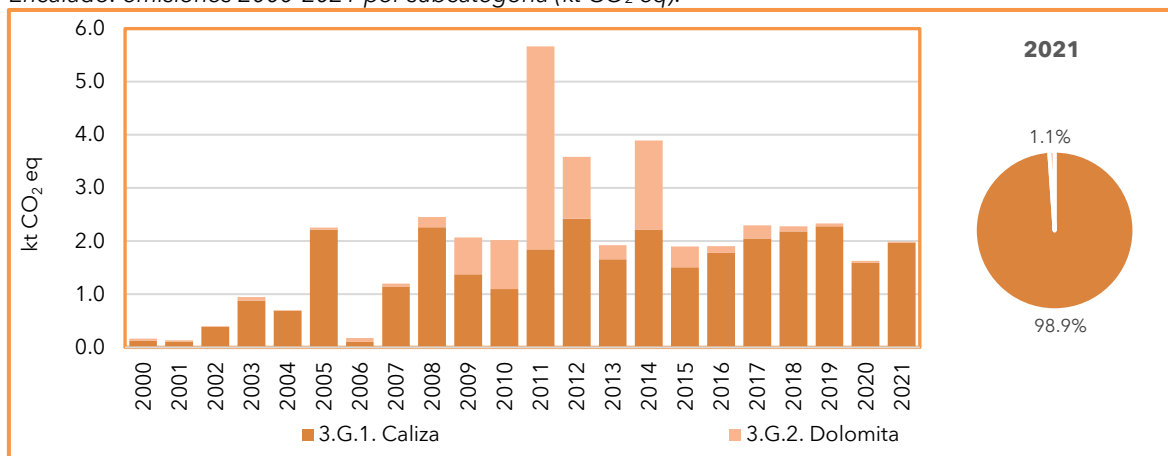
Encalado: emisiones por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
3.G.1. Caliza	0.1	2.2	1.1	1.7	2.0	2.2	2.3
3.G.2. Dolomita	0.0	0.0	0.9	0.3	0.2	0.1	0.1
TOTAL	0.2	2.3	2.0	1.9	2.3	2.3	2.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.16

Encalado: emisiones 2000-2021 por subcategoría (kt CO₂ eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.8.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión para la categoría *encalado*, tanto *caliza* como *dolomita*, se aplicó el método del Nivel 1 de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 5.76 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 5.76

Encalado: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CO ₂	
	Método aplicado	Factor de emisión
3.G. Encalado	T1	D
3.G.1. Caliza	T1	D
3.G.2. Dolomita	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

El CO₂ de la categoría se estimó utilizando datos de las estadísticas nacionales, factores de emisión por defecto y la ecuación 11.2, capítulo 11, volumen 4, de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.8.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

La fuente de los datos de actividad utilizados en las estimaciones del *encalado* se presenta en la Tabla 5.5. Mediante dictamen de expertos y revisión de los datos de la Autoridad Nacional de Aduanas (ANA) se determinó que para la caliza importada el 46 % es para uso en agricultura y el resto para otros usos (Tabla 5.77). Como supuesto se asume que la caliza y la dolomita son utilizadas en el mismo año.

Tabla 5.77

Encalado: cantidad anual de cal aplicada 2000-2021 por subcategoría (toneladas)

Años	Caliza (t)	Dolomita (t)	Total (t)
2000	289	85	373
2001	249	56	305
2002	882	28	909
2003	2,005	135	2,140
2004	1,564	28	1,592
2005	5,027	89	5,116
2006	235	150	385

Años	Caliza (t)	Dolomita (t)	Total (t)
2007	2,601	125	2,726
2008	5,141	406	5,547
2009	3,120	1,454	4,574
2010	2,495	1,936	4,430
2011	4,197	8,008	12,205
2012	5,509	2,439	7,948
2013	3,770	560	4,330
2014	5,039	3,514	8,553
2015	3,431	820	4,250
2016	4,041	270	4,311
2017	4,657	523	5,180
2018	4,961	200	5,161
2019	5,175	119	5,294
2020	3,619	75	3,695
2021	4,481	45	4,526

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.8.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para la categoría *encalado* se aplicaron los valores por defecto de los factores de emisión para *caliza* y *dolomita* proveniente de las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.78).

Tabla 5.78

Encalado: factores de emisión aplicados

Subcategoría	Valor	Unidad
Caliza	0.12	[t de C (t de dolomita) ⁻¹]
Dolomita	0.13	[t de C (t de dolomita) ⁻¹]

Fuente: Elaboración propia con base en la Sección 11.3.2, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

5.8.4. Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

5.8.5. Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría

Las incertidumbres aplicadas para los datos de actividad y los factores de emisión provienen de los valores por defecto de la Sección 11.3, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*, los cuales se muestran en la Tabla 5.79.

Tabla 5.79

Encalado: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías estimadas.

Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	GEI	Dato de actividad (Toneladas)	Incertidumbre DA (%)	Factor de emisión (Kg. CO ₂ año)	Incertidumbre FE (%)
3.G.1. Caliza	CO ₂	4,480.86	25%	0,12	30%
3.G.4. Dolomita	CO ₂	45.25	25%	0,13	30%

Fuente: Cuadro 2.5, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI del *encalado* es $\pm 39.1\%$ (Tabla 5.80). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados.

Tabla 5.80

Encalado: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
3.G.1. Caliza	CO ₂	25%	30%	39.1%
3.G.2. Dolomita	CO ₂	25%	30%	39.1%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

En cuanto a los datos de actividad se logró consultar a las empresas productoras de cal en el país en donde se informó que el 95% de la cal (Caliza) que producen es destinado para la fabricación de alimentos de aves, cerdos y vacunos y solo un 5% para aplicación en suelos, esto coincide con los expertos del sector, ya que la utilización de cal en la producción agropecuaria ha disminuido y el uso de la misma es regulado.

5.8.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector agricultura incluyendo todas sus categorías, se aplicaron actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 5.11.

5.8.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos ajustes y cálculos como se describen en la Tabla 5.81 no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuestos y la misma data en comparación con el INGEI anterior.

Tabla 5.81

Encalado: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
3.G. Encalado	Se realizaron ajustes a la hoja de trabajo ya que los resultados estaban en ton de C, este dato debe ser llevado a CO ₂ .	Exactitud	HT
	Se incluyeron datos de producción de caliza en el país, solo un 5% se utiliza en suelos, el resto para producción de alimentos y otros usos.	Exhaustividad	DA

Nota: DA= Dato de actividad; HT= Hoja de trabajo.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se presenta en la Tabla 5.82 y Figura 5.17, las emisiones producto del *encalado* aumentó en este nuevo inventario, esto se debe al ajuste en las hojas de trabajo, ya que en el previo inventario no se había llevado de toneladas de C a toneladas de CO₂.

Tabla 5.82

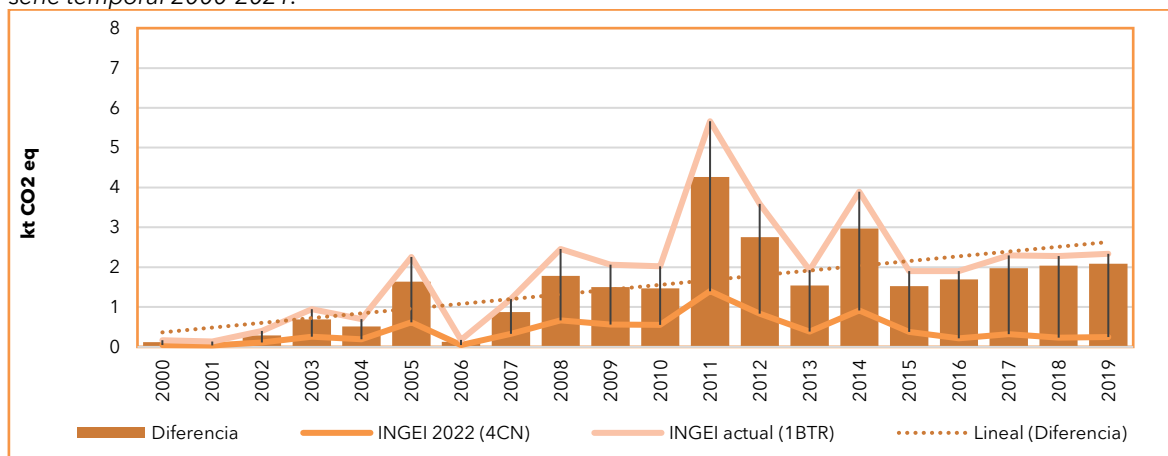
Encalado: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) del encalado de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anteriores	0.0	0.6	0.4	0.3	0.2		
INGEI actual	0.2	2.0	1.9	2.3	2.3	1.6	2.0
Diferencia	0.1	1.5	1.5	2.0	2.1		
Diferencia %	72.7%	72.7%	80.2%	86.0%	89.5%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.17

Encalado: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.8.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

A pesar de que el encalado no es una categoría principal, las mejoras planificadas se presentan en la Tabla 5.83.

Tabla 5.83

Encalado: mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
AGRICULTURA				
3.G. Encalado	Identificar en que cultivos se utiliza la cal y dolomita aplicado a los suelos	En abordaje	Baja	Consultar con expertos sectoriales, técnicos sobre el uso de la cal y la dolomita en cultivos agrícolas.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.8.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría.

Tabla 5.84

Encalado: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Elemento	Sistema de archivo
AGRICULTURA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_03AG
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_03AG 2024_FE_03AG
Hojas de trabajo	2024_HT_03AG
Incertidumbre	2024_INC_03AG
Anexos e información de respaldo (carpetas)	2024_AXN_03AG (carpeta 3-G Encalado)

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

5.9. Aplicación de urea (CRT 3.G-J)

5.9.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO₂ generadas producto de la aplicación de agregados de urea a los suelos durante la fertilización; la urea se convierte en amonio, ion hidroxilo y bicarbonato en presencia de agua y de enzimas de ureasa (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de CO₂ producto de la aplicación de urea a todos los cultivos agrícolas en el país e incluso plantaciones forestales.

5.9.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, las emisiones contabilizaron 22.2 kt CO₂ eq (menos del 1.0 % del total del sector Agricultura), incrementándose en 76.3 % desde 2000 y 36.3 % desde 2019 (Tabla 5.85). De acuerdo con lo observado en la Figura 5.18 para los años 2001-2002, 2007-2008 y 2014-2015 se observa una disminución en las emisiones esto se debe a la presencia del fenómeno de El Niño, el cual afectó el consumo de fertilizantes, por lo tanto, influyó significativamente en la producción de cultivos. Otro factor que incide en la utilización de fertilizantes y de urea es el precio, el cual se ha incrementado desde 1994, con un costo de USD 12.93, aumentando entre USD 26 y 28 para 2015, además, tomando como referencia la descripción de la crisis mundial de 2008, para ese año se dio un incremento del costo de la urea de USD 51.5, así como de todos los fertilizantes para uso en la producción agropecuaria, este costo nuevamente bajó para los siguientes años (BID, 2012). Entre 2000 y 2001 se observa una baja en la importación de urea. Con base en el conocimiento y años de experiencia en el sector, se determinó que para esos dos años solo había dos grandes empresas que se dedicaban a la importación de fertilizantes, además para esos años, en Brasil se aumentaron las importaciones de fertilizantes nitrogenados lo que afectó la importación en los países de la Región Centroamericana.

Tabla 5.85

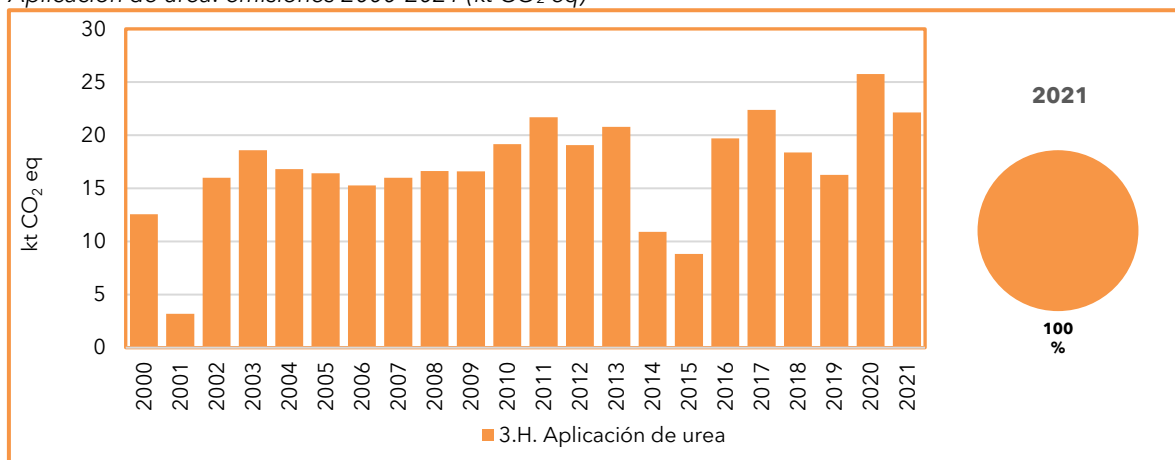
Aplicación de urea: emisiones (kt CO₂ eq).

Categoría	2000	2010	2015	2017	2019	2018	2019
3.H. Aplicación de urea	12.6	19.2	20.8	22.4	16.3	25.7	22.2
TOTAL	12.6	19.2	20.8	22.4	16.3	25.7	22.2

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.18

Aplicación de urea: emisiones 2000-2021 (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.9.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión, para la categoría *aplicación de urea* se utilizó el método del Nivel 1 de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006*, la ecuación utilizada es la 11.3, capítulo 11, volumen 4, utilizando datos de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto.

5.9.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos requeridos corresponden a toneladas de urea y la fuente de los datos se presentan en la Tabla 5.5. Mediante sesiones de trabajo con el equipo sectorial se determinó que, del total importado, el 95 % es destinado a uso agrícola y el 5 % a otros usos (el país no cuenta con una desagregación por uso de la tierra, por lo que el total se estima como uso en agricultura) como se muestra en la Tabla 5.86. Como supuesto se asume que la urea importada es utilizada en agricultura en el mismo año.

Tabla 5.86

Aplicación de urea: cantidad anual de urea aplicada 2000-2021 (toneladas)

Año	Urea (ton)
2000	17,136
2001	4,327
2002	21,804
2003	25,338
2004	22,900
2005	22,372
2006	20,818
2007	21,790
2008	22,685
2009	22,617
2010	26,129
2011	29,581
2012	26,009
2013	28,347
2014	14,869
2015	12,010
2016	26,864
2017	30,515
2018	25,041
2019	22,167
2020	35,112
2021	30,206

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.9.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para la categoría *aplicación de urea* se utilizó el valor por defecto del factor de emisión proveniente de las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.87).

Tabla 5.87

Aplicación de urea: factor de emisión aplicado

Categoría	[t de C (t de urea) ⁻¹]
Urea	0.20

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024. con base en la Sección 11.4.2, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

5.9.4. Descripción de flexibilidad aplicada a la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

5.9.5. Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría

Las incertidumbres aplicadas para los datos de actividad y los factores de emisión provienen de los valores por defecto de la Sección 11.4, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*, tal y como se presenta en la Tabla 5.88.

Tabla 5.88

Aplicación de urea: Valores de incertidumbre para cada una de las subcategorías estimadas.

Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	GEI	Dato de actividad (Tonelada)	Incertidumbre DA (%)	Factor de emisión (Kg. CH4 año)	Incertidumbre FE (%)
3.F.1. Aplicación de urea	CO ₂	30,205.5	15%	0.20	30%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *aplicación de urea* fue 36.1 % (Tabla 5.89). La incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados.

Tabla 5.89

Aplicación de urea: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
3.H. Aplicación de urea	CO ₂	15%	30%	36.1%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, las estimaciones se realizaron utilizando la misma fuente de datos y una sola metodología de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.9.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector agricultura incluyendo todas sus categorías, se aplicaron actividades y procedimientos generales descritos en la [Sección 5.11].

5.9.7. Nuevos cálculos de la categoría

Las mejoras implementadas en la categoría aplicación de urea se presentan en la Tabla 5.90, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuesto y la misma data en comparación con el INGEI anterior.

Tabla 5.90

Aplicación de urea: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
Aplicación de urea	Se realizaron ajustes a la hoja de trabajo ya que los resultados estaban en ton de C, este dato debe ser llevado a CO ₂ .	Exactitud	HT

Nota: DA= Dato de actividad; HT= Hoja de trabajo.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como se presenta en la Tabla 5.91 y Figura 5.19, el valor de las emisiones producto de la aplicación de urea aumentó en este nuevo inventario, debido al ajuste en las hojas de trabajo descrito en el cuadro anterior.

Tabla 5.91

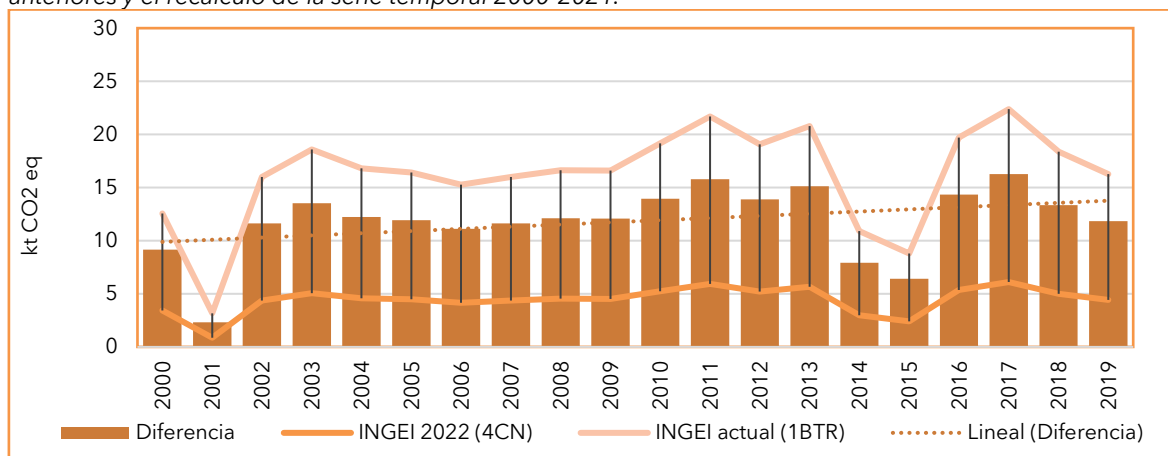
Aplicación de urea: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anteriores	3.4	5.2	5.7	6.1	4.4		
INGEI actual	12.6	19.2	20.8	22.4	16.3	25.7	22.2
Diferencia	9.1	13.9	15.1	16.3	11.8		
Diferencia %	72.7%	72.7%	72.7%	72.7%	72.7%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 5.19

Aplicación de urea: nuevos cálculos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) de los inventarios anteriores y el recálculo de la serie temporal 2000-2021.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

5.9.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Esta categoría no es principal, por lo que, el equipo ha considerado que las mejoras potenciales asociadas a los datos de actividad y factores de emisión no son significativas.

5.9.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría.

Tabla 5.92

Aplicación de urea: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Elemento	Mejora planificada
AGRICULTURA	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_03AG
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_03AG 2024_FE_03AG
Hojas de trabajo	2024_HT_03AG
Incertidumbre	2024_INC_03AG
Anexos e información de respaldo (carpetas)	2024_AXN_03AG (carpeta 3-H Aplicación de urea)

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

5.10. Otros fertilizantes que contienen carbono (CRT 3.I)

Esta categoría no ocurre en el país.

5.11. Actividades de GCCV del sector

5.11.1. Actividades de control de calidad

Durante el desarrollo del inventario del sector Agricultura, incluyendo todas sus subcategorías, se aplicaron las recomendaciones, actividades y procedimientos generales descritos en las *Directrices del IPCC de 2006*. Adicionalmente, se aplicaron transversalmente las siguientes actividades:

- Verificación de cada uno de los criterios para la selección de los datos de actividad y selección de los factores de emisión los cuales están documentados.

- Los datos de actividad utilizados fueron transcritos de hojas de Excel descargadas de las fuentes originales para evitar errores, posteriormente, se realizó la vinculación con las respectivas hojas de cálculo para cada categoría.
- Las unidades de emisión y parámetros se registraron, correctamente, para cada una de las categorías y sus factores de conversión.
- Se revisó y actualizó toda la base de datos utilizada en la estimación del INGEl; la información fue archivada en las respectivas carpetas localizadas en el subsistema de archivo SSINGEl y se mantiene una copia del inventario en un disco duro externo.
- La transcripción de los datos finales a los documentos escritos fue realizada de hojas de resumen del inventario, que previamente fueron sometidas al proceso de control de calidad, para no incurrir en errores.
- Se revisó la metodología descrita en las *Directrices del IPCC de 2006 y Refinamiento de 2019*, con el objetivo de identificar posibles cambios en las ecuaciones y la utilización de factores de emisión por defecto actualizados; adicional, se realizaron estimaciones en paralelo con los puntos focales, para identificar errores o diferencias en los resultados finales.
- En cuanto a la coherencia de la serie temporal, se utilizaron las mismas fuentes de los datos de actividad para todos los años y se mantuvo la utilización de la metodología descrita en las *Directrices del IPCC de 2006*.
- El inventario del sector agricultura presenta todas las categorías y subcategorías; de esta manera se cumple con el principio de exhaustividad.
- Las tendencias en el sector y por categorías son claras, debido al ajuste en la metodología de estimación para el factor de emisión de la *fermentación entérica* y la inclusión de nuevas subcategorías, que no se habían estimado anteriormente.
- La categoría *fermentación entérica*, es principal de acuerdo con lo presentado en la 4CN, por lo que se estimó un FE específico para vacas lecheras y otros vacunos; se aplicaron las siguientes medidas de control de calidad.
 - Los valores por defecto del IPCC, para la categoría *fermentación entérica* incurría en una sobreestimación o subestimación ya que se aplicaba un mismo valor a los distintos tipos de ganado vacuno, por lo que se decidió generar un FE utilizando las ecuaciones descritas en las *Directrices del IPCC de 2006* y parámetros nacionales. Todo este proceso fue documentado y descrito en las respectivas secciones. Los resultados fueron comparados con los valores descritos en el registro de FE de la CMNUCC.
 - Para cumplir con el principio de coherencia se utilizaron las mismas fuentes de los DA de cabezas de ganado ya que el país cuenta con la desagregación para otros vacunos; se utilizó la misma metodología descrita para un método de nivel 2, se realizó una revisión exhaustiva de los parámetros nacionales y fueron registrados.
 - Los datos finales de la estimación con método de nivel 2 para la *fermentación entérica* fue revisada y validada por el especialista en metano

entérico, determinando que los resultados son bastante cercanos a los reportados en la región para cada una de las subcategorías; el promedio obtenido de todas las subcategorías es bastante cercano al valor por defecto para la región de Centroamérica, por lo que el equipo espera levantar datos ya enfocados en mejorar el factor de emisión.

5.11.2. Actividades de garantía de calidad

Como parte del proceso de actualización del inventario sectorial, se llevó a cabo un análisis y priorización de las recomendaciones recibidas durante revisiones externas a inventarios previos, para su abordaje en el nuevo ciclo de inventario. Todas las recomendaciones recibidas están archivadas y documentadas en el sistema de garantía calidad del SSINGEI. Las recomendaciones han surgido producto de actividades mandatarias como el proceso de Consulta y Análisis Internacional (ICA process, por el inglés) de los Informes Bienales de Actualización, como también actividades voluntarias como: revisiones por pares, validaciones sectoriales con actores relevantes, revisiones externas de expertos internacionales y principalmente de un ejercicio de garantía y control de calidad desarrollado con apoyo de la Convención al Informe de Inventario Nacional y al Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de GEI, realizado en julio de 2022.

5.11.3. Actividades de verificación

Con el fin de contribuir a la fiabilidad de los datos del inventario sectorial, se implementaron actividades de verificación aplicando datos independientes que permitieran la comparación del inventario con otras estadísticas disponibles entre estas los datos de emisiones de FAO (FAOSTAT), de acuerdo con la comparación realizada los resultados para cada categoría es la siguiente: 1). las emisiones de la *fermentación entérica* para las vacas lecheras y otros vacunos son un 25% más alto en el inventario nacional, esto se debe a que en este informe se generó factores de emisión nacionales utilizando un método de Nivel 2 mientras que los valores de FAOSTAT se estiman con un nivel 1; 2). las emisiones de CH₄ de la *gestión del estiércol* reportadas a nivel nacional son un 31% mayores, sin embargo, para los *suelos agrícolas* las emisiones de FAOSTAT son más altas que las presentadas en este informe (*fertilizantes sintéticos ±72%, residuos agrícolas ±15%, estiércol aplicado a los suelos ±15%*) estas diferencias se deben a que el equipo nacional utilizó factores de emisión actualizados del Refinamiento de 2019, esto llevo a una reducción en las emisiones en términos globales y no asociado a eventos climáticos o temas de mercado.

6 SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA



Las tierras forestales panameñas absorben mayor cantidad de GEI de los que se emiten debido a actividades antropogénicas.

© Ministerio de Ambiente, República de Panamá.

CAPÍTULO 6. SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (CRT sector 4)

En este capítulo se incluye todo aspecto metodológico considerado para la estimación de las emisiones de GEI y absorciones de CO₂ del sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), que consiste en presentar la descripción y tendencia de las emisiones, aspectos metodológicos generales y específicos, actividades de garantía y control de calidad, flexibilidades aplicadas, incertidumbre de las estimaciones, constancia de la serie temporal, justificación de nuevos cálculos y un plan de mejoramiento para cada una de las categorías que componen este sector.

6.1. Panorama general del sector

6.1.1. Descripción del sector

El sector UTCUTS aborda las emisiones y absorciones de CO₂ resultantes de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta (MOM) y suelos minerales para todas las tierras gestionadas; las emisiones de CO₂ y no CO₂ (CH₄ y N₂O) producidas por los incendios en todas las tierras gestionadas; y el cambio en las existencias de carbono relacionado con los productos de madera recolectada (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, este sector comprende las emisiones o absorciones de CO₂ por actividades que impactan la biomasa (biomasa aérea y subterránea), MOM (madera muerta y hojarasca) y a los suelos (materia orgánica del suelo). Se incluyen seis categorías de uso de la tierra: *tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.*

En Panamá, se asume que todas las tierras son gestionadas, además, todos los suelos son minerales ya que en el país no existen suelos orgánicos. Las emisiones y absorciones de *productos de madera recolectada* no se incluyen por falta de información y porque aún no ha culminado el desarrollado de capacidades al momento de realizar este inventario.

Adicionalmente, para la actualización del presente inventario, se incluye la categoría de *Emisiones de N₂O por acuicultura*, producto de la aplicación del Suplemento de Humedales del IPCC 2013, volumen 4.

6.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones y absorciones de GEI incluidas en el inventario del sector UTCUTS para 2021 (Tabla 6. 1), fueron -27,920.5 kt CO₂, 15.0 kt CH₄ y 0.7 kt N₂O. El sector UTCUTS es el único sector que registra absorciones netas de CO₂, posicionándolo como un importante sumidero del país. Más información y detalle sobre las emisiones y absorciones de GEI se encuentra en las secciones específicas de cada categoría del sector.

En cuanto a los gases precursores, solo se reportan emisiones de la quema de biomasa en los diferentes usos de las tierras. Estas emisiones de gases precursores, para el año 2021, fueron 8.6 kt NO_x y 274.0 kt CO.

Tabla 6. 1.

Sector UTCUTS: emisiones y absorciones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	-27,920.5	15.0	0.66					8.6	274.0	NA	
4.A.	Tierras forestales	-35,778.7	0.3	0.01					0.1	4.5	NA	
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	-35,071.0	0.3	0.01					0.1	4.5	NA	
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	-707.7	NO	NO					NO	NO	NA	
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-367.0	NO	NO					NO	NO	NA	
4.A.2. b.	Pastizales convertidos en tierras forestales	-319.8	NO	NO					NO	NO	NA	
4.A.2. c.	Humedales convertidos en tierras forestales	-2.9	NO	NO					NO	NO	NA	
4.A.2. d.	Asentamientos convertidos en tierras forestales	-8.5	NO	NO					NO	NO	NA	
4.A.2. e.	Otras tierras convertidas en tierras forestales	-9.5	NO	NO					NO	NO	NA	
4.B.	Tierras de cultivo	1,721.8	1.4	0.1					0.9	26.2	0.0	
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	-168.2	IE	IE					IE	IE	NA	
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	1,890.0	1.4	0.1					0.9	26.2	0.0	
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	1,326.4	1.2	0.04					0.5	19.7	NA	
4.B.2. b.	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	562.8	0.2	0.02					0.4	6.4	NA	
4.B.2. c.	Humedales convertidos en tierras de cultivo	0.9	NE	NE					NE	NE	NA	
4.B.2. d.	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.B.2. e.	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.C.	Pastizales	4,944.0	13.3	0.6					7.6	243.3	0.0	
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	NE	0.11	0.01					0.2	3.2	NA	
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	4,944.0	13.2	0.6					7.5	240.2	NA	
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	5,311.4	13.2	0.6					7.5	240.2	NA	
4.C.2. b.	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	-339.6	NE	NE					NE	NE	NA	
4.C.2. c.	Humedales convertidos en pastizales	NE	NA	NA					NA	NA	NA	
4.C.2. d.	Asentamientos convertidos en pastizales	-27.9	NA	NA					NA	NA	NA	
4.C.2. e.	Otras tierras convertidas en pastizales	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.D.	Humedales	311.1	NA	NA					NA	NA	NA	
4.D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE, NO	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	311.1	NA	NA					NA	NA	NA	
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	189.8	NA	NE					NA	NA	NA	
4.D.2. b.	Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NA	NA					NA	NA	NA	

4.D.2. c. Pastizales convertidos en humedales	121.3	NA	NA		NA	NA	NA
4.D.2. d. Asentamientos convertidos en humedales	NO	NA	NA		NA	NA	NA
4.D.2. e. Otras tierras convertidas en humedales	NO	NA	NA		NA	NA	NA
4.E. Asentamientos	867.0	NA	NA		NA	NA	NA
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	NE	NA	NA		NA	NA	NA
4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	867.0	NA	NA		NA	NA	NA
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas en asentamientos	544.4	NA	NA		NA	NA	NA
4.E.2. b. Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	1.4	NA	NA		NA	NA	NA
4.E.2. c. Pastizales convertidos en asentamientos	321.2	NA	NA		NA	NA	NA
4.E.2. d. Humedales convertidos en asentamientos	NE	NA	NA		NA	NA	NA
4.E.2. e. Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NA	NA		NA	NA	NA
4.F. Otras tierras	14.3	NA, NO	NA, NO		NA	NA	NA
4.F.1. Otras tierras que permanecen como tales	NE	NA	NA		NA	NA	NA
4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras	14.3	NA, NO	NA, NO		NA	NA	NA
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas en otras tierras	4.5	NA	NA		NA	NA	NA
4.F.2. b. Tierras de cultivo convertidas en otras tierras	NO	NA	NA		NA	NA	NA
4.F.2. c. Pastizales convertidos en otras tierras	9.8	NA	NA		NA	NA	NA
4.F.2. d. Humedales convertidos en otras tierras	NE	NA	NA		NA	NA	NA
4.F.2. e. Asentamientos convertidos en otras tierras	NO	NO	NO		NO	NO	NA
4.G. Productos de madera recolectada	NE						
4.H. Otros (especificar)	NA	NA	0.01		NA	NA	NA
4.H.1 Emisiones N2O de Acuicultura	NA	NA	0.01		NA	NA	NA

Nota: IE = incluido en otra parte; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

A nivel nacional, el sector UTCUTS posee una relevancia particular ya que es el único sector que registra absorciones netas. Es así como el sector representa el 57.1% del balance nacional de GEI en 2021 en términos absolutos. En el mismo año, el balance del sector alcanzó -27,324.6 kt CO₂ eq, aumentando la tendencia de la absorción neta en un 29.2 % desde 2000 y en un 2.3 % desde 2019 (Tabla 6.2.). El incremento de las absorciones observado desde 2000 se debe en gran medida al aumento en la cobertura de rastrojos y bosques secundarios, los cuales aportan al aumento de los stocks de carbono debido al crecimiento de la biomasa aérea como subterránea.

En cuanto a las emisiones, se observa que el aumento en el sector (disminución de absorciones) se debe a las conversiones de *tierras forestales a pastizales* y *tierras forestales a tierras de cultivo*. Es importante destacar que en este inventario se agregó la categoría de 4H.1 *Emisiones de NO₂ de acuicultura* la cual contribuye con un pequeño porcentaje a las emisiones totales, de 0.004% por lo que se consideran poco significativas.

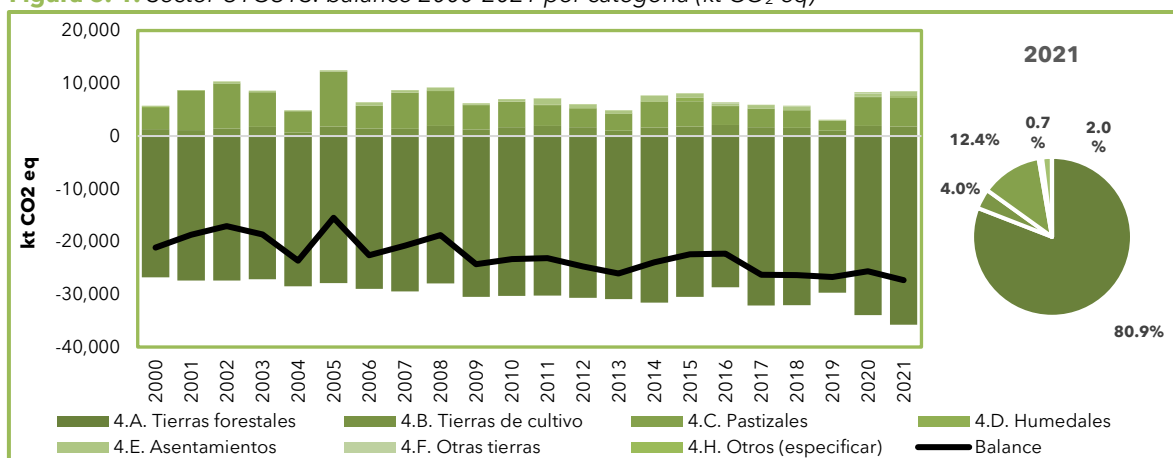
Con respecto a las categorías que aportan mayormente al balance nacional de GEI en 2021, en valores absolutos, un 80.9 % corresponde a *tierras forestales*, un 12.4 % a *pastizales*, un 4.0 % a *tierras de cultivo*, un 2.0 % a *asentamientos* y 0.7% a *humedales*.

Tabla 6. 2. Sector UTCUTS: balance por categoría (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.A. Tierras forestales	-26,801.4	-30,281.2	-30,891.0	-32,133.0	-29,714.2	-33,961.7	-35,768.4
4.B. Tierras de cultivo	1,294.7	1,665.4	991.1	1,661.8	996.5	1,919.7	1,778.0
4.C. Pastizales	4,017.7	4,780.9	3,241.1	3,504.7	1,864.0	5,472.9	5,471.4
4.D. Humedales	276.0	59.5	0.9	81.9	NO	69.2	311.1
4.E. Asentamientos	66.1	421.5	577.0	602.2	132.0	585.6	867.0
4.F. Otras tierras	NO	NO	NO	NO	1.1	260.7	14.3
4.G. Productos de madera recolectada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.H. Otros (Emisiones N ₂ O de Acuicultura)	1.0	2.9	5.7	4.9	2.8	1.9	1.9
Balance	-21,146.0	-23,351.0	-26,075.1	-26,277.4	-26,717.9	-25,651.6	-27,324.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 6. 1. Sector UTCUTS: balance 2000-2021 por categoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Respecto a la participación de los GEI individuales, el CO₂ domina la contribución al balance de toda la serie temporal, representando 97.9% en 2021; mientras el CH₄ contribuye 1.5% y N₂O, 0.6% (Tabla 6.3 y Figura 6. 2). Respecto a los gases precursores,

se reportan emisiones de CO y NO_x producto de las quemas de biomasa de *tierras forestales*, de *tierras de cultivo* y *pastizales*.

Tabla 6.3.

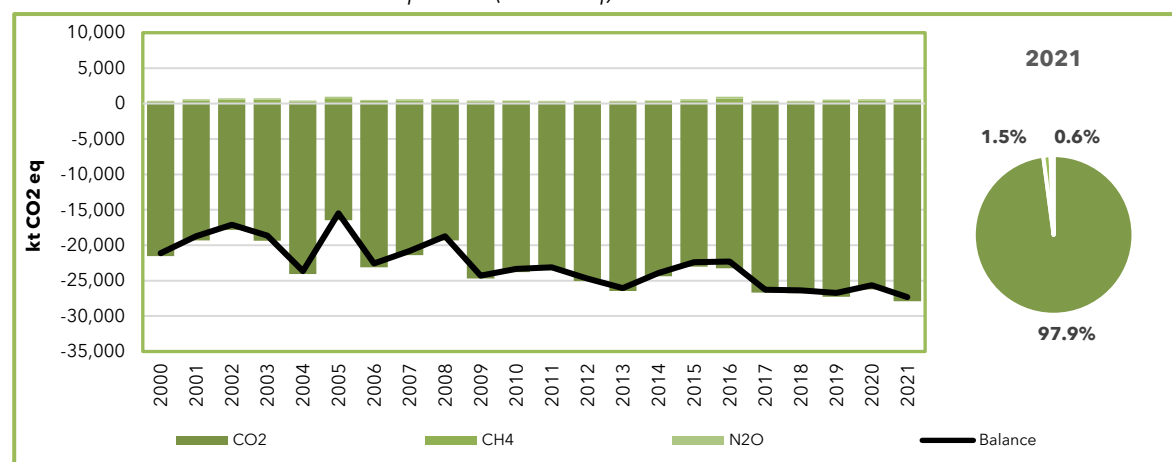
Sector UTCUTS: balance 2000-2021 por GEI (kt CO₂ eq)

GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	-21,539.5	-23,792.2	-26,459.4	-26,675.4	-27,272.9	-26,237.2	-27,920.5
CH ₄	298.8	329.6	279.2	284.6	384.2	412.5	420.2
N ₂ O	94.8	111.5	105.1	113.5	170.9	173.1	175.7
Balance	-21,146.0	-23,351.0	-26,075.1	-26,277.4	-26,717.9	-25,651.6	-27,324.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 2.

Sector UTCUTS: balance 2000-2021 por GEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El resumen de los cambios de las existencias de carbono del sector UTCUTS y sus categorías se encuentra en el ANEXO 5.2

6.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Los cambios en las existencias de carbono para sector UTCUTS se determinaron mediante la suma de todos los cambios en las existencias para cada categoría de uso de la tierra según las *Directrices de IPCC de 2006* (Ecuación 6.1).

Ecuación 6.1

Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el sector UTCUTS estimadas como la suma de los cambios en todas las categorías de uso de la tierra

$$\Delta C_{UTCUTS} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

Fuente: Adaptación de Ecuación 2.1, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- UTCUTS= Uso de La Tierra, Cambio de Uso de La Tierra y Silvicultura
- FL = tierras forestales
- CL = tierras de cultivo
- GL = pastizales
- WL = humedales
- SL = asentamientos
- OL = otras tierras

Asimismo, para cada categoría de uso de la tierra, los cambios en las existencias de C se estiman respecto a todos los estratos o subdivisiones de la superficie de la tierra (p. ej. Zona climática, ecotipo, régimen de gestión, etc.) (Ecuación 6.2).

Ecuación 6.2

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

$$\Delta C_{LU} = \sum_i \Delta C_{LU_i}$$

Fuente: Ecuación 2.2, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- ΔC_{LU} = cambios en las existencias de C para una categoría de uso de la tierra (LU), del inglés land use) según lo definido en la Ecuación 6.1
- i = indica un estrato o una subdivisión específicos dentro de la categoría de LU (por combinación de especies, zonas climáticas, ecotipos, regímenes de gestión, etc., véase el Capítulo 3), $i = 1$ a n

Los cambios en las existencias de C dentro de un estrato dado se estiman considerando los procesos del ciclo de carbono entre los cinco depósitos de C (Ecuación 6.3). Los *productos de madera recolectada* no se estimaron para este INGEI debido a falta de información y porque aún no se ha completado el desarrollo de capacidades técnicas.

Ecuación 6.3

Cambios en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de todos los depósitos

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

Fuente: Ecuación 2.3, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- ΔC_{LU_i} = cambios en las existencias de C para un estrato de una categoría de LU
- AB = biomasa aérea
- BB = biomasa subterránea
- DW = madera muerta
- LI = hojarasca
- SO = suelos
- PMR = productos de madera recolectada

De manera general, el sector UTCUTS empleó el *Método de pérdidas y ganancias* (Ecuación 6.4) donde las ganancias se atribuyen al incremento de la biomasa y la transferencia de C de un depósito a otro; y las pérdidas debido a incendios, quemas controladas, extracción de madera para el consumo (cosecha), además de la transferencia de un depósito a otro.

Ecuación 6.4

Cambios en las existencias anuales de carbono de un depósito dado en función de las pérdidas y las ganancias (*Método de pérdidas y ganancias*)

$$\Delta C = \Delta C_G + \Delta C_{CL}$$

Fuente: Ecuación 2.4, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- ΔC = cambio en las existencias anuales de C del depósito, $t C \text{ año}^{-1}$
- ΔC_G = ganancia anual de C, $t C \text{ año}^{-1}$
- ΔC_{CL} = pérdida anual de C, $t C \text{ año}^{-1}$

Adicionalmente, se estiman las emisiones de gases no CO_2 usando la Ecuación 6.5 para emisiones de no CO_2 a la atmósfera.

Ecuación 6.5

Cambios en las existencias anuales de carbono de un depósito dado en función de las pérdidas y las ganancias (método de pérdidas y ganancias)

$$Emisión = A \times FE$$

Fuente: Ecuación 2.6, Capítulo 2, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- Emisión = emisiones de no CO₂, t gas no CO₂
- A = datos de la actividad relacionados con la fuente de emisión (puede ser superficie, cantidades de animales o unidad de masa, según el tipo de fuente)
- EF = factor de emisión para un gas y una categoría de fuente específicos, t por unidad de A.

Una vez considerado el árbol de decisión, para la estimación de las emisiones de GEI y absorciones de CO₂ del sector UTCUTS se aplicaron los métodos de Niveles 1 y 2 para las categorías *tierras forestales*, *tierras de cultivo* y *pastizales*, mientras que, para las categorías de humedales, asentamientos y otras tierras, se aplicó el método de Nivel 1 (Tabla 6. 4). Más información sobre los métodos aplicados se encuentran en las secciones correspondientes a cada categoría.

Tabla 6. 4.

Sector UTCUTS: Métodos aplicados por categoría de uso de la tierra en el INGEI de Panamá

Código	Fuente y Sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	T1, T2, NA, NE, NO, IE	PE, D, NO, NA, NE	T1, T2, IE, NA, NE, NO	PE, D, IE, NA, NE, NO	T1, T2, IE, NA, NE, NO	D, PE, IE, NA, NE, NO
4.A.	Tierras forestales	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D	T1, T2, NO	PE, D, NO	T1, T2, NO	PE, D, NO
4.B.	Tierras de cultivo	T1, T2, NE, NO	PE, D, NO	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D, IE, NO, NE	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D, IE, NE, NO
4.C.	Pastizales	T1, T2, NO, IE, NE	PE, D, NO, NE	T1, T2, NE, NA, NO	PE, D, NE, NA, NO	T1, T2, NO, NA, NE	PE, D, NE, NA, NO
4.D.	Humedales	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA	NA	NA	NA
4.E.	Asentamientos	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA	NA	NA	NA
4.F.	Otras tierras	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
4.G.	Productos de madera recolectada	NE	NE	NA	NA	NA	NA
4.H.	Otros (Emisiones N ₂ O de Acuicultura)	NA	NA	NA	NA	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; T2 = método de Nivel 2; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; PE = país específico; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre; OT = otro.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Como resumen general, para las *tierras forestales* se estimaron los incrementos medios anuales de la biomasa aérea y subterránea de los distintos tipos de *tierras forestales*, y se obtuvieron las pérdidas anuales de C debidas a la remoción de bosques tanto para la extracción de madera para combustible como por otro tipo de uso, así como por perturbaciones. Igualmente, se definieron pérdidas y ganancias debidas al cambio de un tipo de tierra forestal a otro, al cual se le denominó cambio entre categoría (CEC), por ejemplo, la pérdida que conlleva la conversión de bosque secundario, o de bosque maduro a rastrojo; y se determinó el cambio en la MOM debido a este tipo de CEC de *tierras forestales*.

Se incluyó el incremento anual de C en la biomasa de la conversión de tierras a *tierras forestales*. No se estimaron las pérdidas anuales de C debidas a la remoción de bosques, ya que se asume que todas las remociones de madera se calculan en *tierras forestales que permanecen como tales*. A su vez, se estimaron los cambios anuales en las existencias de C de MOM y de los suelos minerales producto de la conversión de *tierras a tierras forestales*.

Se desarrollaron estimaciones para el cambio anual en las reservas de C en biomasa de conversiones de tierras a *tierras de cultivos*, y *pastizales*; y los cambios anuales en las reservas de C en suelos minerales de *tierras convertidas en cultivos* y *tierras convertidas en pastizales*. También se determinaron los cambios anuales en las reservas de C de las conversiones de *tierras a asentamientos* en biomasa, MOM y suelos minerales. Adicionalmente, se estimaron las emisiones a partir del quemado de biomasa en *tierras forestales que permanecen como tales*, *tierras convertidas en tierras de cultivo*, *pastizales que permanecen como tales*, y *tierras convertidas en pastizales*; las cuales se sustrajeron a cada categoría del sector UTCUTS correspondiente.

Para la estimación de emisiones del sector se han utilizado datos de actividad nacionales tales como: datos de uso de la tierra obtenidos mediante la actividad denominada Mapatón; y datos de estadísticas nacionales. En la siguiente tabla se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 6. 5.

Sector UTCUTS: Principales fuentes de datos de actividad en el INGEI de Panamá, serie 2000-2021

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
UTCUTS		
4. General (sector UTCUTS)	Representación de tierras	Mapatón - Herramienta Collect Earth de la iniciativa nacional denominada "Proyecto Mapatón 2021 y 2023".
4. General (sector UTCUTS)	Representación de tierras	Mapas de Regiones Climáticas elaborados por el equipo técnico de la Dirección de Cambio Climático y la DIAM del MiAMBIENTE.
4.A. Tierras Forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Estadísticas de incendios forestales de la Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental (DIVEDA) del MiAMBIENTE.
4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Estadísticas de incendios forestales de la Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental (DIVEDA) del MiAMBIENTE.
4.A. Tierras Forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Estadísticas de producción de madera de la Dirección de Política Ambiental del MiAMBIENTE y del INEC.
4.A. Tierras Forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Consumo Anual de Leña - Datos de la Secretaría Nacional de Energía.
4.H. Otros (especificar)	4.H.1 Emisiones N ₂ O de Acuicultura	Estadísticas nacionales de producción de peces y camarones del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El cálculo de las emisiones de GEI del sector UTCUTS se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo técnico de UTCUTS con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006, el refinamiento de las Directrices del IPCC de 2006 de 2019, así como el Capítulo 4 del Suplemento de Humedales del IPCC de 2013.*

6.1.4. Aplicación del Suplemento de 2013 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: humedales

Para esta serie de inventario el país decidió aplicar el uso del Suplemento de Humedales costeros (Capítulo 4), de las Directrices del IPCC de 2006. Se analizaron los cambios en los depósitos de biomasa para manglares gestionados, cambios en los depósitos de biomasa, MOM y suelos por conversión de tierras de manglares (*extracción y rehúmedación*), los cuales a su vez pertenecen a la categoría de *tierras forestales*. Adicionalmente, siguiendo los lineamientos del capítulo 7 del Suplemento de 2013, se reporta como nueva categoría las emisiones de N₂O de las actividades de acuicultura a nivel nacional, usando valores por defecto del Suplemento, así como datos de estadísticas nacionales.

6.2. Definiciones de uso de la tierra y los sistemas de clasificación

El sector UTCUTS incluye las diferentes categorías de uso de la tierra desagregadas a su vez por región climática (en las estimaciones que competen. Con base en el Capítulo 3, *Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006*, el uso de la tierra se clasificaría en cuatro niveles.

- Categoría: Los usos de la tierra pueden considerarse como categorías de primer nivel que representan todas las zonas de uso de la tierra, con subcategorías que describen circunstancias especiales significativas para la estimación de las emisiones, y de las que se dispone de datos. Las definiciones de las categorías de uso de la tierra pueden incluir el tipo de cubierta terrestre, el uso de la tierra, o una combinación de ambos. Los países utilizarán sus propias definiciones de estas categorías, las cuales pueden o no referirse a definiciones internacionalmente aceptadas. Las categorías de uso de la tierra para esta serie temporal son: *tierras forestales, tierras de cultivos, pastizales, humedales, asentamientos, y otras tierras*.
- Subcategoría: describe la permanencia de tierras, tal como *tierra forestal que permanece como tales, pastizal que permanece como tales, asentamiento que permanece como tales, etc.*) así como las clases de conversión; es decir, las posibles combinaciones de cambio (*tierra forestal que se convierte a tierra de cultivo, tierra de cultivo que se convierte a tierra forestal, etc.*).
- Práctica de gestión: corresponde a las acciones que suceden in situ que influyen en las existencias de C y provocan las emisiones de GEI y absorciones de CO₂ en las categorías y subcategorías de uso y cambio de uso de la tierra; por ejemplo, la protección de bosques, el establecimiento de plantaciones forestales, así como la conversión de bosques para la producción agrícola, entre otras. Las prácticas de gestión ocurren dentro de las tierras gestionadas. Panamá define tierras gestionadas como todas aquellas áreas en las que ha existido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales (MiAMBIENTE, 2018^a). Esto abarca todo el territorio nacional.
- Subdivisión por formación ecológica: es un nivel más detallado de las categorías y subcategorías siguiendo criterios ecológicos. Por ejemplo, para Panamá las *tierras forestales* se clasificaron como bosques maduros, bosques secundarios, manglares; para las *tierras de cultivo* se identifican cultivos perennes y anuales, entre otras (ver Sección 6.2.1).

6.2.1. Clasificación de las categorías de uso de la tierra

Las categorías de uso de la tierra utilizadas para la estimación de las emisiones por UTCUTS en Panamá son aquellas establecidas por la *Directrices del IPCC de 2006*. Cabe resaltar que las categorías de *tierras forestales* fueron desagregadas en diferentes tipos de *tierra forestal*, y las *tierras de cultivo* fueron desagregadas en cultivos anuales y perennes. En la Tabla 6. 6 se puede observar la homologación entre las definiciones de los diferentes usos de la tierra que Panamá utiliza y las categorías del IPCC.

Tabla 6. 6.

Homologación entre las definiciones de uso de la tierra de las Directrices del IPCC de 2006 y Panamá

Categoría de uso de la tierra IPCC	Definición IPCC	Subdivisión de Panamá	Definición de Panamá ²⁰
Tierras forestales	<p>Toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las <i>tierras forestales</i> en el inventario. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo, pero que potencialmente podría alcanzar in situ los valores umbrales utilizados por un país para definir la categoría de <i>tierras forestales</i>. Se subdivide en <i>tierras forestales que permanecen como tales</i>, y <i>tierras convertidas en tierras forestales</i>.</p>	Bosque maduro	Bosque en un estado sucesional avanzado o en su etapa final de sucesión, que pudo o no estar sujeto a un aprovechamiento selectivo.
		Bosque secundario	Bosque en un estado sucesional anterior al bosque maduro, que se desarrolló después de que toda o la mayoría de la vegetación original fue eliminada por actividades humanas o fenómenos naturales.
		Plantación latifoliada	Bosque predominantemente compuesto por árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada. Puede ser formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos.
		Plantación conífera	Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominantes y codominantes (en términos de número de árboles por hectárea) pertenece a una o varias especies de mangle. Las especies de mangle en Panamá son: <i>Avicennia bicolor</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Rhizophora racemosa</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Conocarpus erectus</i> y <i>Peliciera rhizophorae</i> . Incluye también híbridos como el <i>Rhizophora x harrisonii</i> .
Tierras de cultivo	<p>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. Se subdivide en <i>tierras de cultivo que permanecen como tales</i>, y <i>tierras convertidas en tierras de cultivo</i>.</p>	Manglar ²¹	Es la vegetación secundaria de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que aparece naturalmente después de un uso agropecuario. Tiene una altura promedio menor de 5 metros. Formación vegetal constituida por especies herbáceas, arbustivas, leñosas y ocasionalmente arbóreas invasoras de uno (1) a cinco (5) años de edad, que no crece en terrenos deforestados y luego abandonados. Pueden contener algunos árboles aprovechables dispersos, de diversos tamaños y su potencial económico depende de las especies presentes. También se le denomina bosque secundario muy joven.
		Rastrojo	Tierra con cultivos agrícolas perennes o temporales que permanecen de manera continua durante varios años (tales como el cacao y el café), con o sin presencia de árboles. Incluye también tierra con árboles y arbustos para la producción de flores, frutas y aceites, y viveros (excepto los viveros forestales, los cuales deben ser clasificados bajo "Bosque").
		Cultivo anual	
		Cultivo perenne	

²⁰ Tomado del documento de Niveles de Referencia Forestal de Panamá (https://redd.unfccc.int/media/2018_frel_submission_panama.pdf)

²¹ Tomado de la Resolución DM-0148-2022 que aprueba el Mapa de Cobertura y Uso de Suelo 2021.

Categoría de uso de la tierra IPCC	Definición IPCC	Subdivisión de Panamá	Definición de Panamá ²⁰
Pastizales	Incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran <i>tierras de cultivo</i> . También incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvopastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.	Pasto	Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.
Humedales	Incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de este (p. ej. Las turberas) y que no está dentro de las categorías de <i>tierras forestales</i> , <i>tierras de cultivo</i> , <i>pastizales</i> o <i>asentamientos</i> . Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.	Tierras inundadas Cuerpos de agua naturales/ vegetación baja inundable	Extensión de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancado o corriente, dulce, salobre o salado, incluyendo sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.
Asentamiento	Incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías.	Asentamiento	Lugar poblado con 1,500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central, presenta continuidad física en todas direcciones, hasta ser interrumpida por terrenos no edificados.
Otras tierras	Incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías.	Otras tierras	Misma definición nacional

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Cada categoría, subcategoría y subdivisión de uso de la tierra establecido por el país, fue desagregada de acuerdo con las regiones climáticas según el IPCC (para todas las categorías). Además, se consideraron las prácticas de laboreo y entrada de materia orgánica (para *tierras de cultivos*) y los tipos de pastos (para pastizales) como se muestra en la utilizar valores basados en las prácticas predominantes en el país.

Tabla 6. 7. En Panamá, debido a la falta de datos georreferenciados de la gestión sobre la gestión de cultivos y pastos, se optó por utilizar valores basados en las prácticas predominantes en el país.

Tabla 6. 7.

Segregación aplicada a las subcategorías de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra en el contexto nacional

Región Climática	Tipos suelo
Tropical Montano	Suelo de arcilla de alta actividad
Tropical muy húmedo	Suelo de arcilla de baja actividad
Tropical húmedo	Suelo volcánico
Prácticas de laboreo	Entrada de materia orgánica
Laboreo total	Entrada alta
Laboreo reducido	Entrada media
Sin laboreo	Entrada baja
Tipos de Pastos*	
Pasto mejorado	Pasto moderadamente degradado
Pasto no degradado	Pasto severamente degradado

Nota: *Se aplica para el Cambio anual en las reservas de C en suelos minerales

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.2.2. Clasificación de las regiones climáticas

Para agrupar los datos de actividad por región climática, se utilizó el mapa de Regiones Climáticas (Figura 6. 3) elaborado por el equipo técnico de la Dirección de Cambio Climático y DIAM del MiAMBIENTE. Además, se contó con información proporcionada

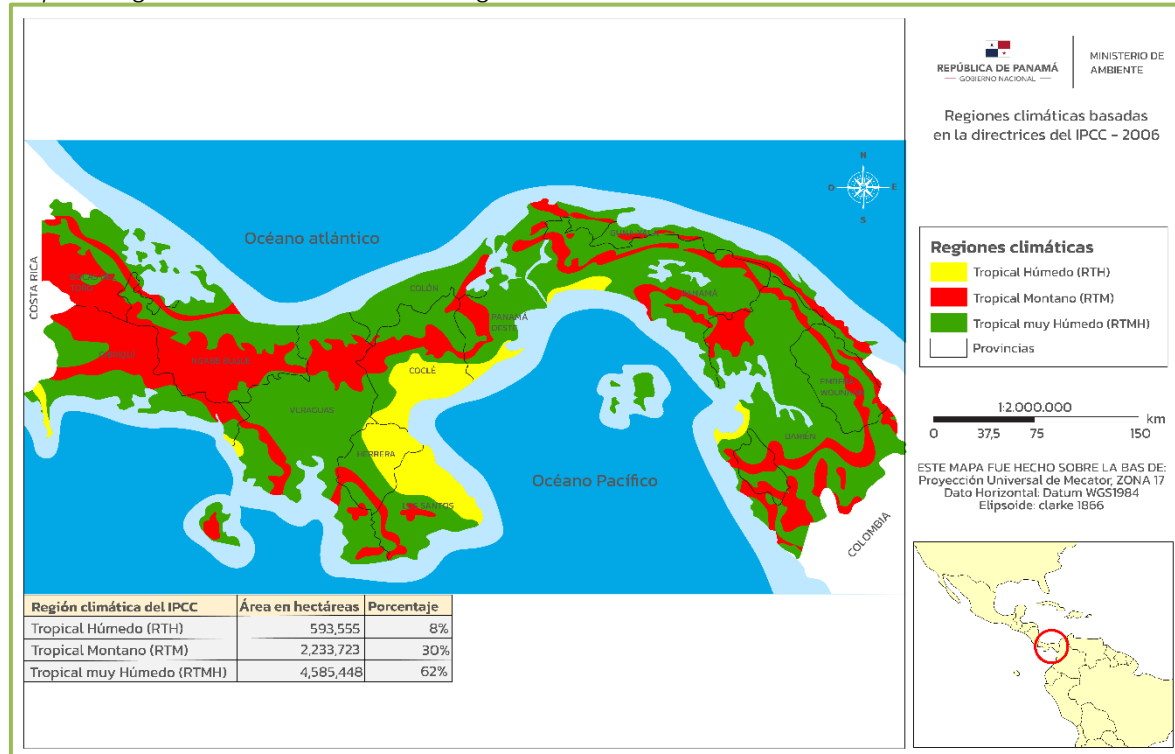
por la Dirección Forestal (DIFOR). Los datos históricos 1970–2019 fueron recopilados de estaciones meteorológicas de la red de hidrometeorología de ETESA. Dado que no existen criterios ni límites establecidos para determinar la precipitación mínima que clasifica un mes como seco o lluvioso, se decidió establecer tres rangos de precipitación para realizar un análisis comparativo. Estos rangos son: a) meses sin precipitación, b) meses con precipitación inferior a 5 mm, y c) meses con precipitación inferior a 10 mm.

Las regiones climáticas identificadas en Panamá, según el análisis realizado, se clasificaron en las siguientes categorías: Tropical Húmedo, Tropical Montano y Tropical Muy Húmedo. Esta clasificación se basó en las similitudes y el mejor ajuste de las zonas de vida de Holdridge con los rangos y límites de precipitación, temperatura y altitud definidos por las regiones climáticas del IPCC. (Figura 6. 3)

Las parcelas del Mapatón 2021 y 2023 se proyectaron sobre el mapa de regiones climáticas y se usó la herramienta Interseca de ArcGIS para que cada una de las parcelas se asociara a una región climática específica.

Figura 6. 3.

Mapa de regiones climáticas de Panamá según las Directrices del IPCC de 2006



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, la Dirección de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente, junio de 2020.

6.2.3. Clasificación de los tipos de suelo

Para el INGEI anterior, evaluaron las equivalencias de los suelos de Panamá con las categorías de suelos de las *Directrices del IPCC de 2006*, utilizadas para las estimaciones de las emisiones en los inventarios. Para esta evaluación, se consultó al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) (Ver IIN 2020, sección 6.2.3).

Sin embargo, para esta serie temporal, al igual que la anterior, se tomó la decisión técnica de asumir que la totalidad de los suelos son arcillosos de baja actividad. Esta decisión se

basó en los siguientes criterios: a) las emisiones provenientes de los cambios anuales de la existencia de carbono en los diferentes tipos de suelo no son mayores del 1%; b) los suelos arcillosos de baja actividad ocupan un poco más del 86% de la superficie del país; c) los suelos arcillosos de alta actividad y suelos volcánicos ocupan el 12% y 2%, respectivamente.

6.3. Métodos utilizados para la representación de las tierras

La representación de las tierras se desarrolló bajo el Método 3: datos de conversión del uso de la tierra explícitos en el espacio (Capítulo 3, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*). Este método se caracteriza por observar de manera explícita las categorías de uso de la tierra y sus conversiones, a menudo mediante el seguimiento de patrones en ubicaciones específicas o usando mapas cuadrículados obtenidos de imágenes de detección remota.

Para la obtención de datos de actividad, se utilizó el software Collect Earth²². Mediante las actividades denominadas Mapatón 2021 y Mapatón 2023, se recopiló información anual sobre el uso de la tierra desde el año 2000 hasta 2021. Los datos obtenidos fueron revisados por un panel de expertos de la CMNUCC, quienes confirmaron que son transparentes, completos y consistentes con las Directrices contenidas en el anexo de la decisión 12/CP.17²³.

El Mapatón 2023 es la continuación de la actividad grupal de fotointerpretación iniciada en 2021. Durante esta sesión, que duró dos semanas, se analizaron imágenes de los años 2020, 2021, y 2022; utilizando la misma metodología del Mapatón 2021, aunque con un número diferente de fotointérpretes. Es importante destacar que cada Mapatón contó con la participación de distintos fotointérpretes.

Tal como se reportó en la Cuarta Comunicación Nacional, los inventarios del sector parten desde el 2000 debido a las limitaciones para acceder a imágenes satelitales continuas y libres de cobertura nubosa para el período de 1990 a 1999, motivo por el cual se ha aplicado flexibilidad. Estas limitaciones se deben a las características geográficas de Panamá, que incluyen una alta prevalencia de cobertura nubosa en el país. En consecuencia, este INGEI proporciona una estimación precisa de la cobertura forestal de Panamá a partir del año 2000.

El Mapatón es una actividad de mapeo grupal coordinada, en la que se invita a los participantes a recopilar datos de manera colectiva e intensiva para un área específica mediante la interpretación visual aumentada de imágenes satelitales. La principal ventaja de los datos explícitos en el espacio es que permiten utilizar herramientas de análisis como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para vincular numerosos conjuntos de datos espaciales, como los utilizados para la estratificación, y describir en detalle las condiciones de un terreno antes y después de una conversión del uso de la tierra. Los análisis se desarrollan empleando la herramienta Collect Earth Online (CEO).

La base de datos del Mapatón consta de 9,800 parcelas distribuidas aleatoriamente en cuatro estratos estadísticos (muestreo aleatorio estratificado). La unidad de muestreo

²² <https://www.collect.earth/>

²³ El *Informe de la evaluación técnica del nivel de referencia forestal propuesto de Panamá presentado en 2018* se encuentra disponible en https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tar2018_PAN.pdf

consistió en parcelas de 1 ha. Una ventaja de la herramienta CEO es que permite crear puntos de observación en cada unidad de muestreo; por lo tanto, se asignaron 25 puntos en cada parcela (Figura 6. 4).

Figura 6. 4.

Unidad de muestreo con 25 puntos de observación que registran 3 usos de la tierra.



Fuente: Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con la asignación de 25 puntos de observación, en cada unidad de muestreo, se puede registrar más de un uso de la tierra en cada parcela, por lo tanto, esto se traduce en el incremento de la muestra original de 9,800 parcelas de muestreo a 245,000 puntos de muestreo y presenta las siguientes ventajas:

- Al incrementar el número de puntos de muestreo se incrementó la probabilidad de registrar cambios de uso de la tierra que ocurren en unidades de superficie menores que una hectárea.
- Al contar con un mayor número de puntos también se reduce el error de muestreo o error de estimación.
- Se mejora la precisión de la estimación tanto en paisajes fragmentados como en paisajes simples o uniformes.

Sin embargo, de la misma forma que este método incrementa la precisión de la estimación también incrementa la posibilidad de cometer errores de interpretación. Por lo tanto, es importante contar con un protocolo de validación de todas las posibles transiciones que se permitirá ingresar en el sistema de CEO. La aplicación de este protocolo evitará ingresar cambios de uso de la tierra que se consideran "transiciones ilógicas": definidas como transiciones de uso de la tierra que no son ecológicamente posibles en un periodo de un año.

Durante el desarrollo del Mapatón, se asignan dos o tres oficiales (super usuarios) quienes están a cargo de revisar parcelas foto interpretadas aleatoriamente para identificar errores dados por asignaciones incorrectas de transiciones ilógicas de uso de la tierra. Mayores detalles sobre los procesos de garantía y control de calidad se encuentran en la sección 0.

Mediante el muestreo, pueden estimarse las superficies y los cambios en ellas *por medio de las proporciones* y la *estimación directa de la superficie*. El método *estimación por medio de las proporciones* requiere conocer la superficie total de la región del sondeo,

y que el sondeo de muestras brinde solo las proporciones de diferentes categorías de uso de la tierra. En el segundo método, *estimación directa de la superficie* no se necesita conocer la superficie total. Ambos métodos requieren la evaluación de una cantidad determinada de UM ubicadas en la superficie del inventario.

El cálculo de áreas de uso y cambio de uso de la tierra (datos de actividad) se realizó por estimación de superficies mediante proporciones. Para ello se calcula la proporción de cada categoría de uso de la tierra dividiendo la cantidad de puntos localizados en la categoría específica por el número total de puntos. Las estimaciones de superficie para cada categoría de uso de la tierra se obtienen multiplicando la proporción de cada categoría por la superficie total (Vol. 4. Cap. 3. P. 38. Guías IPCC 2006). Los cálculos se realizaron usando una hoja de Excel que fue programada por el Servicio Forestal de los Estados Unidos. Esta misma herramienta calcula los errores de muestreo de forma simultánea. Para calcular el error estándar de una estimación de superficie se obtiene con la Ecuación 6.6.

Ecuación 6.6

Error estándar de una estimación de superficie

$$A \sqrt{\frac{(p_i \times (1 - p_i))}{(n - 1)}}$$

Fuente: Sección 3ª.3.5, Capítulo 3, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- A = es la superficie total conocida
- p_i = es la proporción de puntos de la categoría de LU en cuestión i
- n = es el número total de puntos de muestra

El control de calidad y verificación de este proceso consiste en que la sumatoria de áreas de uso y cambio de uso de la tierra en un período de un año en las tres regiones climáticas debe sumar la totalidad de la superficie del país es decir 7,513,576.69 hectáreas.

6.4. Tierras forestales (CRT 4.A)

6.4.1. Descripción de la categoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO₂ y no CO₂, generadas como resultado de cambios en la biomasa, MOM y carbono del suelo en *tierras forestales que permanecen como tales* y en *tierras convertidas en tierras forestales*, bajo gestión (IPCC, 2006).

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, los bosques gestionados son los que se consideran en la contabilidad del inventario de GEI, en el país se considera toda la superficie de tierras forestales como bosques bajo gestión.

En el contexto nacional las fuentes de emisiones y absorciones ocurren por el incremento de biomasa forestal de bosque nativo, tierras de carácter forestal (*rastrojos*) y plantaciones forestales; también debido a cambios de uso de la tierra dentro de los tipos de tierra forestal del país; así como al cambio de uso de la tierra de otros usos a *tierras forestales*. Las emisiones se pueden dar por actividades de aprovechamiento de plantaciones forestales y bosque nativo, cosecha de leña, incendios forestales (*quema de biomasa*) de plantaciones forestales y bosque nativo, eliminación de biomasa desde *tierras forestales* a otros usos como a *cultivos, pastizales, humedales, asentamientos, otras*

tierras; y emisiones de carbono del suelo por cambios de uso de la tierra. Las emisiones por conversión de *tierras a manglares* (rehumectación) también se incluyen dentro de esta categoría.

Adicionalmente, es importante explicitar las siguientes definiciones y conceptos específicos que se aplican en Panamá (Los mismos provienen de la Resolución No. DM-0067-2017 con fecha del 16 de febrero del año 2017):

Bosque

- Tierra que se extiende por más de 0.5 hectáreas, dotada de árboles de una altura superior promedio a 5 metros, una cubierta de dosel superior al 30 %, o de árboles capaces de alcanzar estos umbrales in situ, siempre y cuando se trate de tierras que hayan sido declaradas con fines de restauración, conservación o manejo forestal. En este último caso, cuando se trate de zonas donde las condiciones abióticas, limiten que los árboles alcancen los 5 metros in situ, será suficiente con que superen el 30 % de cobertura. No incluye tierra sometida a un uso predominantemente agropecuario o urbano.

Estructuras lineales de árboles (bosque de galería y cortinas rompevientos):

- Se clasifican como bosque cuando cumplen con los criterios de superficie, altura y cubierta de dosel, y con un ancho mayor a 20 m (proyección de las copas). No se clasifican como bosques las formaciones lineales de árboles con un ancho menor de 20 m, por ejemplo, cercas vivas.

Formaciones de palmeras rodales seminaturales de palma de coco asociadas con otra vegetación

- Se clasifican como bosque latifoliado mixto, y se aplican los criterios de maduro/secundario. Rodales plantados de palma de coco deben ser clasificados como cultivo permanente. Plantaciones de palma aceitera deben ser clasificadas como cultivo permanente.

Otras formaciones de árboles plantaciones de árboles frutales/aceiteras

- Se clasifican como cultivo permanente. Cafetales/cacaotales se clasifican como cultivo permanente, aunque cumplen con los criterios de bosque en cuanto a superficie, cubierta de dosel y altura.

Conceptualmente, las principales *tierras forestales* se definen más detalladamente de la siguiente manera:

Bosque maduro

Bosque en un estado sucesional avanzado o en su etapa final de sucesión, que pudo o no estar sujeto a un aprovechamiento selectivo. El bosque maduro se distingue del bosque secundario por las siguientes características, vinculadas a cada tipo de bosque:

- Predominantemente compuesto por árboles en estado adulto, con una mayor proporción del área basal concentrada en clases diamétricas altas.
- Composición con predominancia de especies similar al estado primario.
- Mayor presencia de árboles con copas grandes.

- Si no ha sido recientemente intervenido, tiene menor presencia de sotobosque.

Es posible indicar que la cobertura de bosque maduro se ha mantenido durante al menos 40 años, aun cuando se haya practicado tala selectiva.

En vista de la reciente a la Decisión 5/CMA.3 par28, que indica lo siguiente: *Observa que las Partes pueden utilizar de forma voluntaria el informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) titulado 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (“Perfeccionamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”)*, aprobada en la pasada Conferencia de las Partes - COP26 en Glasgow, en esta serie temporal se utilizan algunos factores de emisión del *Perfeccionamiento 2019 de las Guías del IPCC 2006*. Razón por la cual el incremento medio anual de los bosques maduros de Panamá no se asume como cero; y en esta serie, se registran incrementos medio de biomasa anuales.

Bosque secundario

Bosque en un estado sucesional anterior al bosque maduro, que se desarrolló después de que toda, o la mayoría de la vegetación original fue eliminada por actividades humanas o fenómenos naturales. Corresponde a estados sucesionales que no presentan características de rastrojo ni de bosque maduro. El bosque secundario se caracteriza por la mayor presencia de especies pioneras, poca presencia de árboles con copas grandes, mayor proporción del área basal concentrada en clases diamétricas medias y bajas, y mayor presencia de sotobosque.

El bosque secundario se distingue del rastrojo por tener una altura promedio mayor a 5 m y una cobertura de dosel superior al 30 %.

Manglares

Grupo de árboles, arbustos, matorrales, algunos helechos o palmeras donde el principal integrante es el árbol de mangle. Son muy tolerantes a la sal, y se encuentran en áreas lodosas donde se combina el agua de mar con el agua dulce que desemboca de ríos o quebradas, entre las líneas de marea alta y marea baja.

Plantaciones forestales

Bosque predominantemente compuesto por árboles establecidos por plantación o siembra deliberada. Puede ser formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos. Incluye también rebrote de rodales que fueron originalmente plantados o sembrados, así como aquellas áreas temporalmente sin árboles, luego de una tala rasa, y declaradas para reforestación. Aquí están incluidas las latifoliadas y coníferas.

Rastrojos

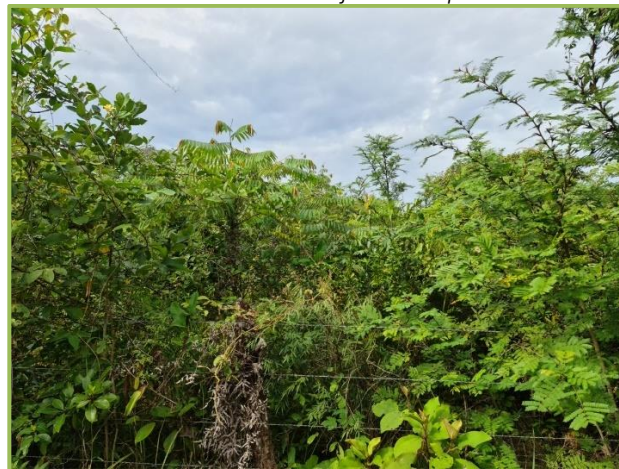
Es la vegetación secundaria de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que aparece naturalmente después de un uso agropecuario (abandono de pastizales), o después de un proceso de regeneración natural (sucesión después de un episodio de tala y abandono de la tierra). Tiene una altura promedio menor de 5 m. Aunque cumple con los criterios de bosque en términos de su capacidad de alcanzar una altura promedio mayor de 5 m y 30 % de cobertura de copa in situ, no se considera bosque hasta que haya alcanzado una altura promedio de 5 m y una cobertura de copa de 30 %.

Según la normativa panameña (*Resolución JD- 05-98 de 1998*), un rastrojo se define como una formación vegetal constituida por especies herbáceas, arbustivas, leñosas y ocasionalmente arbóreas invasoras de uno (1) a cinco (5) años, que no crece en terrenos deforestados y luego abandonados. Pueden contener algunos árboles aprovechables dispersos, de diversos tamaños y su potencial económico depende de las especies presentes. También se le denomina bosque secundario muy joven.

Mucha discusión se ha levantado a razón de esta clasificación por parte del país. En la Figura 6. 5 se puede observar lo que se considera un rastrojo desde la perspectiva terrestre. Para una mayor comprensión del lector, en la Figura 6. 6. se presenta un diagrama de la sucesión ecológica de las tierras forestales en el país con miras al análisis de las emisiones del sector UTCUTS.

Figura 6. 5.

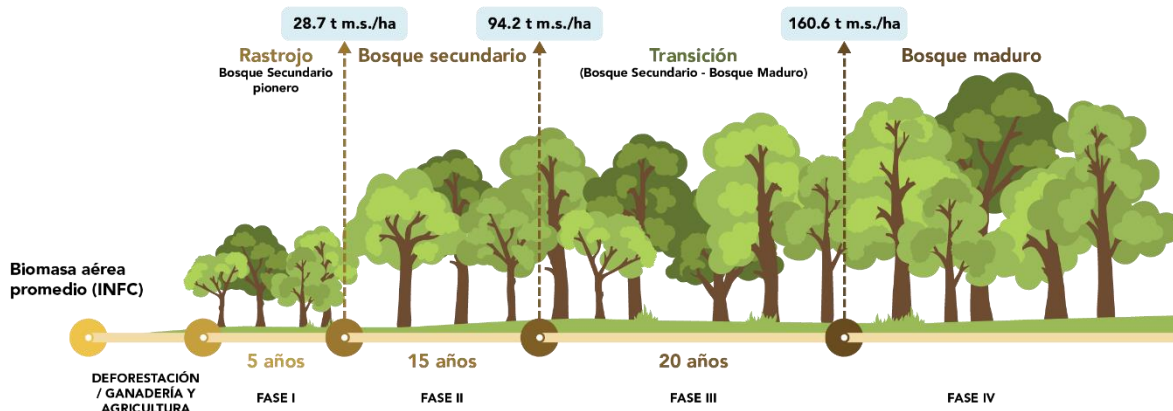
Vista de un rastrojo en campo.



Fuente: Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 6.

Diagrama de sucesión ecológica de las tierras forestales en el país.



Fuente: Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Nota: Las biomásas promedio provienen del Inventario Nacional Forestal y de Carbono sumado a un análisis bibliográfico de estudios en la región para conocer la ubicación de la biomasa promedio en el periodo indicado.

6.4.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, el balance contabilizó -35,768.4 kt CO₂ eq, aumentando la tendencia de absorción neta en un 33.5 % desde 2000, en un 20.4% desde 2019 (Figura 6. 7. y Tabla

6. 8), esto puede deberse a un aumento de las tierras de cultivo y pastizales que se convierten a tierras forestales; igualmente, hay una tendencia en alza de las absorciones de tierras forestales que permanecen como tal. La subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales* representa el 98.0 % del balance de la categoría, mientras que *tierras convertidas en tierras forestales* representan el restante de 2.0 % en el año 2021.

Tabla 6. 8.

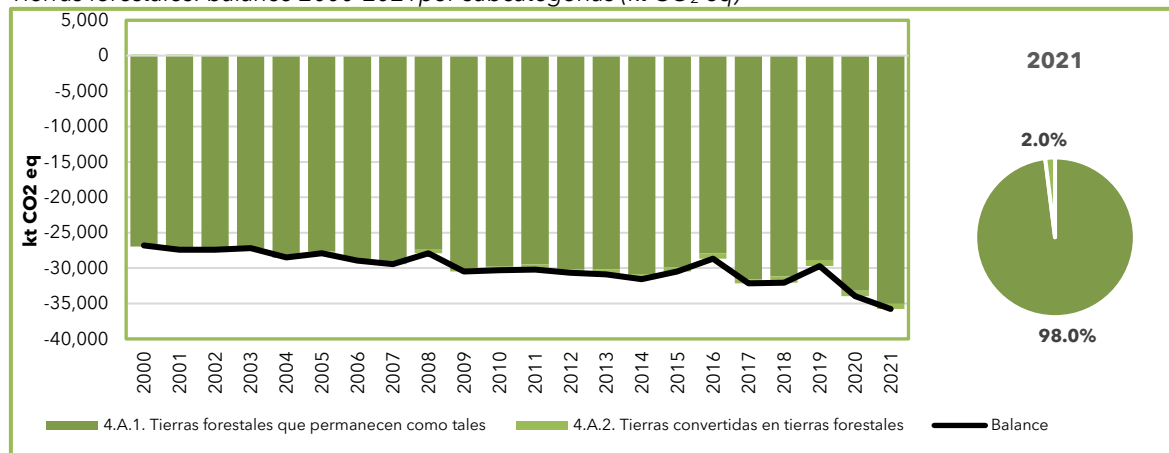
Tierras forestales: balance por subcategorías (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-26,962.4	-29,812.1	-30,165.8	-31,602.1	-28,863.1	-33,207.1	-35,060.6
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	160.9	-469.1	-725.2	-530.8	-851.2	-754.6	-707.7
Balance	-26,801.4	-30,281.2	-30,891.0	-32,133.0	-29,714.2	-33,961.7	-35,768.4

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 6. 7.

Tierras forestales: balance 2000-2021 por subcategorías (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con el fin de mejorar la interpretación de los resultados presentados, se toma en cuenta el cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa, materia orgánica muerta de tierras forestales que permanecen como tal; Igualmente el cambio anual de biomasa, y el cambio anual de biomasa, de la materia orgánica muerta, y de los suelos minerales para tierras que cambian a tierras forestales; sumado a el total emisiones de CO₂ eq por quema de cada subcategoría nacional (*Bosque Maduro, Secundario, Manglar, Plantaciones latifoliadas, coníferas, y rastrojos*).

Desde el punto de vista de los tipos de tierra forestal que contribuyen al balance de la categoría *tierras forestales* en 2021, se observa que el 51.7 % corresponde al balance de GEI para el *bosque secundario*, el 25.3% a *rastrojos*, el 10.4 % a *bosques maduros*, el 6.8 % a *plantaciones latifoliadas*, el 5.5 % a *bosques de manglar* y solo 0.2 % a *plantaciones coníferas* (Tabla 6. 9 y Figura 6. 8.).

Esto destaca la significativa relevancia de las subcategorías de rastrojos y bosques secundarios. Para los manglares, se utilizó un factor de emisión de crecimiento medio anual de biomasa específico del país, basado en artículos científicos desarrollados en

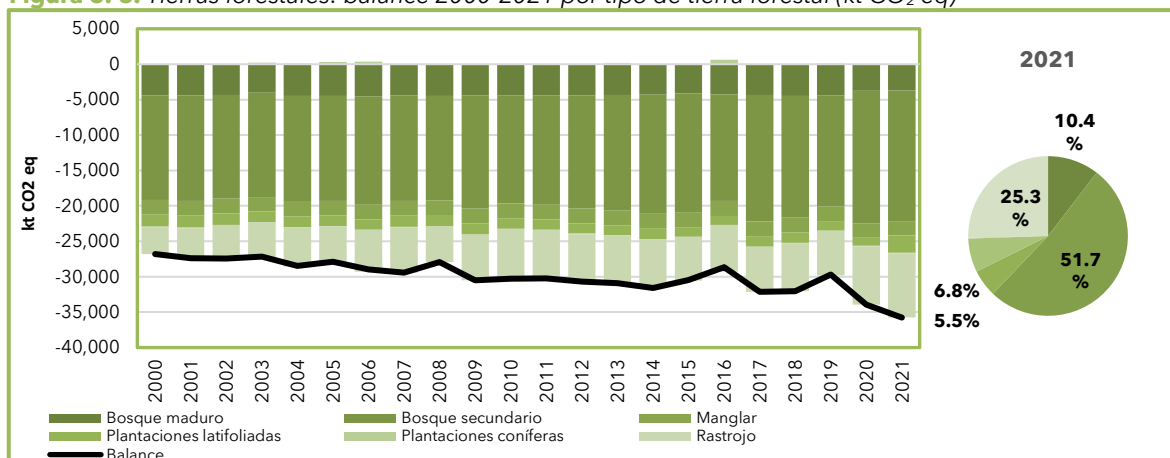
Panamá (ver ANEXO 5.2.3). Sin embargo, a pesar de esta mejora, se puede observar que la contribución de los manglares se ha mantenido constante a lo largo de la serie temporal. Esto se debe, en parte, a que gran parte de la pérdida de manglares ocurrió antes del año 2000.

Tabla 6. 9. Tierras forestales: balance por tipo de tierra forestal (kt CO₂ eq)

Tipo de tierra forestal	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
Bosque maduro	-4,404.5	-4,439.4	-4,347.0	-4,353.8	-4,431.5	-3,769.8	-3,728.1
Bosque secundario	-14,759.5	-15,201.5	-16,280.7	-17,828.2	-15,630.0	-18,739.4	-18,493.4
Manglar	-2,080.7	-2,089.4	-2,106.2	-2,091.9	-2,067.2	-1,975.6	-1,974.7
Plantaciones latifoliadas	-1,654.4	-1,521.6	-1,391.5	-1,410.9	-1,362.0	-1,153.1	-2,445.2
Plantaciones coníferas	-109.2	-122.8	192.3	-131.2	108.5	-56.5	-61.6
Rastrojo	-3,793.1	-6,906.5	-6,958.1	-6,316.9	-6,332.1	-8,267.3	-9,065.4
Balance	-26,801.4	-30,281.2	-30,891.0	-32,133.0	-29,714.2	-33,961.7	-35,768.4

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 8. Tierras forestales: balance 2000-2021 por tipo de tierra forestal (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.4.2.1. Tierras forestales que permanecen como tales (CRT 4.A.1)

En 2021, el balance de esta subcategoría contabilizó -35,060.6 kt CO₂ eq. Este valor representa un aumento de la absorción neta de un 30.0 % con respecto a 2000 y una disminución del 21.5 % con respecto a 2019 (Tabla 6. 10.).

Este incremento en la absorción se debe principalmente al crecimiento medio anual de la biomasa de tierras forestales como *rastrojos* y *bosques secundarios*. Respecto al balance de 2021, el incremento anual de biomasa representa un 88.8 % del balance neto en *tierras forestales que permanecen como tales*, seguido por el CEC de tierras forestales con el 7.4%, seguido por la extracción de leña con un 2.7 % y materia orgánica muerta con 0.5%, las remociones de madera como cosecha (extracción de madera) con un 0.4 %, e incendios con un 0.2% (Figura 6. 9.).

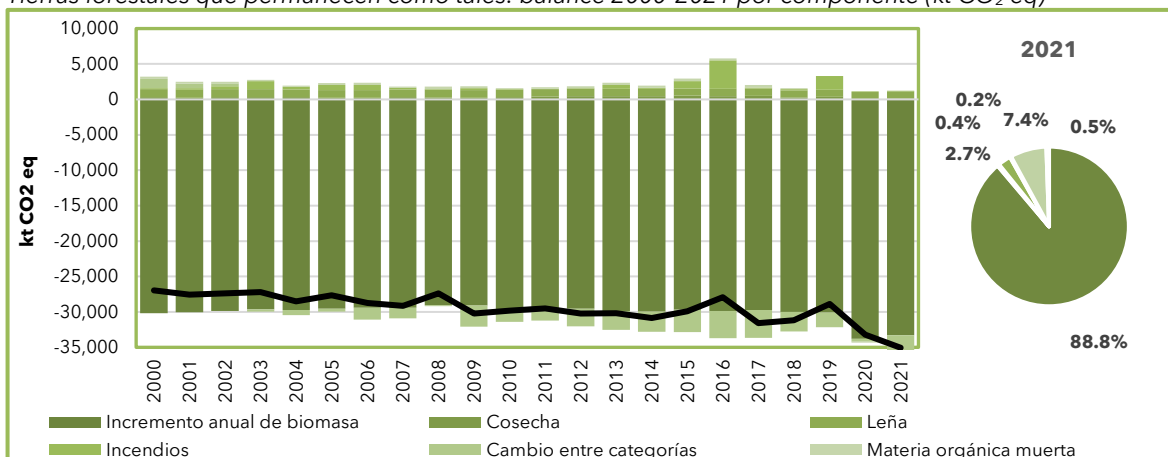
Tabla 6. 10. Tierras forestales que permanecen como tales: balance por componente (kt CO₂ eq)

Componentes	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
Incremento anual de biomasa	-30,166.2	-29,614.3	-29,869.6	-29,746.4	-30,102.5	-33,812.3	-33,306.2
Cosecha	333.2	310.8	434.7	518.8	369.2	56.6	140.1
Leña	1,135.4	1,065.4	1,045.6	1,020.0	1,007.4	1,003.7	997.5
Incendios	127.7	57.2	569.0	113.0	1,903.8	88.9	81.7
Cambio entre categorías	1,294.4	-1,776.9	-2,648.6	-3,912.8	-2,033.1	-379.8	-2,772.2
Materia orgánica muerta	313.0	145.7	303.1	405.3	-7.8	-164.2	-201.5
Balance	-26,962.4	-29,812.1	-30,165.8	-31,602.1	-28,863.1	-33,207.1	-35,060.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 9.

Tierras forestales que permanecen como tales: balance 2000-2021 por componente (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.4.2.2. Tierras convertidas en tierras forestales (CRT 4.A.2)

En 2021, el balance de las *tierras convertidas en tierras forestales* contabilizó -707.7 kt CO₂ eq. Este valor representa un aumento de la absorción neta de -539.7% con respecto a 2000, y una disminución de la absorción neta en un -16.9 % con respecto a 2019 (Figura 6. 10 y Tabla 6. 11). Este resultado se debe en parte a la gran contribución por la conversión de *tierras de cultivo a tierras forestales* (abandono de tierras agrícolas) que se presenta oscilante a lo largo de la serie, pero que al final refleja un aumento de las absorciones. Los pastizales convertidos a tierras forestales presentan una dinámica similar, y reflejan un crecimiento en las absorciones desde el año 2000.

Tabla 6. 11.

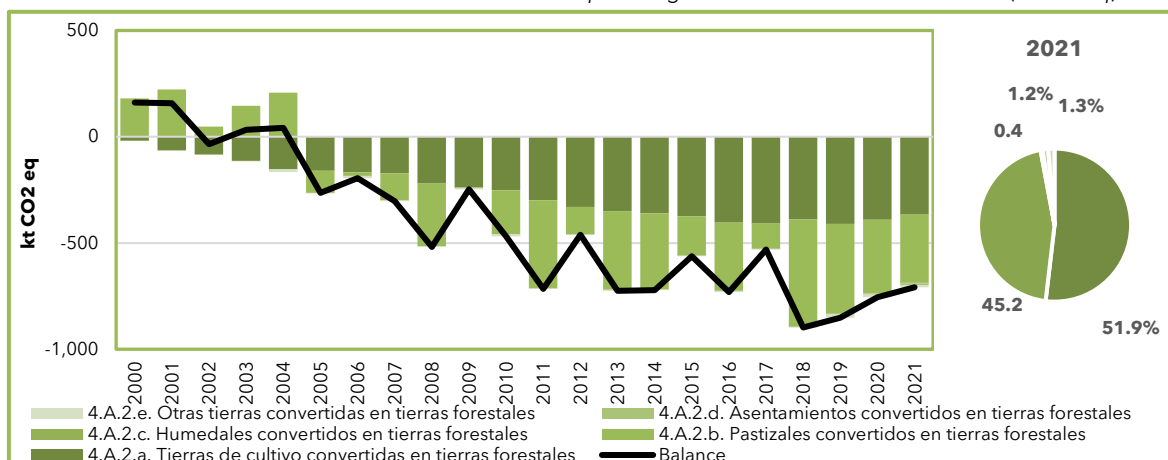
Tierras convertidas en tierras forestales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.A.2.a. Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-18.1	-252.8	-349.9	-408.8	-409.8	-391.2	-367.0
4.A.2.b. Pastizales convertidos en tierras forestales	180.2	-205.1	-369.1	-115.4	-422.4	-344.0	-319.8
4.A.2.c. Humedales convertidos en tierras forestales	-1.1	-0.2	-1.9	-0.3	-0.3	-1.4	-2.9
4.A.2.d. Asentamientos convertidos en tierras forestales	NO	NO	-0.2	-4.4	-3.8	-5.8	-8.5
4.A.2.e. Otras tierras convertidas en tierras forestales	NO	-11.0	-4.2	-2.0	-14.8	-12.2	-9.5
Balance	160.9	-469.1	-725.2	-530.8	-851.2	-754.6	-707.7

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 10.

Tierras convertidas en tierras forestales: balance 2000-2021 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.4.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión, se aplicó el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías, utilizando valores de biomasa y MOM desde el INFC. La Tabla 6. 12 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 6. 12.

Tierras forestales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

Código	Fuente y Sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
4.A.	Tierras forestales	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D	T1, T2, NO	PE, D, NO	T1, T2, NO	PE, D, NO
4.A.1	Tierras forestales que permanecen como tal	T1, T2, NE, NO	D, PE	T1, T2	D, PE	T1, T2	D, PE
4.A.2	Tierras convertidas en tierras forestales	T1, T2, IE	D, PE	NO	NO	NO	NO
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	T1, IE	D	NO	NO	NO	NO
4.A.2. b.	Pastizales convertidos en tierras forestales	T1, IE	D, PE	NO	NO	NO	NO
4.A.2. c.	Humedales convertidos en tierras forestales	T1, IE	D	NO	NO	NO	NO
4.A.2. d.	Asentamientos convertidos en tierras forestales	T1, IE	D	NO	NO	NO	NO
4.A.2. e.	Otras tierras convertidas en tierras forestales	T1, IE	D	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; T2 = método de Nivel 2; D = valor por defecto; PE = específico del país; NA = no aplica; NO = no ocurre; OT = otro.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.4.3.1. Cambios de las existencias de C en biomasa

A. Tierras forestales que permanecen como tales

La estimación de emisiones y absorciones de C en *tierras forestales que permanecen como tales* se realizó mediante el *Método de pérdidas y ganancias* de biomasa de las *Directrices del IPCC de 2006*. Este método estima el cambio anual en las existencias de C como la diferencia entre el incremento anual de la biomasa y la reducción anual por pérdidas de biomasa (Ecuación 6.7).

Ecuación 6.7

Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra (Método de pérdidas y ganancias)

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Fuente: Ecuación 2.7, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- ΔC_R = cambio anual en las existencias de C en la biomasa (aérea y subterránea), considerando la superficie total, t C año⁻¹
- ΔC_G = incremento anual de las existencias de C debido al crecimiento de la biomasa considerando la superficie total, t C año⁻¹
- ΔC_L = reducción anual de las existencias de C debida a la pérdida de biomasa considerando la superficie total, t C año⁻¹

Incremento anual de existencias de carbono en biomasa

El incremento anual de las existencias de C en la biomasa debido al crecimiento de la biomasa viva (aérea y subterránea) se estimó aplicando la Ecuación 6.8.

Ecuación 6.8

Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \times G_{TOTAL_{i,j}} \times CF_{i,j})$$

Fuente: Ecuación 2.9, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- ΔC_G = incremento anual de las existencias de C en la biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso, por tipo de vegetación, zona climática y tipo de suelo (t C año⁻¹)
- A = superficie que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (ha)
- C_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa (t materia seca ha⁻¹ año⁻¹)
- i = zona ecológica i (i = 1 a n)
- j = dominio climático j (j = 1 a m)
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t d.m.)⁻¹

Reducción anual de existencias de carbono en biomasa debida a pérdidas

Se estimó la reducción anual de existencias de C en biomasa debido a pérdidas aplicando la Ecuación 6.9, que incluye la estimación de las pérdidas anuales por remoción de bosques (*cosecha*), remoción de madera combustible (*leña*) y perturbaciones (*incendios forestales*).

Ecuación 6.9

Reducción anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$$

Fuente: Ecuación 2.11, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- ΔC_L = reducción anual de las existencias de C debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de LU, t C año⁻¹
- $L_{remoción-bosques}$ = pérdida anual de C debida a remoción de bosques, t C año⁻¹ (Ecuación 6.10)
- $L_{madera-combustible}$ = pérdida anual de C en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año⁻¹ (Ecuación 6.11)
- $L_{perturbación}$ = pérdidas anuales de C en la biomasa debidas a perturbaciones, t C año⁻¹ (Ecuación 6.12)

La pérdida por remociones de bosques se estimó mediante la Ecuación 6.10, donde se determinó para bosques naturales y plantaciones latifoliadas y coníferas. Las pérdidas de bosques naturales se atribuyeron a los bosques intervenidos.

Ecuación 6.10

Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de bosques

$$L_{remoción-bosques} = \{H \times BCEF_R \times (1 + R) \times CF\}$$

Fuente: Ecuación 2.12, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{remoción-bosques}$ = pérdida anual de C debida a la remoción de bosques, t C año⁻¹
- H = remociones anuales de bosques, rollizos, m³ año⁻¹
- R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en t m.s. de biomasa subterránea (t m.s. de biomasa aérea)⁻¹.
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)⁻¹
- BCEFs = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza), toneladas de remoción de biomasa aérea (m³ de remociones)

La pérdida anual de C en la biomasa por remociones de madera combustible (*leña*) se estimó por medio de la Ecuación 6.11, atribuida a los tipos de *tierras forestales de bosques intervenidos, secundarios y rastrojos*.

Ecuación 6.11

Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible

$$L_{madera-combustible} = \{[FG_{árboles} \times BCEF_R \times (1 + R)] + FG_{parte} \times D\} \times CF$$

Fuente: Ecuación 2.13, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{madera-combustible}$ = pérdida anual de C en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año⁻¹
- $FG_{árboles}$ = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m³ año⁻¹
- FG_{parte} = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m³ año⁻¹
- D = densidad básica de la madera, t m.s. m⁻³
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)⁻¹

En la estimación de pérdida anual de C por cosecha de leña se asume que los datos estadísticos nacionales reportados constituyen partes de árboles y no arboles enteros. Las pérdidas de biomasa y de C por perturbaciones (Ecuación 6.12) se estimó a partir de datos nacionales de incendios reportados para varias subcategorías de tierras forestales.

Ecuación 6.12

Pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones

$$L_{perturbación} = \{A_{perturbación} \times B_w \times (1 + R) \times CF \times fd\}$$

Fuente: Ecuación 2.14, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{perturbación}$ = otras pérdidas anuales de C (t C año⁻¹)
- $A_{perturbación}$ = superficie afectada por perturbaciones (ha año⁻¹)
- B_w = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, t ms ha⁻¹
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)⁻¹
- fd = fracción de biomasa perdida por perturbaciones

Para el cálculo de emisiones y absorciones de CO₂ de *incendios* se utiliza el supuesto del nivel 1 en que todo el carbono removido de las existencias de C de la biomasa se emite en el año de la perturbación. Para esta serie de inventario, dado que se contó con una

mayor comprensión de las directrices y las Guías de Buenas Prácticas del sector, el equipo técnico decidió ajustar el valor de Fd. Se tomaron valores por defecto; ya que, el valor (resultado del esfuerzo nacional) está basado en el consumo total de la MOM, mientras que las directrices indican que para un nivel 1, las emisiones de CO₂ de la MOM equivalen a cero (Pág. 2.48 Directrices del IPCC de 2006). De esta forma se aplica un criterio conservador, dado que el Fd de esta serie es mayor que el utilizado en la serie de inventario anterior.

Emisiones de gases no CO₂

Además de las emisiones de CO₂ generadas por la cosecha de madera y perturbaciones, se estimaron emisiones de CH₄ y N₂O debidas a los incendios forestales. Estas fueron estimadas con la Ecuación 6.13.

Ecuación 6.13

Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero a causa del fuego

$$L_{\text{fuego}} = A \times M_B \times C_f \times G_{\text{ef}} \times 10^{-3}$$

Fuente: Ecuación 2.27, Capítulo 2, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- L_{fuego} = cantidad de emisiones de GEI provocada por el fuego, t de cada GEI
- A = superficie quemada, ha
- M_B = masa de combustible disponible para la combustión, t ha⁻¹. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1, entonces se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en los que hay un cambio en el LU
- C_f = factor de combustión, sin dimensión
- G_{ef} = factor de emisión, g kg⁻¹ de materia seca quemada

B. Tierras convertidas en tierras forestales

Como muestra la Ecuación 6.14, los cambios de las existencias de C de la biomasa se calculan como la suma del incremento de las existencias de C debido al crecimiento de biomasa, más los cambios debidos a la diferencia de la biomasa existente antes y después de la conversión, y menos la reducción de existencias debida a pérdidas.

Ecuación 6.14

Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{\text{CONVERSIÓN}} - \Delta C_L$$

Fuente: Ecuación 2.15, Capítulo 2, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- ΔC_B = cambio anual en las existencias de C de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹
- ΔC_G = incremento anual en las existencias de C de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹
- $\Delta C_{\text{conversión}}$ = cambio inicial en las existencias de C de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹
- ΔC_L = reducción anual en las existencias de C de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹

Los cambios iniciales de las existencias de C en la biomasa, derivadas de la conversión de otras tierras a *tierras forestales*, se calcularon empleando la Ecuación 6.15.

Ecuación 6.15

Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \times \Delta A_{AOTRAS} \} \times CF$$

Fuente: Ecuación 2.16, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = cambio inicial en las existencias de C de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año⁻¹
- $B_{DESPUÉS_i}$ = existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, t m.s. ha⁻¹
- B_{ANTES_i} = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, t m.s. ha⁻¹
- ΔA_{AOTRAS} = superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de LU en un año dado, ha año⁻¹
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)⁻¹
- i = tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de LU.

6.4.3.2. Cambios de las existencias de C en materia orgánica muerta

A. Tierras forestales que permanecen como tales

Se estimaron los cambios de C en los depósitos de madera muerta y hojarasca en las subcategorías de *tierras forestales* que cambiaron durante el periodo inventariado. La estimación se realizó aplicando la Ecuación 6.16.

Ecuación 6.16

Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra

$$\Delta A_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \times A_{on}}{T_{on}}$$

Fuente: Ecuación 2.23, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- ΔA_{DOM} = cambio en las existencias anuales de C en madera muerta u hojarasca, t C año⁻¹
- C_o = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de LU, t C ha⁻¹
- C_n = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de LU, t C ha⁻¹
- A_{on} = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de LU, ha
- T_{on} = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de LU, año. El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de C y de 1 año para las pérdidas de C. Se usó el valor por defecto de 1 para incrementos o pérdidas de C entre subcategorías de tierras forestales

B. Tierras convertidas en tierras forestales

El cambio anual en las existencias de C en la MOM para tierras convertidas en *tierras forestales* se estimó aplicando la Ecuación 6.16. Se usó el valor por defecto para T_{on} de 20 años para todas las subcategorías de *tierras forestales*, excepto la subcategoría de *rastrojos* para la cual se usó un valor de T_{on} de 5 años.

6.4.3.3. Cambios de las existencias de C en suelos

A. Tierras forestales que permanecen como tales

De acuerdo con el método por defecto se considera que el C del suelo en *tierras forestales que permanecen como tales* no se modifica por la gestión, por lo que no se reportan cambios anuales en este depósito.

B. Tierras convertidas en tierras forestales

El cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos (SOC) minerales de *tierras convertidas en tierras forestales* se estimó con la Ecuación 6.17. Los valores de referencia para el SOC y los factores de cambio de las existencias son los valores por defecto para los distintos tipos de uso de la tierra.

Ecuación 6.17 Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales

$$\Delta C_{\text{Minerales}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \times F_{LU_{c,s,i}} \times F_{MG_{c,s,i}} \times F_{I_{c,s,i}} \times A_{c,s,i})$$

Fuente: Ecuación 2.25, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $\Delta C_{\text{minerales}}$ = cambio anual en las existencias de C de los suelos minerales, t C año⁻¹
 - SOC_0 = existencias de SOC en el último año de un período de inventario, t C
 - $SOC_{(0-T)}$ = existencias de SOC al comienzo de un período de inventario, t C
 - SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ = se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de C según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
 - T = cantidad de años de un período de inventario dado, año
 - D = dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores F_{LU} , F_{MG} y F_I . Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 - T años).
 - c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.
 - SOC_{REF} = las existencias de C de referencia, t C ha⁻¹
 - F_{LU} = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión
- Nota: F_{ND} se sustituye por F_{LU} en el cálculo del C en suelos forestales para estimar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales.
- F_{MG} = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión
 - F_I = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión
 - A = superficie de tierra del estrato que se estima, ha. Toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

c. Aplicación del Suplemento de Humedales Costeros

El cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos (SOC) minerales de tierras convertidas en tierras forestales, incluyen el análisis de *tierras convertidas en manglares*. Para esto se usó la ecuación 4.7 del suplemento de humedales costeros del IPCC 2013, de la sección 4.2.2.3 Carbono en suelos.

Ecuación 6.18

Cambios en el carbono del suelo resultantes de actividades de rehumidificación, revegetación y creación de manglares.

$$CO_{2SO-RE} = \sum_{v,s,c} (A_{RE} \times EF_{RE})$$

Fuente: Ecuación 4.7, Capítulo 4, Suplemento de Humedales de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- CO_{2SO-RE} = CO₂ emisiones asociadas con actividades de rehumidificación²⁴, revegetación y creación por tipo de vegetación (v), tipo(s) de suelo y clima (c); toneladas C año⁻¹
- A_{RE} = Área de suelo que ha sido influenciada por actividades de rehumidificación, revegetación y creación por tipo de vegetación (v), tipo(s) de suelo y clima (c); ha
- EF_{RE} = CO₂ emisiones de suelos minerales agregados que han sido influenciados por actividades de rehumidificación y revegetación por tipo de vegetación (v), tipo(s) de suelo y clima (c); toneladas C ha⁻¹año⁻¹

Se asume que todas las tierras del país son gestionadas y que los incrementos de zonas de manglar son resultado de la intervención humana. Como parte de una futura mejora, se busca compilar datos sobre las reforestaciones y restauraciones naturales asistidas de

²⁴ La rehumidificación es el proceso de convertir un suelo drenado en un suelo húmedo. Un suelo rehumedecido es un suelo que anteriormente había sido un suelo drenado pero que como resultado de la intervención humana se ha convertido en un suelo húmedo (Cap. 1 Suplemento de Humedales IPCC 2013).

las zonas de manglar a nivel nacional, realizadas por diversos actores como organizaciones comunitarias, ONGs, entidades privadas, entre otros. Sin embargo, el aporte de estas cuantificaciones es insignificante en el inventario. Esta decisión se tomó después de varias consultas con técnicos en carbono azul como ejercicio de aplicación del suplemento.

El cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos (SOC) minerales de actividades de extracción (*manglares en tierras*) se estimó con la Ecuación 6.19. Los valores de referencia para el SOC y los factores de cambio de las existencias son valores por defecto para los distintos tipos de uso de la tierra.

Ecuación 6.19 Cambio inicial en las existencias de carbono del suelo debido a actividades de extracción

$$\Delta C_{so-conversion} = \sum_{v,s} (SO_{after} \times SO_{before} \times A_{v,s})$$

Fuente: Ecuación 4.6, Capítulo 4, Suplemento de Humedales de las *Directrices del IPCC de 2006*.

- $\Delta C_{(so-conversion)}$ = cambio anual en las existencias de C de los suelos debido a las actividades de extracción de la vegetación de manglar minerales, t C año⁻¹
- SO_{AFTER} = Reservas de carbono en el suelo por unidad de área, inmediatamente después de la conversión, por tipo de vegetación (v) y tipo(s) de suelo; toneladas C ha⁻¹; valor predeterminado = 0
- SO_{BEFORE} = Reservas de carbono en el suelo por unidad de área, inmediatamente antes de la conversión, por tipo de vegetación (v) y tipo(s) de suelo; toneladas C ha⁻¹
- $A_{CONVERTED}$ = Área de conversión por tipo de vegetación (v) y tipo(s) de suelo; ha

Esta última ecuación estima las pérdidas de carbono en suelo (a una profundidad de 1m) en manglares, cuando estos se convierten en otro uso, lo cual anteriormente se estimaba usando la ecuación 6.17, sin embargo, usando esta nueva ecuación, se mejora la exactitud del inventario. Estas emisiones se reportan en las subcategorías de *tierra forestal (manglar) a pasto, tierra forestal (manglar) a otras tierras, tierra forestal (manglar) a humedales*. Ésta última corresponde a humedales artificiales, los cuales incluye tanques de acuicultura, camaroneras y embalses.

6.4.3.4. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para *tierras forestales* se pueden observar en la Tabla 6. 5.

Superficie de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra

Estos datos de actividad se estimaron a partir de datos levantados por la DIAM en conjunto con la Dirección de Cambio Climático usando la herramienta Collect Earth Online. Con los datos de actividad se generaron las matrices de UTCUTS (ANEXO 5.2.2)

Remociones anuales de bosques (cosecha)

En el caso de las plantaciones forestales, la información sobre la madera proveniente de estas (Tabla 6. 13) se recopiló a partir de los permisos de aprovechamiento otorgados por la DIFOR de MiAMBIENTE. Para algunos años, se complementó la información con diversas fuentes documentadas, consultas a expertos del sector forestal y la aplicación de extrapolaciones para llenar vacíos de datos.

Un punto importante a destacar es que, durante 2020, debido a la pandemia del COVID - 19, los permisos otorgados se redujeron drásticamente en más de un 91.2% en comparación con 2019. En 2021, los permisos comenzaron a aumentar paulatinamente, aunque en menor cantidad que en años anteriores (desde 2010).

Tabla 6. 13. Tierras forestales: volumen de madera aprovechado proveniente de bosque plantado (m³)

Año	Plantaciones Coníferas (m ³)	Plantaciones latifoliadas (m ³)	Total (m ³)
2000	463	8,929	9,391
2001	463	19019	19482
2002	463	21704	22167
2003	463	52949	53412
2004	1014	57407	58422
2005	2225	37701	39926
2006	3043	44742	47785
2007	3505	53252	56757
2008	3967	61761	65728
2009	4428	39488	43917
2010	4,890	72,378	77,268
2011	4440	112672	117111
2012	3359	128057	131416
2013	3,955	111,326	115,281
2014	4618	102338	106956
2015	3873	129933	133807
2016	3581	123625	127206
2017	3,706	157,048	160,753
2018	10843	91190	102032
2019	24,106	143,808	167,915
2020	1,799	12,574	14,372
2021	8,590	28,778	37,368

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, con base a datos de la sección de Estadísticas Forestales de la Dirección de Política Ambiental y Dirección Forestal del Ministerio de Ambiente, 2024.

En el caso de la madera de bosque natural, para construir la serie temporal de datos de actividad referentes a bosque natural (Tabla 6. 14), fue necesaria una combinación de información de fuentes oficiales (permisos de aprovechamientos) y un trabajo de interpolaciones para completar los datos faltantes. Se puede notar que en 2019 el volumen de aprovechamiento en bosque natural se redujo en un 72% en comparación con el año anterior. Cabe resaltar que, en septiembre de 2019, el MiAMBIENTE emitió la Resolución DM-0395-2019, estableciendo una moratoria para la tala de árboles en bosque natural como una estrategia para frenar la deforestación y proteger los bosques. Esta moratoria se mantuvo por cuatro años consecutivos a partir de 2019.

Tabla 6. 14. Tierras forestales: volumen de madera aprovechado proveniente de bosque natural (m³)

Año	Volumen rollizo, con corteza (m ³)
2000	99002
2001	57224
2002	82409,8
2003	67002
2004	54508
2005	44330
2006	36053
2007	61987
2008	37824
2009	46589
2010	45240
2011	44585
2012	53427
2013	57745
2014	71464
2015	74258
2016	56568
2017	52539
2018	13119
2019	3663
2020	8194
2021	19707

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, con base a datos de la sección de Estadísticas Forestales de la Dirección de Política Ambiental y Dirección Forestal del Ministerio de Ambiente, 2024.

Volumen anual de remoción de madera combustible (consumo de leña)

El consumo anual de leña utilizado proviene de los valores presentados por la SNE de Panamá y los mismos se encuentran expresados en kbep. Estos valores totales para cada año fueron sometidos a un proceso de análisis para asignar los valores porcentuales de procedencia de la leña, donde se determinó que la misma proviene de:

- Bosque Maduro (30 %)
- Bosque secundario (20 %)
- Rastrojo (50 %)

Estos porcentajes fueron multiplicados por el valor total en metros cúbicos de leña (1 t = 0.002594 kbep y una densidad de 0.57, esta última estimada con base en las densidades de diferentes especies utilizadas para leña en el país) (Tabla 6. 15).

Tabla 6. 15.

Tierras forestales: consumo anual de leña (m³)

Año	Bosque Maduro (m3)	Bosque secundario (m3)	Rastrojo (m3)	Total (m3)
2000	341,533.9	227,689.2	569,223.1	1,138,446.2
2001	339,231.7	226,154.5	565,386.2	1,130,772.4
2002	336,954.1	224,636.0	561,590.1	1,123,180.2
2003	334,700.9	223,133.9	557,834.8	1,115,669.6
2004	332,472.2	221,648.1	554,120.4	1,108,240.7
2005	330,266.0	220,177.3	550,443.3	1,100,886.7
2006	328,086.3	218,724.2	546,810.5	1,093,621.0
2007	325,927.0	217,284.7	543,211.7	1,086,423.4
2008	323,792.2	215,861.5	539,653.7	1,079,307.5
2009	321,679.9	214,453.3	536,133.2	1,072,266.3
2010	320,467.6	213,645.1	534,112.7	1,068,225.3
2011	321,679.9	214,453.3	536,133.2	1,072,266.3
2012	316,481.7	210,987.8	527,469.5	1,054,939.0
2013	314,514.3	209,676.2	524,190.4	1,048,380.9
2014	312,565.2	208,376.8	520,942.0	1,041,884.0
2015	310,630.4	207,086.9	517,717.4	1,035,434.7
2016	308,714.0	205,809.3	514,523.3	1,029,046.7
2017	306,811.9	204,541.2	511,353.1	1,022,706.2
2018	304,926.1	203,284.0	508,210.1	1,016,420.2
2019	303,035.3	202,023.5	505,058.8	1,010,117.6
2020	301,912.2	201,274.8	503,187.0	1,006,374.1
2021	300,047.8	200,031.9	500,079.7	1,000,159.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Superficie afectada por perturbaciones (incendios forestales)

Para recopilar información sobre los daños causados por incendios en tierras forestales, basados en la superficie anual quemada (Tabla 6. 16), se consultaron dos fuentes oficiales: datos del MiAMBIENTE y las estadísticas ambientales recolectadas por el INEC. Para algunas coberturas, se aplicaron interpolaciones y extrapolaciones con el fin de completar la serie de datos.

Generalmente, las plantaciones más afectadas por incendios son las estatales de coníferas (*Pinus caribaea*). Debido a presupuestos limitados, las medidas preventivas contra incendios en estas plantaciones son muy restringidas, lo que las hace especialmente vulnerables. Estas plantaciones se encuentran en zonas donde las comunidades locales viven en condiciones de pobreza y utilizan las quemas como método de limpieza de sus cultivos, lo que constituye la principal causa de los incendios. Por otro lado, las plantaciones privadas cuentan con mayor vigilancia y control contra incendios.

La información estadística disponible no permite determinar la superficie de plantaciones incendiadas de forma desagregada entre coníferas y latifoliadas, ya que las estadísticas sobre incendios, solo se presentan como incendios de plantaciones en general.

Debido a esta limitación, se solicitó al proveedor de datos (DIVEDA) que, basándose en su experiencia, proporcionara una estimación de la proporción de incendios en superficie entre coníferas y latifoliadas. DIVEDA indicó que, la proporción aproximada por año de los incendios en plantaciones oscila alrededor de 70% sobre plantaciones de coníferas y 30% sobre plantaciones de latifoliadas. Como parte de las mejoras, se ha estado coordinando con DIVEDA, para lograr el mejoramiento de los datos estadísticos sobre incendios.

Tabla 6. 16.

Tierras forestales: superficie anual quemada (ha)

Años	Número de incendios	Bosque maduro (ha)	Bosque secundario (ha)	Rastrojo (ha)	Manglar (ha)	Plantaciones Coníferas (ha)	Plantaciones Latifoliadas (ha)	Total (ha)
2000	43	53	353	239	0	192	58	894
2001	73	981	183	975	0	160	48	2,348
2002	238	556.5	614.5	626.25	0	704.4	211.3	2,712.9
2003	793	3,651.9	156.4	7,940.7	0	1,250.5	375.2	13,374.5
2004	439	22.0	28.6	819.7	45	808	242.40	1,965.7
2005	355	20	543	889	0	1,543.8	463.1	3,458.9
2006	446	0	537.5	856.1	0	1,629.3	488.8	3,511.7
2007	754	139.7	409.5	1,866	1	280	84	2,780.2
2008	258	0.5	50	522.5	20	177.1	53.1	1,081
2009	513	37	234.8	757.6	0	522.3	156.7	2,221
2010	264	4	48	582	0	92	28	753
2011	217	0	0	215.5	0	65.1	19.53	300.1
2012	157	6	43	805.1	0	156.1	46.8	1,057
2013	179	244	136	1,834	23	1,186	356	3,778
2014	680	0	51.5	404.5	0	301.3	90.4	847.7
2015	4,716	1,634.5	3,014.5	7,639.1	4.5	783.1	234.9	13,310.7
2016	4,711	921.1	23,202.4	15,182.6	0.1	2,618.8	785.6	42,710.5
2017	1466	0	51	1,528	1	171	51	1,803
2018	1,038	0.35	28	1,125.7	0	323	96.9	1,573.9
2019	1117	602	9,930	16,445	613	787	236	28,613
2020	343	1	140	327	4	149	64	684
2021	771	17	271	347	0	95	41	771

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.4.3.5. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para *tierras forestales*, los datos paramétricos y factores de emisión utilizados provienen de diferentes fuentes, como lo son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006 y su refinamiento del 2019*, datos nacionales generados a partir de información recopilada por el INFC, dictamen de expertos dictados por expertos nacionales, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 5.2.5). Debido a la desagregación utilizada para el INGEI, la cual está basada en las regiones climáticas del IPCC, los factores de emisión fueron compilados y organizados de tal manera que abarcaran todas las regiones climáticas en cada subcategoría, permitiendo así tener estimaciones más confiables y que reflejen la realidad de la situación del país. Para esta serie de inventario, se realizó una revisión detallada de los factores de emisión usados hasta el momento, y se realizaron ajustes a los mismos. Estos cambios se encuentran detallados en la sección 6.4.6.

6.4.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9.

6.4.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre de los datos de actividad del sector UTCUTS proviene principalmente del error estándar de los datos de actividad geoespaciales. La incertidumbre de la biomasa aérea promedio para diferentes reservorios, según tipo de cobertura boscosa y uso de la tierra, fue reportada por el INFC. Las incertidumbres de los factores de emisión utilizados provienen de los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento del 2019* mientras que la incertidumbre de los datos de actividad ha sido incluida en el proceso de cálculo de la incertidumbre y se reporta conjuntamente con las incertidumbres de los factores de emisión, siguiendo los procedimientos definidos en la directrices volumen 1 capítulo 3, página 3.30.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente y sumideros de GEI de las *tierras forestales* varían desde ± 18.5 a 59.6 % (Tabla 6. 17). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del CO₂ de *tierras convertidas en tierras forestales*.

Tabla 6. 17.

Tierras forestales: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (\pm %)	Incertidumbre de los factores de emisión (\pm %)	Incertidumbre combinada (\pm %)
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	0	36.3%	36.3%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH ₄	0	21.7%	21.7%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N ₂ O	0	18.5%	18.5%
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	CO ₂	0	59.6%	59.6%

Nota: de acuerdo a la nota A del cuadro 3.2 cálculo de la incertidumbre en el Método1 "Si la incertidumbre está correlacionada a través de los años, especifique la incertidumbre en la Columna F (*factores de emisión*), y escriba 0 en la Columna E (*incertidumbre de los datos de actividad*)"

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es importante resaltar que, al recalcular cada año de inventario, se modificaron algunos factores de emisión, pero se obtuvieron datos de actividad con la misma metodología. También se utilizaron datos estadísticos como volúmenes de maderas aprovechados, consumo de leñas e incendios. Los datos estadísticos provienen de distintas fuentes como de MiAMBIENTE, SNE. Para todos los años de la serie temporal se utilizó la misma desagregación geoespacial de los datos de actividad para asegurar la coherencia temporal en la categoría de *tierras forestales*.

6.4.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector UTCUTS, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 6.12. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

6.4.6.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

En cuanto a la garantía de calidad, tomaron en consideración las observaciones detectadas en las series de inventario anterior. Ver sección 6.12.1.

6.4.6.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el control de la calidad de todas las categorías del inventario del sector UTCUTS, además de incluir las actividades de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006*, se aplicaron de forma transversal las actividades descritas en la sección 6.12.2.

6.4.6.3. Actividades específicas de verificación

No se aplicaron actividades de verificación para esta categoría. Los datos de FAOSTAT se encuentran muy distantes de los valores estimados en el INGEI de Panamá. Adicional, no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

6.4.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tierras forestales* debido a que se desarrollaron mejoras metodológicas como parte del Plan de mejoramiento, así como la revisión exhaustiva de la tabla de factores de emisión. (ver Sección del CAPÍTULO 10: Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS). Para esta serie se aplicó el *Suplemento de humedales IPCC 2013*, Capítulo 4. Para el factor de crecimiento medio anual de biomasa en manglares se sigue usando el factor propio del país aplicando un análisis de varios estudios de Panamá. Asimismo, se aplicaron valores para factores de emisión del *Refinamiento de 2019*.

Estas mejoras metodológicas se tradujeron en cambios significativos en la estimación de emisiones/absorciones que implican absorciones netas de relevancia para esta categoría del sector.

Tabla 6. 18.

Tierras forestales: Recálculos u mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
UTCUTS			
4. General (sector UTCUTS)	Utilizar el capítulo 4 del Suplemento de Humedales del IPCC de 2013 para su incorporación en futuros INGEI. Panamá establece este compromiso dentro de su CDN1 Actualizada.	Exhaustividad	Aspecto metodológico (Manglares)
4. General (sector UTCUTS)	Generar información de tierras convertidas a otra categoría por períodos de transición (20 años). Estimar las emisiones y absorciones para las categorías de tierras convertidas a otra categoría de tierras considerando el período de transición y los distintos depósitos de carbono.	Exactitud, Exhaustividad	Aspecto metodológico
4. General (sector UTCUTS)	Corrección de las estimaciones en los años que corresponda tanto para el uso de valores de biomasa después de la conversión, así como para los incrementos anuales.	Exactitud	Aspecto metodológico
4.A. Tierras forestales	Evaluar y corregir el uso de valores de existencias de bosques para asignar biomasa que se consideran cambios entre tipos de bosques	Exactitud	Aspecto metodológico
Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Incluir los antecedentes que justifican la distribución de DA de superficie de incendios entre distintas especies forestales de las plantaciones. Corregir información que describe aspectos metodológicos de las estimaciones de gases no-CO2 de incendios.	Exhaustividad	Aspecto metodológico
4. General (sector UTCUTS)	Los datos de existencia de madera muerta y hojarasca utilizados anteriormente para las series del 2020 y 2022, estaban en unidades de biomasa mientras que éstos debían usarse en unidades de carbono ton C ha-1. En este sentido, este error, fue corregido en esta serie. No obstante, por falta de información en las plantaciones	Exactitud	Factores de emisión

		latifoliadas y coníferas, se optó por utilizar el valor por defecto de las directrices del IPCC 2006.			
4.A. Tierras forestales		Los valores de Fd nacionales, para estimar la emisión de CO ₂ producto de las perturbaciones, estaban fundados en la base de que el MOM es la proporción de la biomasa total que se consumen en un incendio. Sin embargo, producto de una mayor comprensión de las directrices, ahora se entiende que los cambios de MOM para emisiones de CO ₂ se asumen que están en balance. Por lo tanto, se utilizan valores por defecto del IPCC.	Exactitud	Factores emisión	de
4. General (sector UTCUTS)		Se decidió utilizar un valor nacional para carbono orgánico del suelo (SOC) en manglares, que si bien, solo representa una porción de los manglares del país, resulta más exhaustivo usar el valor nacional que el valor del suplemento de humedales.	Exhaustividad	Factores emisión	de
4.A. Tierras forestales		Los valores de promedio de crecimiento medio anual de biomasa para rastrojos se ajustaron a los valores por defecto, usando el refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, (Cuadro 4.9, valores de bosques menores a 20 años) en lugar de los valores anteriores (7 y 11 ton C ha ⁻¹ . Ya que, si se aplicaba de esta manera, en aproximadamente dos años y medio, el rastrojo alcanzaría su biomasa promedio. De esta forma, se asume un enfoque más conservador del crecimiento de esta subcategoría, cuya permanencia se aborda en aproximadamente 5 años.	Exactitud	Factores emisión	de
4.A. Tierras forestales		Los valores de promedio de crecimiento medio anual de biomasa para bosques secundarios se ajustaron a los valores por defecto del refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC del 2006 (Cuadro 4.9 valores de bosque secundarios mayores de 20 años).	Exactitud	Factores emisión	de
4.A. Tierras forestales		Los valores de promedio de crecimiento medio anual para bosques secundarios y rastrojos se ajustaron usando los valores nacionales del inventario nacional de carbono de Panamá.	Exactitud	Factores emisión	de
4.A. Tierras forestales		Los valores de promedio de crecimiento medio anual para plantaciones latifoliadas y coníferas también se ajustaron. Se corrigieron estos valores con base en la última versión del documento de la consultoría de Clementino Herrera corregido por Raúl Gutiérrez.	Exactitud	Factores emisión	de
4. General (sector UTCUTS)		Los valores de las existencias de carbono de referencia de suelos (SOCref) fueron ajustados, utilizando los valores por defecto del refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC del 2006 (Cuadro 2.3 suelos arcillosos de baja actividad).	Exactitud	Factores emisión	de

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Se compararon los valores del INGEI anterior desde los años 2000 al 2019 (Tabla 6. 19). En la categoría tierras forestales existe una importante diferencia en el balance que es notoriamente favorable a la absorción de CO₂ y que aumenta la capacidad como sumidero del país, por ejemplo, en 2019 la diferencia asciende a -4,233.1 kt CO₂ eq con respecto a los INGEI anteriores, representando un aumento en la absorción de un 12 % en el INGEI actual.

Tabla 6. 19.

Tierras forestales: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI	-29,213.67	-36,056.06	-36,552.73	-38,665.79	-33,947.37		
INGEI actual	-26,801.43	-30,281.21	-30,891.00	-32,132.97	-29,714.25	-33,961.68	-35,768.35
Diferencia	-2,412.23	-5,774.85	-5,661.7	-6,532.8	-4,233.1		
Diferencia %	-8.3%	-16.0%	-15%	-17%	-12%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.4.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El trabajo de cálculo y estimación de las emisiones y absorciones del sector UTCUTS fue desarrollado con capacidades nacionales. Con el establecimiento del SSINGEI ha facilitado el abordaje de la estimación de los GEI para las diferentes categorías y el desarrollo de herramientas necesarias como lo son las hojas de trabajo. Sin embargo, el Equipo técnico de UTCUTS aún necesita fortalecer estas capacidades para futuros INGEI.

Es importante resaltar las mejoras significativas del INGEI actual en comparación con el al INGEI anterior, presentado en la *Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*. Para esta serie, se aplicaron mejoras recomendadas en el ejercicio de Aseguramiento de la Calidad del Sistema de Gestión de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero de Panamá, y se realizaron cambios en los factores de emisión tras una revisión exhaustiva de las tablas nacionales de factores de emisión.

Para el próximo ciclo de INGEI, se espera mejorar los siguientes aspectos de forma transversal para todas las categorías de uso y cambio de uso de la tierra:

Tabla 6. 20. Tierras forestales: Mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
UTCUTS				
4.G. Productos de madera recolectada	Estimación de la categoría de PMR. Aplicación de conocimientos adquiridos en el taller de capacitación.	En abordaje	Alta	Se realizó entrenamiento al equipo nacional para dejar capacidades instaladas y dejar las nociones principales para levantar la hoja de ruta de cómo estimar esta categoría a nivel nacional. Con miras a estimar esta categoría para el segundo IBT o 5taCN.
Representación de tierras	Definición de Bosques en Panamá	En abordaje	Media	Se realizan reuniones de coordinación con la DIFOR, así como la DIAM para lograr un acuerdo en cuanto la definición de rastros.
4. General (sector UTCUTS)	Realizar verificación de comparación de métodos de nivel 2 versus métodos de nivel 1.	No resuelto	Media	Para otros sectores, se ha realizado verificaciones específicas ejemplo Agricultura con emisiones reportadas por FAOSTAT.
4. General (sector UTCUTS)	Cambios de existencias de carbono en categorías de tierras	En abordaje	Baja	Avanzar en levantamiento de información de crecimiento de bosques con el INFC, dado que tierras forestales es una categoría principal.
4. General (sector UTCUTS)	Información de incertidumbre del muestreo para obtención de los datos de superficie terrestre.	En abordaje	Baja	El equipo reporta la incertidumbre combinada (DA*FE).
Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Evaluar pertinencia de avanzar en el país con elaboración de factores de combustión que representen adecuadamente al país.	No resuelto	Baja	Se hizo un primer intento por estimar el % de biomasa que se quema producto de los incendios de masa vegetal. Se requiere un abordaje más profundo.
4. General (sector UTCUTS)	Revisar el mapa de regiones climáticas de Panamá y re diseñar un nuevo mapa mejorado	No resuelto	Media	Se recibió recomendación interna de revisar el mapa de regiones climáticas homologado con las regiones climáticas del IPCC para su posterior rediseño.
4. General (sector UTCUTS)	Desagregación por tipos de suelo en el país. (Diseño de mapa de suelos)	No resuelto	Media	Resulta necesario re diseñar el mapa de suelos del país de modo que genere una menor incertidumbre para los análisis de cambio de uso de la tierra.
4. General (sector UTCUTS)	Cambios de existencias de carbono en categorías de tierras	En abordaje	Baja	Avanzar en levantamiento de información de crecimiento de bosques con el INFC, dado que tierras forestales es una categoría principal.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Por último, con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - Climate Promise y la Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI) se logró realizar un taller de capacitación a nivel nacional con el objetivo de crear capacidades en el equipo técnico institucional que participa dentro del SSINGEI para el Sector UTCUTS en el procedimiento de recolección de datos de actividad, uso de factores de emisión y estimación de las emisiones y absorciones de la categoría de "Productos de Madera Recolectada". Durante dicho taller se logró:

- Contextualizar a nivel panameño la Categoría de Productos de Madera Recolectadas mediante el intercambio de opiniones, experiencias, y diferentes saberes tanto de los participantes como del instructor.
- Desarrollar ejercicios para la estimación de las variables 1B y 2B.
- Desarrollar ejercicios para la estimación de las variables 1A y 2A
- Desarrollar ejercicios para la estimación de métodos del nivel 3.
- Utilizar la aplicación de Excel para tener un primer acercamiento a la estimación del aporte de PMR de Panamá utilizando la herramienta del IPCC de esta categoría.
- Dinámica grupal sobre las principales fuentes de información de los datos de actividad a nivel nacional.
- Desarrollo de Hoja de ruta Nacional para estimar esta categoría a nivel nacional.

Adicionalmente, se plantean mejoras específicas derivadas del ejercicio de hoja de ruta de dicho taller (Ver CAPÍTULO 10, sección 10.2.4).

6.4.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría

Tabla 6. 21

Tierras forestales: respaldo de los datos utilizados en el INGEI

Categoría	
UCTUTS	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_04UT
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_04UT 2024_FE_04UT
Hojas de trabajo	2024_HT_04UT
Incertidumbre	2024_INC_04UT
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_04UT

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.5. Tierras de cultivo (CRT 4.B)

6.5.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones producto de las *tierras de cultivo que permanecen como tales* y las *tierras convertidas en tierra de cultivo*. Incluyen terrenos arables y laborables, campos de arroz y sistemas agroforestales en los que la estructura de la vegetación está por debajo de los umbrales utilizados para la categoría *tierras forestales*, y no se espera que se los exceda en el futuro (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones provenientes de los cambios en la biomasa, MOM y suelos de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* (anual o perenne) y *tierras de cultivos que permanecen como tal* de cultivos perennes segregado por región climática en un esfuerzo nacional por incrementar la exhaustividad del

inventario nacional. Las emisiones de *tierras de cultivo que permanecen como tales* para cultivos anuales, no se estiman en este INGEI debido a que se aplica un nivel 1 en el que las tierras de cultivos están en balance ya que los que se pierde en un ciclo de cosecha se gana en la próxima.

Para el país, estas tierras son aquellas con cultivos agrícolas perennes o temporales que permanecen de manera continua durante varios años (tales como el cacao y el café), con o sin presencia de árboles. Incluye también tierra con árboles y arbustos para la producción de flores, frutas y aceites, y viveros (excepto los viveros forestales, los cuales deben ser clasificados bajo *bosque*). Los pastos están excluidos de la *tierra con cultivo* perenne.

Los cultivos perennes se pueden subdividir en café, cítrico, palma aceitera, palma de coco, y otro cultivo permanente. Los cultivos anuales se pueden subdividir en arroz, caña de azúcar, horticultura mixta, maíz, piña, y otro cultivo anual. Aunque para Panamá, el plátano y banano son considerados como cultivos perennes, para este inventario de GEI se han extraído de las estimaciones, en seguimiento a las directrices del IPCC.

6.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En inventarios previos solo se contabilizaban los GEI de la subcategoría *tierras convertidas en tierras de cultivo*. Para esta nueva serie, se contabilizaron por primera vez los *cultivos que permanecen como tal* (cultivos permanentes solamente). En 2021, el balance de *tierras de cultivo que permanecen como tal* (cultivos permanentes) registró un total de -168.2 kt CO₂ eq disminuyendo en un 25.6% las absorciones con respecto al año 2000, y disminuyendo en un 54.5% desde el año 2019. Por otro lado, el balance de las emisiones de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* contabilizó 1946.2 kt CO₂ eq, aumentando en un 28 % desde 2000 y en un 42.5% desde 2019 (Tabla 6. 22 y Figura 6. 11). La dinámica que se observa en la gráfica evidencia una tendencia al alza de las emisiones por conversión de tierras a tierras de cultivo. Estos resultados se deben al aumento poblacional y por ende el consumo nacional de productos del campo.

Durante el año 2020, año de la pandemia, se observa especialmente un aumento en las conversiones de tierras forestales a tierras de cultivo, esto puede deberse en parte al efecto inverso de la pandemia que potencio la producción del sector agropecuario. Esto se evidencia en las declaraciones del Ministerio de Desarrollo Agropecuario²⁵ en la que se publica que el sector agropecuario ha sido resiliente y ha logrado aumentar la productividad en arroz, cebolla, maíz, entre otros rubros.

Tabla 6. 22. Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)

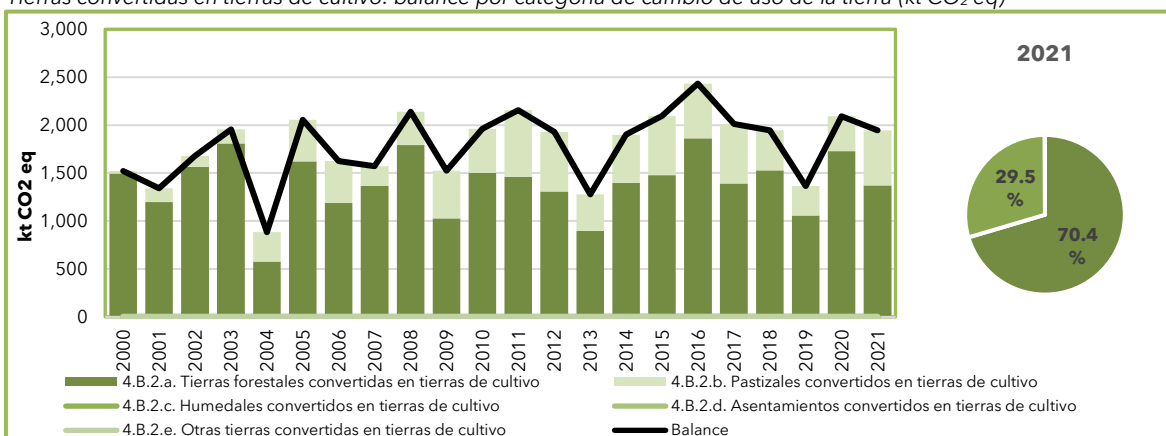
Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	1,495.8	1,500.5	895.7	1,390.0	1,057.7	1,728.6	1,370.7
4.B.2.b. Pastizales convertidos en tierras de cultivo	25.0	463.0	382.2	620.1	307.7	362.9	574.7
4.B.2.c. Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	0.9	0.9	0.9	0.9
4.B.2.d. Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.B.2.e. Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Balance	1,520.8	1,963.5	1,277.9	2,010.9	1,366.3	2,092.3	1,946.2

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

²⁵ <https://mida.gob.pa/el-agro-no-se-detiene-pese-a-pandemia-de-covid-19/>

Figura 6. 11.

Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión, se aplicó el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías, utilizando valores de biomasa y MOM desde el INFC. La Tabla 6. 23 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 6. 23.

Tierras de cultivo: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

Cód.	Fuente y Sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
4.B.	Tierras de cultivo	T1, T2, NE, NO	PE, D, NO	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D, IE, NO, NE	T1, T2, IE, NO, NE	PE, D, IE, NE, NO
4.B.2.a	Tierras de cultivo que permanecen como tal	T1, T2, NE, NO	D, PE	IE	IE	IE	IE
4.B.2.b	Tierras convertidas en tierras de cultivo	T1, T2, NO	D, PE, NO	T1, T2, NO, NE	D, PE, NE, NO	T1, T2, NO, NE	D, PE, NE, NO
4.B.2.b	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	T1, T2	D, PE	T1, T2	D, PE	T1, T2	D, PE
4.B.2.c	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	T1	D, PE	T1	D, PE	T1	D, PE
4.B.2.d	Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO, NE	NE, NO	NE	NE	NE	NE
4.B.2.e	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.C.	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; T2 = método de Nivel 2; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; PE = país específico; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.5.3.1. Cambios de las existencias de C en biomasa

A. Tierras de cultivo que permanecen como tales

En la categoría de *tierras de cultivo que permanecen como tales* se considera que la extracción de biomasa anual es equivalente al crecimiento de biomasa del mismo año, por lo tanto, el valor del cambio anual de biomasa se asume con un valor de cero. Sin embargo, para esta serie de inventario se contabilizan las emisiones de cultivos perennes que permanecen como tal, en un esfuerzo por aumentar la exhaustividad del inventario,

utilizando los valores por defecto de las *Directrices del IPCC del 2006* y su *Refinamiento de 2019*; aunado a que los datos de actividad geoespaciales permiten conocer el uso de la tierra año a año.

De acuerdo con las *Directrices del IPCC 2006*, el cambio en la biomasa se estima solamente para cultivos leñosos perennes. Para esta estimación se tomó el dato de superficie de cultivos permanentes que provienen del Mapatón, al cual se le sustrajo el valor de las hectáreas de cultivos musáceas (que provienen de estadísticas nacionales del Ministerio de Desarrollo Agropecuario, así como FAOSTAT), para obtener por descarte el tipo de cultivo leñosos cultivado en el país: palmas aceiteras, frutales (cítricos), café y cacao. Estos, a su vez tiene un ciclo nominal de madurez de 20 años. Esta sustracción se aplicó a los cultivos de la región climática tropical muy húmedo, ya que la mayoría de las musáceas en el país se cultivan en esta región.

Los cambios iniciales de las existencias de C en la biomasa, derivadas de *tierras de cultivo que permanecen como tal*, se calcularon empleando la Ecuación 2.7, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 2.3.1.1).

B. Tierras convertidas en tierras de cultivo

Los cambios iniciales de las existencias de C en la biomasa, derivadas de *tierras convertidas en tierras de cultivo*, se calcularon empleando la Ecuación 2.16, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.1). Para *cultivos anuales* se consideró que la biomasa inmediatamente después de la conversión tiene un valor de cero. Para *cultivos perennes* se usó el valor reportado por el INFC (67 t m.s. ha⁻¹).

Emisiones de gases no CO₂

El cambio de *tierras forestales y pastizales a tierras de cultivo* se da por medio del proceso de roza, tumba y quema, por lo tanto, se estimaron las emisiones de gases no CO₂ producto del fuego empleando la Ecuación 2.27, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.1).

6.5.3.2. Cambios de las existencias de C en materia orgánica muerta

A. Tierras de cultivo que permanecen como tales

Se considera que la MOM de las *tierras de cultivo que permanecen como tales* están en equilibrio, por lo tanto, se asume un valor de cero para este depósito de carbono.

B. Tierras convertidas en tierras de cultivo

El cambio anual en las existencias de carbono en la MOM para *tierras convertidas en tierras de cultivo* se estimó aplicando la ecuación 2.23, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*. Se usó el valor por defecto para Ton de 1 año (ver Sección 6.4.3.2).

6.5.3.3. Cambios de las existencias de C en suelos

A. Tierras de cultivo que permanecen como tales

El país no cuenta con información de factores de cambio desagregada de forma anual para las *tierras de cultivo que permanecen como tales*, por lo tanto, no se calculó el carbono del suelo para esta subcategoría.

B. Tierras convertidas en tierras de cultivo

El cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales de *tierras convertidas en tierras de cultivo* se estimó con la Ecuación 2.25, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.3). Los valores de referencia utilizados

para el carbono del suelo y los factores de cambio de las existencias son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* para los distintos tipos de *tierras de cultivo*.

6.5.3.4. Datos de actividad específicos de la categoría

Superficie de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra

La información de superficies se obtiene de las matrices de uso y cambios de uso de la tierra (ANEXO 5.2.2) Por medio del *Mapatón* no es posible conocer la desagregación de los tipos gestión y prácticas de laboreo. En el pasado, se hizo un esfuerzo por desagregar las prácticas de gestión y determinar la entrada de materia orgánica; sin embargo, desde la serie anterior (INGEI 2022) hasta la actual, se trabajó con base en supuesto nacionales, con miras a reducir la incertidumbre de las desagregaciones.

6.5.3.5. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los datos paramétricos y factores de emisión utilizados en la categoría provienen de diferentes fuentes, como lo son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, datos nacionales generados a partir de información recopilada por el INFC, dictamen de expertos dictados por expertos nacionales, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 5.2.5)

Los valores de existencias de madera muerta/hojarasca para tierras de cultivo anual y perenne fueron modificados debido a que, en la revisión exhaustiva de factores de emisión, se encontró que los valores estaban dados en biomasa, más no en carbono. Esta información proviene del INFC. Además, se recalca que Panamá usa una fracción de carbono de biomasa de 0.49 para tierras de cultivo que proviene del Cuadro 4.3 de las *Directrices del IPCC de 2006*. Este valor de contenido de carbono se asocia a biomasa de árboles ya que la biomasa que se encuentra en tierras de cultivo corresponde a información de árboles y proviene del INFC.

6.5.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

6.5.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre de los datos de actividad del sector UTCUTS proviene principalmente del error estándar de los datos geoespaciales. Mientras que las incertidumbres de los factores de emisión utilizados provienen de los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* y su refinamiento del 2019; incluyendo los valores provenientes del INFC. La incertidumbre de los datos de actividad ha sido incluida en el proceso de cálculo de la incertidumbre y son reportadas en conjunto como incertidumbres de los factores de emisión.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente y sumideros de GEI de las *tierras de cultivo* varían desde ± 55.5 a 134.4 % (Tabla 6. 24). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del N₂O de *tierras convertidas en tierras de cultivo*.

Tabla 6. 24. Tierras de cultivo: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	0.0	55.5%	55.5%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH ₄	0.0	71.3%	71.3%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	N ₂ O	0.0	134.4%	134.4%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es importante resaltar que, al recalcularse cada año de inventario, se modificaron algunos factores de emisión, pero se obtuvieron datos de actividad con la misma metodología. También se utilizaron datos estadísticos como volúmenes de maderas aprovechados, consumo de leña e incendios. Los datos estadísticos provienen de distintas fuentes como de MiAMBIENTE e INEC. Para todos los años de la serie temporal se utilizó la misma desagregación geoespacial de los datos de actividad para asegurar la coherencia temporal en la categoría de *tierras de cultivo*.

6.5.6. Actividades de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector UTCUTS, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 6.12. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

6.5.6.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

En cuanto a la garantía de calidad, se tomaron en consideración las observaciones detectadas en las series de inventario anterior. Ver sección 6.12.1.

6.5.6.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el control de la calidad de todas las categorías del inventario del sector UTCUTS, además de incluir las actividades de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006, se aplicaron de forma transversal las actividades descritas en la sección 6.12.2.

6.5.6.3. Actividades específicas de verificación

No se aplicaron actividades de verificación para esta categoría. No se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

6.5.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tierras de cultivo* debido a que se desarrollaron mejoras metodológicas como parte del Plan de mejoramiento, así como la revisión exhaustiva de la tabla de factores de emisión Tabla 6. 25.

Tabla 6. 25 Tierras de cultivo: recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
UTCUTS			
4.B. Tierras cultivo	Se determinó por primera vez los cambios anuales en las existencias de carbono de la biomasa de cultivos permanentes, utilizando valores por defecto del IPCC 2006. Como medida para iniciar esta estimación y futuro abordaje y mejoramiento.	Exhaustividad	Aspecto metodológico
4.B. Tierras cultivo	Revisar y evaluar información de FE que se usa desde el INFC para representar a las tierras de cultivo.	Exactitud	FE
4.B. Tierras cultivo	Entregar todos los antecedentes metodológicos para comprensión de los FE y contenidos de carbono utilizados en tierras de cultivo.	Transparencia	FE

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Estas mejoras metodológicas se tradujeron en cambios significativos en la estimación de emisiones/absorciones que implican absorciones netas de relevancia para este sector. Se compararon los valores del INGEI anterior desde los años 2000 al 2019 (Tabla 6. 26). En la categoría *tierras de cultivos* existe una diferencia tendiente al aumento de emisiones de GEI desde 2000 hasta 2017; Sin embargo, en 2019 la diferencia es 443.76 kt CO₂ eq con respecto al INGEI anteriores, representando un aumento en la emisión de esta categoría de un 80 % en el INGEI actual.

Tabla 6. 26.

Tierras de cultivo: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI	1,334.36	1,064.05	374.49	454.07	552.75		
INGEI actual	1,294.74	1,665.40	991.10	1,661.83	996.51	1,919.70	1,778.04
Diferencia	-39.62	601.36	616.61	1,207.76	443.76		
Diferencia %	-3%	57%	165%	266%	80%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.5.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El plan de mejoramiento para la categoría se encuentra en el marco de las acciones transversales descritas en la Sección 6.4.8. y adicional los datos de la Tabla 6. 27.

Tabla 6. 27.

Mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
UTCUTS				
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	Mejorar la desagregación de la información de los tipos de cultivos permanentes en el país.	No resuelto	Media	Panamá no estimaba las emisiones de cultivos perennes que permanecen como tal. Sin embargo, en este inventario se estimaron con valores por defecto del IPCC 2006. Sería conveniente, que el equipo intentará identificar las superficies de cultivos perennes; así como investigar en reportes, artículos e investigaciones la información de biomasa promedio para cada tipo de cultivo.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.6. Pastizales (CRT 4.C)

6.6.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO₂ y no CO₂ de *pastizales que permanecen como tales* y las emisiones y absorciones de las *tierras convertidas en pastizales*, así como las quemaduras de pastizales (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones provenientes de los cambios en la biomasa, MOM y suelos minerales de *tierras convertidas en pastizales*. Para el país los pastos son tierras utilizadas para producir forraje herbáceo, ya sea que este crezca de manera natural o que sea cultivado. Es importante señalar que, de acuerdo con la clasificación del país, los rastrojos se encuentran dentro de *tierras forestales* y no en *pastizales*, por lo que en este sector se registran emisiones netas en lugar de absorciones. También se estiman las emisiones a partir del quemado de biomasa de *pastizales que permanecen como tales*, el país asume que dentro de esta subcategoría se incluyen las emisiones del sector Agricultura de la subcategoría *quemaduras prescritas de sabanas*, debido a que no existe una definición clara de «savana» en el contexto nacional, por lo que no se podrían desagregar.

6.6.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, el balance contabilizó 5,471.4 kt CO₂ eq, aumentando en un 36.2 % desde 2000 y en un 193.5 % desde 2019 (Tabla 6. 28. y Figura 6. 12), debido en gran parte a la conversión de tierras forestales a pastizales, en su mayoría de rastrojos y seguido por bosques secundarios. En general, el comportamiento de las emisiones en la serie temporal presenta algunos picos y valles; destacando un aumento considerable después del año 2019.

Tabla 6. 28.

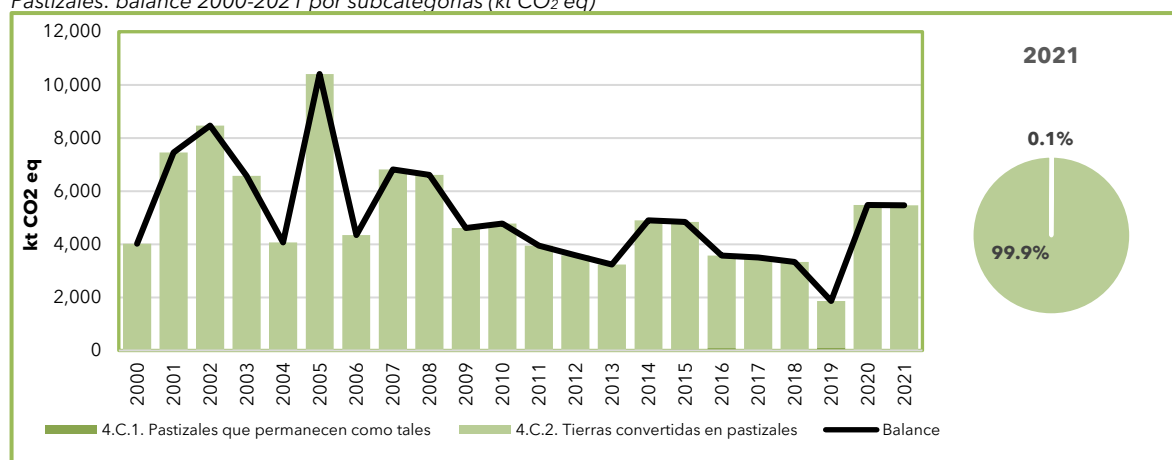
Pastizales: balance por subcategorías (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.5	4.1	4.2	18.3	118.3	7.0	5.8
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	4,013.2	4,776.8	3,236.9	3,486.5	1,745.7	5,465.9	5,465.6
Balance	4,017.7	4,780.9	3,241.1	3,504.7	1,864.0	5,472.9	5,471.4

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 12.

Pastizales: balance 2000-2021 por subcategorías (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El desglose de las emisiones para *tierras convertidas en pastizales* se observa en la Tabla 6. 29 y Figura 6. 13., donde básicamente a lo largo del periodo analizado, las tierras forestales contribuyeron mayormente al crecimiento de los pastizales en el país.

Tabla 6. 29.

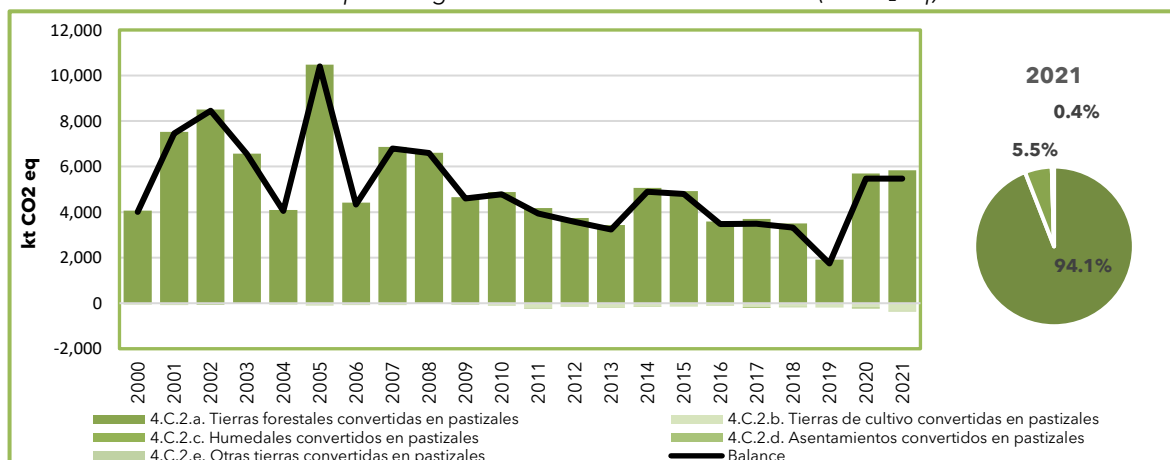
Pastizales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas en pastizales	4,059.6	4,875.4	3,437.4	3,695.6	1,915.6	5,695.6	5,833.0
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas en pastizales	-42.0	-96.0	-196.6	-168.0	-161.5	-174.0	-339.6
4.C.2.c. Humedales convertidos en pastizales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.C.2.d. Asentamientos convertidos en pastizales	-4.4	-2.7	-4.0	-41.2	-8.4	-55.7	-27.9
4.C.2.e. Otras tierras convertidas en pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Balance	4,013.2	4,776.8	3,236.9	3,486.5	1,745.7	5,465.9	5,465.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 13.

Pastizales: balance 2000-2021 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.6.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez consultado el árbol de decisiones, se aplicó el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías, utilizando valores de biomasa y MOM desde el INFC. La Tabla 6. 30 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEL.

Tabla 6. 30.

Tierras de Pastizales: Métodos aplicados por subcategoría en el INGEI de Panamá, serie 2000-2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEL	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método Aplicado	Factor de emisión
4.C.	Pastizales	T1, T2, NO, IE, NE	PE, D, NO, NE	T1, T2, NE, NA, NO	PE, D, NE, NA, NO	T1, T2, NO, NA, NE	PE, D, NE, NA, NO
4.C.1	Pastizales que permanecen como tal	IE, NE	D	T1, T2	D, PE	T1, T2	D, PE
4.C.2	Tierras convertidas a pastizales	T1, T2, NE, NO	D, PE, NE, NO	T1, T2, NE, NO, NA	D, PE, NA, NO, NE	T1, T2, NE, NO, NA	D, PE, NA, NE, NO
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	T1, T2	D, PE	T1, T2	D, PE	T1, T2	D, PE
4.C.2. b.	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	T1	D, PE	NE	NE	NE	NE
4.C.2. c.	Humedales convertidos en pastizales	NE	NE	NA	NA	NA	NA
4.C.2. d.	Asentamientos convertidos en pastizales	T1, NE	D	NA	NA	NA	NA
4.C.2. e.	Otras tierras convertidas en pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; T2 = método de Nivel 2; D = valor por defecto; PE = país específico; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.6.3.1. Cambios de las existencias de C en biomasa

A. Pastizales que permanecen como tales

Para el cambio anual de la biomasa en *pastizales que permanecen como tales* se asume un valor de cero.

Tierras convertidas en pastizales

Los cambios iniciales de las existencias de C en la biomasa, derivadas de *tierras convertidas en pastizales*, se calcularon empleando la Ecuación 2.16, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.1).

Emisiones de gases no CO₂

Las emisiones no CO₂ derivadas de incendios en *pastizales* se estimaron las emisiones de gases no CO₂ producto del fuego empleando la Ecuación 2.27, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.1).

6.6.3.2. Cambios de las existencias de C en materia orgánica muerta

A. Pastizales que permanecen como tales

Se considera que la MOM de los *pastizales que permanecen como tales* están en equilibrio, por lo tanto, se asume un valor de cero para este depósito de carbono.

B. Tierras convertidas en pastizales

El cambio anual en las existencias de carbono en la MOM para *tierras convertidas en tierras de cultivo* se estimó aplicando la Ecuación 2.23, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*. Se usó el valor por defecto para T_{on} de 1 año (ver Sección 6.4.3.2).

6.6.3.3. Cambios de las existencias de C en suelos

A. Pastizales que permanecen como tales

Para los *pastizales que permanecen como tales* se considera que el carbono del suelo no presenta cambios. En los pastizales en los que no hay cambios ni en el tipo ni en la intensidad de la gestión, la biomasa estará en un régimen más o menos constante (esto es, la acumulación de carbono debida al crecimiento vegetal se equilibra con las pérdidas debidas al pastoreo, la descomposición, y el fuego).

B. Tierras convertidas en pastizales

El cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales de *tierras convertidas en pastizales* se estimó con la Ecuación 2.25, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.3). Los valores de referencia utilizados para el carbono del suelo y los factores de cambio de las existencias son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* para los distintos tipos de *pastizales*.

6.6.3.4. Datos de actividad específicos de la categoría

Superficie de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra

La información de superficies se obtiene de las matrices de UTCUTS (ANEXO 5.2.2). También se cuenta con información sobre la superficie (en hectáreas) de pastizales quemados (Tabla 6. 31.). No se cuenta con información de pastos desagregados (ej. Pastos mejorados, degradados o moderadamente degradados) En el pasado, se hizo un esfuerzo por desagregar los tipos de pastos, y determinar la entrada de materia orgánica; sin embargo, desde la serie anterior (INGEI 2022) hasta la actual, se trabajó con base en supuesto nacionales, con miras a reducir la incertidumbre de las desagregaciones.

Tabla 6. 31.

Superficie anual quemada (ha) de Pastizales

Año	Pastizales (ha)
2000	1,720.3
2001	2,131.0
2002	1,852.0
2003	4,761.9
2004	6,256.3
2005	2,898.9
2006	4,560.9
2007	6,178.3
2008	2,477.0
2009	2,844.0

Año	Pastizales (ha)
2010	1,571
2011	1,601.2
2012	1,211.7
2013	1,611.7
2014	2,915.4
2015	17,099.2
2016	36,901.3
2017	6,993.4
2018	5,854.3
2019	45,321
2020	2,690
2021	2,230

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.6.3.5. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los datos paramétricos y factores de emisión utilizados en la categoría provienen de diversas fuentes, incluyendo valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, datos nacionales generados a partir de información recopilada por el INFC, dictamen de expertos nacionales, y bibliografía de diversas fuentes (ANEXO 5.2.5). Para esta serie, se utilizó un dato de biomasa herbácea de pastos proveniente del suplemento pecuario de 1992. En la Tabla 6. 32. se pueden observar los datos utilizados.

Tabla 6. 32.

Biomasa herbácea de pastizales (Kg. m.s/ha/año)

Tipo de Pasto	Kg. m.s/ha/año
<i>Brachiaria humidicola</i>	13000
<i>Brachiaria humidicola</i>	15000
<i>Brachicaria decumbens</i>	17000
<i>Brachicaria decumbens</i>	24000
<i>Brachiaria brizantha</i>	11000
<i>Brachiaria brizantha</i>	16000
Promedio	16000

Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de actualización a especialistas IDIAP-MIDA suplemento pecuario (1992), Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.6.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

6.6.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre de los datos de actividad del sector UTCUTS proviene principalmente del error de estándar de los datos de actividad geoespaciales. Mientras que las incertidumbres de los factores de emisión utilizados provienen de los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. La incertidumbre de los datos de actividad ha sido incluida en el proceso de cálculo de la incertidumbre y son reportadas en conjunto como incertidumbres de los factores de emisión.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente y sumideros de GEI de los pastizales varían desde ± 17.9 a 42.9% (Tabla 6. 33). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del CH₄ de *tierras convertidas en pastizales*.

Tabla 6. 33. Pastizales: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CH ₄	IE	17.9%	17.9%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	N ₂ O	IE	18.4%	18.4%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CO ₂	IE	37.0%	37.0%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CH ₄	IE	42.9%	42.9%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	N ₂ O	IE	38.4%	38.4%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024
Nota: IE= Incluido en otra parte

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es importante resaltar que, al recalcularse cada año de inventario, se modificaron algunos factores de emisión, pero se obtuvieron datos de actividad con la misma metodología. Los datos estadísticos provienen del IDIAP-MIDA y el INEC. Para todos los años de la serie temporal se utilizó la misma desagregación geoespacial de los datos de actividad para asegurar la coherencia temporal en la categoría de *pastizales*.

6.6.6. Actividades de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector UTCUTS, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 6.12.

6.6.6.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

En cuanto a la garantía de calidad, se tomaron en consideración las observaciones detectadas en las series de inventario anterior. Ver sección 6.12.1.

6.6.6.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el control de la calidad de todas las categorías del inventario del sector UTCUTS, además de incluir las actividades de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006, se aplicaron de forma transversal las actividades descritas en la sección 6.12.2.

6.6.6.3. Actividades específicas de verificación

No se aplicaron actividades de verificación para esta categoría. Sin embargo, se tiene contemplado que el próximo ciclo de INGEI se realizarán las actividades de verificación pertinente.

6.6.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tierras de pastizales* debido a que se desarrollaron mejoras metodológicas como parte del Plan de mejoramiento, así como la revisión exhaustiva de la tabla de factores de emisión (Tabla 6. 34.).

Tabla 6. 34. Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
UTCUTS			
4.C. Pastizales	Se logró conseguir un dato para pastos proveniente del Programa de actualización a especialistas IDIAP-MIDA suplemento pecuario 1992. Esto supone que ahora sí contabilizamos cambios que ocurren en pastos, dado que el dato anterior correspondía a biomasa leñosa ubicada en categorías de uso de la tierra "Pasto" proveniente del INFC.	Exhaustividad	Factores de emisión

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los valores del INGEI comparados para los años 2000 al 2019 se reflejan en la Tabla 6.35. Al realizar estas mejoras a la serie de inventario, se observó un decrecimiento en el registro de las emisiones de GEI con respecto a la serie anterior. Estos valores no se refieren a una disminución de emisiones, sino una mejora en la calidad de las estimaciones. En 2019, la diferencia es de unos -1,390.06 kt CO₂ eq con respecto al INGEI anterior, representando una disminución de 42.7%.

Tabla 6.35.

Pastizales: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anteriores	5,506.24	6,692.34	5,259.60	5,803.65	3,254.05		
INGEI actual	4,017.70	4,780.86	3,241.10	3,504.71	1,863.98	5,472.93	5,471.37
Diferencia	-1,488.53	-1,911.47	-2,018.50	-2,298.94	-1,390.06		
Diferencia %	-27.0%	-28.6%	-38.4%	-39.6%	-42.7%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.6.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El plan de mejoramiento para la categoría se encuentra en el marco de las acciones transversales descritas en la Sección 6.4.8.

6.7. Humedales (CRT 4.D)

6.7.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de los *humedales* gestionados como bonales liberados y drenados para la producción de turba de uso energético, hortícola o de otro carácter; y tierras inundadas (reservorios o embalses para producción de energía, irrigación, navegación o recreación) (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, la subcategoría de *bonales drenados y liberados para producción de turba* no se estima, ya que no se cuentan con registros de extracción de turba en el país. En inventarios previos, este supuesto se interpretaba como *no ocurren* en el país, debido a falta de evidencia de la existencia de esta actividad. En cambio, la subcategoría de *tierras inundadas* sí ocurre en el país, principalmente debido a proyectos hidroeléctricos; y también incluyen los estanques de acuicultura. Para esta serie temporal, no se logró desagregar la información de los tipos de tierras inundadas en naturales y artificiales. Debido a falta de información desagregada y capacidades reforzadas no se pudo determinar las emisiones de CH₄ según el *Refinamiento del año 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, sección 7.3.1.2.

6.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

Para esta serie temporal se logran observar cambios de categorías de *tierras convertidas en humedales* (Tabla 6.36). En 2021, el balance contabilizó 311.1 kt CO₂ eq, aumentando en un 12,9% desde 2000, y en un 280% desde 2017, para 2019 esta categoría no ocurre en el país, es decir, en las matrices de cambio de uso de la tierra no se refleja esta transición de uso de la tierra.

Tabla 6.36.

Humedales: balance por subcategorías (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.D.1. Humedales que permanecen como tales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	276.0	59.5	0.9	81.9	NO	69.2	311.1
Balance	276.0	59.5	0.9	81.9	NO	69.2	311.1

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

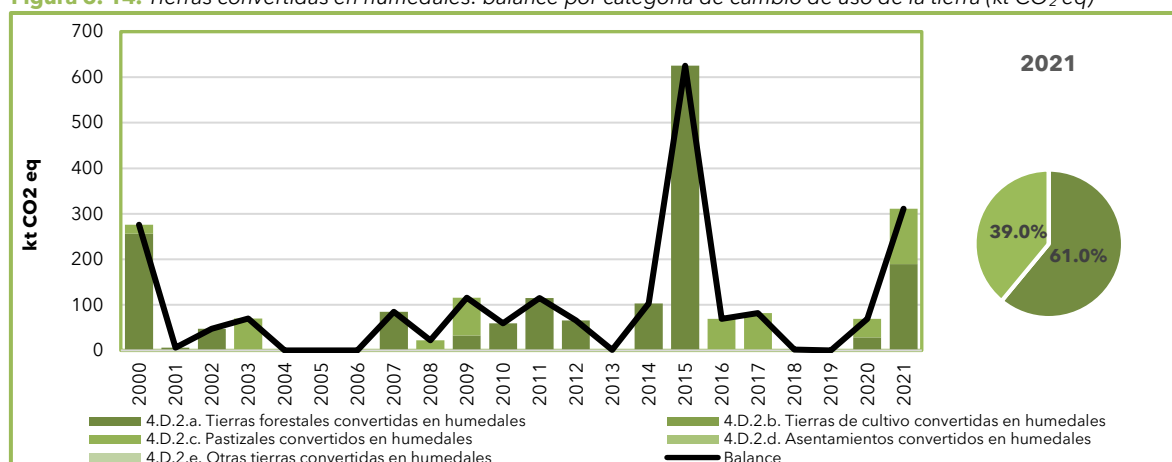
El desglose de las emisiones para *tierras convertidas en humedales* se observa en la Tabla 6. 37 y Figura 6. 14 donde básicamente, a lo largo del periodo analizado, solo se registran cambios en las diferentes categorías para años puntuales. Pero, cabe mencionar, en el año 2019 no se registró cambios en ninguna categoría de *tierras convertidas en humedales*.

Tabla 6. 37. *Tierras convertidas en humedales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.D.2.a. Tierras forestales convertidas en humedales	256.1	59.5	NO	NO	NO	28.7	189.8
4.D.2.b. Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NO	0.9	NO	NO	NO	NO
4.D.2.c. Pastizales convertidos en humedales	19.9	NO	NO	81.9	NO	40.5	121.3
4.D.2.d. Asentamientos convertidos en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.e. Otras tierras convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Balance	276.0	59.5	0.9	81.9	NO	69.2	311.1

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 14. *Tierras convertidas en humedales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.7.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez consultado el árbol de decisiones, se aplicó el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías, utilizando valores de biomasa y MOM desde el INFC. La Tabla 6. 38 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 6. 38. *Humedales: Métodos aplicados por subcategoría en el INGEI de Panamá, serie 2000-2021*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
4.D.	Humedales	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA	NA	NA	NA
4.D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NE	NE
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	T1	D, PE	NA	NA	NA	NA
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	T1, T2	D, PE	NA	NA	NE	NA
4.D.2. b.	Tierras de cultivo convertidas en humedales	T1	D, PE	NA	NA	NA	NA
4.D.2. c.	Pastizales convertidos en humedales	T1	D	NA	NA	NA	NA
4.D.2. d.	Asentamientos convertidos en humedales	T1	D	NA	NA	NA	NA
4.D.2. e.	Otras tierras convertidas en humedales	T1	D	NA	NA	NA	NA

Nota: NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.7.3.1. Cambios de las existencias de C en biomasa

A. Tierras convertidas en humedales

Los cambios iniciales de las existencias de C en la biomasa, derivadas de *tierras convertidas en humedales*, se calcularon empleando la Ecuación 2.16, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.1).

6.7.3.2. Datos de actividad específicos de la categoría

Superficie de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra

La información de superficies se obtiene de las matrices de UTCUTS (ANEXO 5.2.2). Con respecto a *tierras forestales y pastizales* que pasaron a *humedales*. Estas conversiones nos son muy comunes en la serie temporal, pero se dan en zonas en donde se inundan las tierras para convertirlas a embalses, ya sea hidroeléctricos o de uso agropecuario.

6.7.3.3. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los datos paramétricos y factores de emisión utilizados en la categoría provienen de diferentes fuentes, como lo son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, datos nacionales generados a partir de información recopilada por el INFC, dictamen de expertos nacionales e información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 5.2.5).

6.7.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

6.7.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre de los datos de actividad del sector UTCUTS proviene principalmente del error estándar de los datos de actividad geoespaciales. Mientras que las incertidumbres de los factores de emisión utilizados provienen de los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. La incertidumbre de los datos de actividad ha sido incluida en el proceso de cálculo de la incertidumbre y son reportadas en conjunto como incertidumbres de los factores de emisión.

Para los años 2020 y 2021 se registraron cambios de tierras a *humedales*; a diferencia del 2019 donde esta categoría no contribuyó con su varianza. Se reporta una incertidumbre combinada de $\pm 44.5\%$ (Tabla 6. 39).

Tabla 6. 39.

Humedales: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ($\pm\%$)	Incertidumbre de los factores de emisión ($\pm\%$)	Incertidumbre combinada ($\pm\%$)
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	CO ₂	IE	44.5%	44.5%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024
Nota: IE= Incluido en otra parte

Con respecto la consistencia de la serie temporal es importante resaltar que, al recalcularse cada año de inventario, se modificaron algunos factores de emisión, pero se obtuvieron datos con la misma metodología. Para todos los años de la serie temporal se utilizó la misma desagregación geoespacial de los datos de actividad para asegurar la coherencia temporal en la categoría de *humedales*.

6.7.6. Actividades de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector UTCUTS, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 6.12.

6.7.6.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

En cuanto a la garantía de calidad, se tomaron en consideración las observaciones detectadas en las series de inventario anterior. Ver sección 6.12.1.

6.7.6.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el control de la calidad de todas las categorías del inventario del sector UTCUTS, además de incluir las actividades de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006, se aplicaron de forma transversal las actividades descritas en la sección 6.12.2.

6.7.6.3. Actividades específicas de verificación

No se aplicaron actividades de verificación para esta categoría. Sin embargo, se tiene contemplado que el próximo ciclo de INGEI se realizarán las actividades de verificación pertinente.

6.7.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tierras de humedales* debido a que se desarrollaron mejoras metodológicas como parte del Plan de mejoramiento, así como la revisión exhaustiva de la tabla de factores de emisión. (ver Sección del CAPÍTULO 10: Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS).

Estas mejoras metodológicas se tradujeron en cambios significativos en la estimación de emisiones/absorciones que implican absorciones netas de relevancia para este sector. Se compararon los valores del INGEI anterior desde los años 2000 al 2019 (Tabla 6. 40.). En la categoría *humedales* existe una diferencia variable entre emisiones/absorciones de GEI desde 2000 hasta 2017. En 2019 no se registraron cambios de tierras a *humedales* en ningún INGEI. En 2017 la diferencia es 51.63 kt CO₂ eq con respecto al INGEI anterior representando un aumento en la emisión de esta categoría de un 171% en el INGEI actual.

Tabla 6. 40.
Humedales: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI	163.72	80.94	1.51	30.28	NO		
INGEI actual	275.98	59.52	0.92	81.91	NO	69.21	311.11
Diferencia	112.27	-21.43	-0.59	51.63	NO		
Diferencia %	69%	-26%	-39%	171%	NO		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.7.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El plan de mejoramiento para la categoría se encuentra en el marco de las acciones transversales descritas en la Sección 6.4.8.

6.8. Asentamientos (CRT 4.E)

6.8.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO₂ producto de la conversión de *tierras a asentamientos* (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones provenientes de los cambios de biomasa, MOM, y suelos minerales de *tierras convertidas en asentamientos*.

6.8.2. Tendencia de los GEI de la categoría

Como se mencionó anteriormente, en *asentamientos* solo se contabilizaron los GEI de la subcategoría *tierras convertidas en asentamientos*. En 2021, el balance de las *tierras convertidas en asentamientos* contabilizó 867.0 kt CO₂ eq, aumentando en 1212.5% desde 2000 y en un 556.8% desde 2019 (Tabla 6. 41 y Figura 6. 15). Los resultados año a año, muestran un comportamiento en crecimiento de emisiones desde el año 2002, registrando dos máximos en este en el año 2011 con 1,130.0 kt CO₂ eq, y en 2014 kt CO₂ eq con un balance de 1,056.7 kt CO₂ eq. Después de este estos picos, se nota una variación entre aumento y disminución de emisiones hasta llegar al año 2021, donde se registra 867.0 kt CO₂ eq. Estas emisiones provienen en mayor parte de las conversiones de *tierras forestales en asentamientos*, principalmente a la pérdida de *bosques secundario y rastrojo*.

Tabla 6. 41.

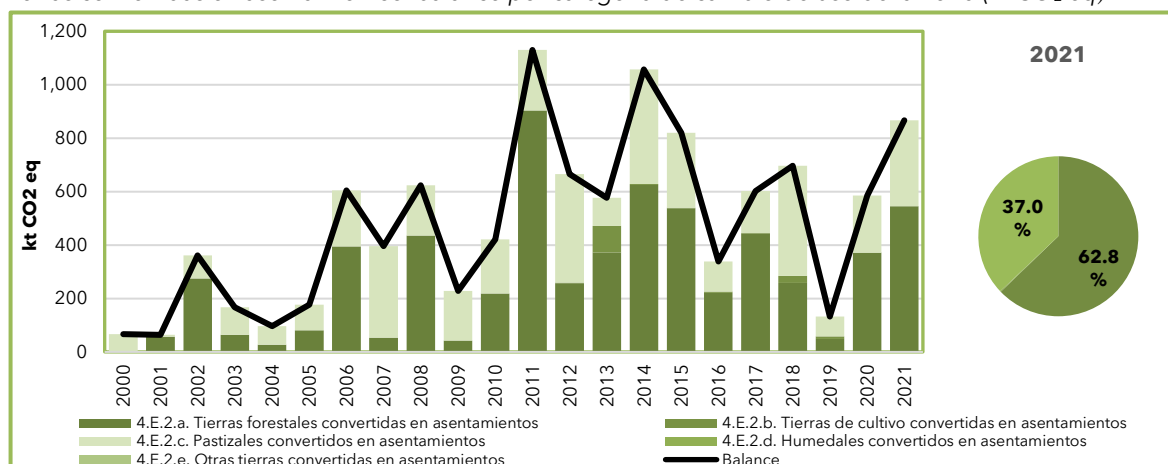
Tierras convertidas en asentamientos: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas en asentamientos	2.4	218.3	372.1	442.2	48.1	370.6	544.4
4.E.2.b. Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	NO	NO	99.6	2.7	10.5	0.5	1.4
4.E.2.c. Pastizales convertidos en asentamientos	63.6	203.3	105.3	157.3	73.4	214.5	321.2
4.E.2.d. Humedales convertidos en asentamientos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.E.2.e. Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Balance	66.1	421.5	577.0	602.2	132.0	585.6	867.0

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 6. 15.

Tierras convertidas en asentamientos: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En la gráfica de la Figura 6. 15. se puede observar una baja en las emisiones netas para el año 2019, esto se presume que se debe a la pandemia del Covid-19, puesto que el año 2019 corresponde al cambio de superficies que hubo en el 2020 con relación al 2019 (matriz de cambio de uso de la tierra).

6.8.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

En general, se aplicó el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías, utilizando valores de biomasa y MOM desde

el INFC. La Tabla 6. 42 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 6. 42. Asentamientos: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
4.E.	Asentamientos	T1, T2, NE, NO	D, PE, NO, NE	NA	NA	NA	NA
4.E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NA	NA	NA	NA
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	T1, T2, NE, NO	D, PE, NE, NO	NA	NA	NA	NA
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	T1, T2	D, PE	NA	NA	NA	NA
4.E.2. b.	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	T1	D	NA	NA	NA	NA
4.E.2. c.	Pastizales convertidos en asentamientos	T1	D	NA	NA	NA	NA
4.E.2. d.	Humedales convertidos en asentamientos	NE	NE	NA	NA	NA	NA
4.E.2. e.	Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NO	NA	NA	NA	NA

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; PE = país específico; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.8.3.1. Cambios de las existencias de C en biomasa

Los cambios iniciales de las existencias de C en la biomasa, derivadas de *tierras convertidas en asentamientos*, se calcularon empleando la Ecuación 2.16, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.1).

6.8.3.2. Cambios de las existencias de C en materia orgánica muerta

El cambio anual en las existencias de carbono en la MOM para *tierras convertidas en tierras de cultivo* se estimó aplicando la Ecuación 2.23, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*. Se usó el valor por defecto para T_{on} de 1 año (ver Sección 6.4.3.2).

6.8.3.3. Cambios de las existencias de C en suelos

El cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales de *tierras convertidas en asentamientos* se estimó con la Ecuación 2.25, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006* (ver Sección 6.4.3.3). Los valores de referencia utilizados para el carbono del suelo y los factores de cambio de las existencias son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* para los distintos tipos de uso de la tierra.

6.8.3.4. Datos de actividad específicos de la categoría

Superficie de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra

La información de superficies se obtiene de las matrices de UTCUTS (ANEXO 5.2.2).

6.8.3.5. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los datos paramétricos y factores de emisión utilizados en la categoría provienen de diferentes fuentes, como lo son valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, datos nacionales generados a partir de información recopilada por el INFC, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 5.2.5)

6.8.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

6.8.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre de los datos de actividad del sector UTCUTS proviene principalmente del error estándar de los datos de actividad geoespaciales. Mientras que las incertidumbres de los factores de emisión utilizados provienen de los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. La incertidumbre de los datos de actividad ha sido incluida en el proceso de cálculo de la incertidumbre y son reportadas en conjunto como incertidumbres de los factores de emisión.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente y sumideros de GEI de los *asentamientos* rondan los $\pm 142.4\%$.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es importante resaltar que al recalcular todos los INGEI presentados por Panamá se utilizaron los mismos factores de emisiones y los mismos datos de actividad. Para todos los años de la serie temporal se utilizó la misma desagregación geoespacial de los datos de actividad para asegurar la coherencia temporal en la categoría.

6.8.6. Actividades de GCCV de la categoría

Para el control de la calidad de todas las categorías del inventario del sector UTCUTS, además de incluir las actividades de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006*, se aplicaron de forma transversal las actividades descritas en la sección 6.12.2.

6.8.6.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

En cuanto a la garantía de calidad, se tomaron en consideración las observaciones detectadas en las series de inventario anterior. Ver sección 6.12.1.

6.8.6.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el control de la calidad de todas las categorías del inventario del sector UTCUTS, además de incluir las actividades de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006*, se aplicaron de forma transversal las actividades descritas en la sección 6.12.2.

6.8.6.3. Actividades específicas de verificación

No se aplicaron actividades de verificación para esta categoría. Sin embargo, se tiene contemplado que el próximo ciclo de INGEI se realizarán las actividades de verificación pertinente.

6.8.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tierras de humedales* debido a que se desarrollaron mejoras metodológicas como parte del Plan de mejoramiento, así como la revisión exhaustiva de la tabla de factores de emisión. (ver Sección del CAPÍTULO 10: Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS).

Los valores del INGEI actual se compararon con años de la serie anterior (2000-2019 (Tabla 6. 43). A pesar de que se observa un aumento de emisiones entre INGEI anteriores y actual, no se trata de un aumento de las emisiones; más bien, se ha mejorado la calidad del inventario actual con respecto a la serie anterior para la categoría de *asentamientos*.

En 2019 la diferencia es de 105.09 kt CO₂ eq con respecto los INGEI anteriores, representando un aumento en la emisión de 390 % en el INGEI actual.

Tabla 6. 43. Asentamientos: comparación entre INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anteriores	28.71	323.78	575.07	511.21	26.92		
INGEI actual	66.06	421.52	577.03	602.16	132.01	585.64	866.99
Diferencia	37.35	97.74	1.96	90.95	105.09		
Diferencia %	130%	30%	0%	18%	390%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.8.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El plan de mejoramiento para la categoría se encuentra en el marco de las acciones transversales descritas en la Sección 6.4.8.

6.9. Otras tierras (CRT 4.F)

6.9.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones/absorciones de los cambios producidos en la conversión de «tierras a otras tierras» (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, *otras tierras* incluyen zonas de suelo desnudo, roca, además de todas las zonas de tierras que no pertenecen a las otras cinco categorías de uso de la tierra. Sin embargo, estas emisiones/absorciones no ocurren dentro de los años evaluados en el presente INGEI.

6.9.2. Tendencia de los GEI de la categoría

Como se mencionó anteriormente, en *otras tierras* solo se contabilizaron los GEI de la subcategoría *tierras convertidas en otras tierras*.

Dentro del análisis de uso de la tierra y cambios de uso de la tierra, solamente se presentaron cambios de uso de «tierras a otras tierras» puntualmente desde el año 2016 en adelante, a excepción del año 2017.

En 2021, el balance de las *tierras convertidas en otras tierras* contabilizó solo 14,3kt CO₂ eq (Tabla 6. 44.). Estas emisiones provienen en mayor parte de las conversiones de *tierras forestales en otras tierras*; entendiéndose este cambio como la pérdida de cobertura de manglar en los bordes costeros. La categoría *pastizales* también contribuye de forma importante en estas emisiones.

Tabla 6. 44. Tierras convertidas en otras tierras: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO₂ eq)

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas en otras tierras	NO	NO	NO	NO	1.1	239.6	4.5
4.F.2.b. Tierras de cultivo convertidas en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.F.2.c. Pastizales convertidos en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	21.1	9.8
4.F.2.d. Humedales convertidos en otras tierras	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.F.2.e. Asentamientos convertidos en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Balance	NO	NO	NO	NO	1.1	260.7	14.3

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.10. Productos de madera recolectada (CRT 4.G)

Los *productos de madera recolectada* no se estimaron en este INGEI debido a falta de información de datos de actividad y de capacidades para realizar estos cálculos. Sin embargo, con apoyo del PNUD - Climate Promise y la RedINGEI se logró realizar la capacitación del equipo nacional en cómo desarrollar las estimaciones de esta categoría del sector. Como parte del plan de mejoramiento aún continúa la necesidad de planificar una estrategia para abordar la inserción de esta categoría en las estimaciones de los próximos ciclos, con miras a identificar las barreras que se deben superar.

6.11. Otros (Emisiones- de N₂O por Acuicultura) (CRT 4.H)

6.11.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones directas de N₂O que provienen de actividades de cultivo y crías de peces y camarones en zonas costeras donde existen manglares, marismas o pastos marinos. (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, *Emisiones- de N₂O por Acuicultura* incluyen todas las actividades de cría y producción de peces y camarones. La mayor parte de las camaronerías (incluyendo cría de peces) en el país se encuentran ubicadas en zonas costeras zonas, donde antes había manglar, o que aún cuentan con presencia de manglares en sus alrededores.

6.11.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2021, el balance de las *Emisiones de N₂O por Acuicultura* contabilizó solo 1.9kt CO₂ eq, aumentando en 0.94% desde 2000 y disminuyendo en 0.30% desde 2019. Los resultados año a año, muestran un pico de emisiones en el año 2013 con 5.7kt CO₂ eq que va en decrecimiento hacia el 2021. Estas emisiones provienen en mayor parte del crecimiento poblacional y la demanda por alimentos.

6.11.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión, se aplicó el método de Nivel 1 del *Suplemento de Humedales de 2013* para todas las subcategorías, utilizando los valores de producción de peces y camarones. La Tabla 6. 45. presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 6. 45.

Emisiones- de N₂O por Acuicultura: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
4.H.	Emisiones N ₂ O de Acuicultura	NA	NA	NA	NA	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; PE = país específico; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.11.3.1. Emisiones directas de N₂O por acuicultura

Según indica el capítulo 4 del Suplemento de humedales del IPCC, la actividad que contribuye más significativamente a las emisiones directas de N₂O de humedales costeros gestionados es la acuicultura. El N₂O es emitido como un subproducto de la conversión del amoníaco (contenido en la urea de los peces) a nitrato a través de la nitrificación, y a su vez de nitrato al gas N₂ a través de la desnitrificación. Estas emisiones se estiman utilizando la ecuación 4.10 del suplemento de humedales, donde es necesario conocer el dato de producción de peces.

Ecuación 6.20 *Emisiones directas de N₂O procedentes del uso en acuicultura*

$$N_2O - N_{AQ} = F_F + EF_F$$

Fuente: Ecuación 4.10, Capítulo 4, Suplemento de Humedales del 2013, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- N₂O- N_(AQ) = emisiones directas anuales de N₂O-N procedentes del uso de la acuicultura; kg N₂O-N año⁻¹
- F_F = producción anual de pescado; kg pescado año⁻¹
- EF_F = factor de emisión para las emisiones de N₂O procedentes del pescado producido; kg N₂O-N (kg de pescado producido)⁻¹

6.11.3.2. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad de esta categoría provienen de las estadísticas de Instituto Nacional de Estadística y Censo que incluyen la producción anual de peces y camarones (Ver Tabla 6. 46).

Tabla 6. 46

Emisiones de N₂O por acuicultura: Datos de producción de peces (Kg)

AÑO	Peces (Kg)	Camarones (Kg)	Total Kg
2000	882,139	1,347,287	2,229,426
2001	732,484	2,756,866	3,489,351
2002	582,830	4,166,446	4,749,276
2003	433,176	5,576,025	6,009,201
2004	283,522	6,985,604	7,269,126
2005	133,867	8,395,183	8,529,051
2006	478,740	9,319,077	9,797,817
2007	571,498	8,537,708	9,109,206
2008	289,669	7,789,688	8,079,357
2009	345,166	6,864,080	7,209,245
2010	280,755	6,106,326	6,387,081
2011	554,179	6,952,502	7,506,682
2012	1,073,590	7,688,837	8,762,427
2013	4,500,808	8,325,957	12,826,765
2014	4,291,352	8,485,986	12,777,337
2015	4,081,895	8,646,014	12,727,909
2016	2,876,918	9,011,374	11,888,291
2017	1,671,940	9,376,733	11,048,673
2018	898,868	7,090,642	7,989,510
2019	1,323,907	4,835,120	6,159,027
2020	1,748,946	2,579,598	4,328,544
2021	1,748,946	2,579,598	4,328,544

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

6.11.3.3. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los datos paramétricos y factores de emisión utilizados en la categoría provienen de valores por defecto del Cuadro 4.15 del Capítulo 4 del Suplemento de Humedales de 2013 a las *Directrices del IPCC de 2006* (ANEXO 5.2.5).

6.11.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la presente categoría, no se ha implementado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

6.11.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre combinada de la categoría de fuente y sumideros de GEI de las *emisiones de N₂O por acuicultura* rondan los $\pm 124.9\%$, provienen de los valores por defecto del cuadro 4.15 del capítulo 4 del Suplemento de Humedales del IPCC de 2013. Las incertidumbres combinadas de la categoría *emisiones de N₂O por acuicultura* está dominada por la incertidumbre del factor de emisión por defecto aplicado.

6.12. Actividades específicas de Garantía y Control de la Calidad del sector

Durante el desarrollo del inventario del sector UTCUTS incluyendo todas sus subcategorías, se aplicaron las recomendaciones, actividades y procedimientos generales descritos en las *Directrices del IPCC de 2006*. Adicionalmente, se aplicaron:

6.12.1. Actividades específicas de Garantía de la Calidad del sector

Las principales actividades de garantía de calidad se llevaron a cabo a través de la revisión técnica impartida por parte del equipo consultor del *GHG Support Unit* de la CMNUCC, mediante los talleres de "Aseguramiento de la calidad de los sistemas de gestión de inventarios de GEI y los inventarios de GEI de países en desarrollo"

Como resultado de estos talleres, se formularon recomendaciones priorizadas para la mejora inmediata, a mediano plazo y a largo plazo del inventario de GEI. Las recomendaciones se adaptaron a las circunstancias específicas del país y abordaron tanto aspectos técnicos como metodológicos.

Todas las recomendaciones fueron compiladas en el sistema de archivo del SSINGEI, y una parte de ellas se tomaron en cuenta en el desarrollo del presente inventario, mientras que otras fueron incorporadas al plan de mejoras correspondiente. Algunas recomendaciones fueron abordadas para la serie de INGEI entregada en la Cuarta Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. Sin embargo, existen varias recomendaciones importantes que fueran abordadas en esta serie de inventario entregada en el primer IBT.

Así también, en septiembre de 2023, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) - *Climate Promise*. Se contó con la asesoría de una experta en el sector, quien a su vez apoyo al equipo en el abordaje de supuestos y recomendaciones de mejora señalados en el ejercicio de aseguramiento de la calidad del SSINGEI.

Además, de agosto a diciembre de 2023, se realizó una revisión exhaustiva de los factores de emisión mediante dos sesiones de trabajo en las que se discutieron los valores apropiados, y se ajustaron, en pro del inventario. Con el fin de verificar que las emisiones/absorciones se estimen correctamente; y las hipótesis y criterios para la selección de los factores de emisión.

Asimismo, se realizaron consultas a expertos. Con el apoyo del Servicio Forestal de los Estados Unidos y Silvacarbon, se logró obtener el apoyo, en modo de asistencia técnica, en la cual, por parte del equipo se aclararon dudas respecto a las metodologías y supuestos adoptados en previos inventarios, y cómo se podían mejorar estas estimaciones para esta nueva serie de inventario.

Las recomendaciones que fueron abordadas en esta serie de inventario se encuentran en el CAPÍTULO 10 sobre Recálculos y mejoras implementadas del sector UTCUTS.

6.12.2. Actividades específicas de Control de la Calidad del sector

Las actividades de control de calidad del sector UTCUTS se basaron en los procedimientos generales de CC descritos en el *Cuadro 6.1. del Capítulo 6 del Volumen 1 de las Directrices del IPCC de 2006*. Los procedimientos aplicables se realizaron en todas las subcategorías, garantizando un enfoque sistemático para evaluar la calidad de los datos y resultados.

Para la implementación de los procedimientos de CC, se empleó una lista de verificación detallada que se encuentra en el sistema de archivo del SSINGEI. Esto aseguró que todas las revisiones se realizaran de manera uniforme y completa.

Adicionalmente, como parte de los ejercicios de control de calidad se aplican las siguientes actividades:

Gestión de los datos de actividad

Para los datos de actividad generados a través del proceso de *Mapatón 2021 y 2023*, se realizaron diferentes actividades de verificación de los datos y control de calidad. En ambos ejercicios se aplicaron los mismos criterios de fotointerpretación; sin embargo, difirieron en el número de foto intérpretes y en el proceso de control de calidad.

Durante el desarrollo del *Mapatón 2021*, se asignan dos o tres oficiales (super usuarios) encargados de revisar parcelas fotointerpretadas aleatoriamente para identificar errores por asignaciones incorrectas de transiciones ilógicas de uso de la tierra. Para el *Mapatón 2023*, solo se contó con el apoyo de dos revisores, cada uno trabajando en tiempos diferidos durante el ejercicio de fotointerpretación.

Se registraron combinaciones de cambio de uso de la tierra que se consideran "ilógicas" porque no pueden ocurrir en un período de un año. Por lo tanto, como parte del control de calidad un equipo de tres técnicos en interpretación del equipo de la Dirección de Cambio Climático y uno de la FAO revisitaron y reclasificaron en total 1,500 parcelas de muestreo equivalente a 37, 500 puntos de muestreo (25 puntos por cada parcela de muestreo). Este proceso se llevó a cabo en junio y julio de 2021.

Con este control de calidad, se excluyeron y corrigieron totas las transiciones "ilógicas" de la base de datos, quedando únicamente las transiciones que cumplen con los criterios de interpretación previamente establecidos. Como resultado, se validaron 60 posibles transiciones de uso de la tierra que pueden ocurrir en periodos anuales en la serie temporal 2000-2019.

Para el *Mapatón 2023*, el cual abarca los años 2020 al 2022, se revisaron y corrigieron en la plataforma de Collect Earth Online un total de 588 puntos que registraron alguna transición no permitida "ilógica".

Con la finalidad de contar con un indicador de la calidad de la fotointerpretación del *Mapatón*, se realizaron giras de verificación de puntos foto interpretados en campo para ambos mapatones, en la cual se pudo determinar los errores por comisión y por omisión. Las giras de campo se realizaron entre los meses de junio y octubre del año 2023, los puntos verificados en campo se compararon con los mismos puntos fotointerpretados en el *Mapatón* para el año 2022 (diciembre de 2022). Al finalizar las giras de campo se compilan todos los puntos verificados en campo y se cruzan en una "matriz de confusión" con los mismos puntos foto interpretados en el *Mapatón* (Tabla 6. 47). La matriz de confusión está aceptada como un mecanismo para evaluar la calidad temática de productos vectoriales o derivados de imágenes, ya que ofrece una visión completa de la distribución de los acuerdos y errores entre clases. El índice Kappa de este análisis fue de: 49,5%, considerado como una fuerza de la concordancia moderada según la escala de (Landis & Koch, 1977).

Tabla 6. 47

Matriz de confusión del muestreo estadístico y verificación en campo de puntos foto interpretados en el Mapatón 2023.

Mapatón 2023, año 2022	Observado en campo año 2023												Gran Total	Exactitud del usuario	Error de comisión
Clases de Uso	A	C	F	G	I	L	M	O	P	R	S	W			
A	25			3	1	1				4	4		38	0.66	0.34
C		2									1		3	0.67	0.33
F			4								3		7	0.57	0.43
G	10			40	3	1		1	1	15	6	1	78	0.64	0.36
I	1			1	22					1	2		27	0.89	0.11
L	1			2		8				3	1		15	0.73	0.27
M			1				1				1		3	0.67	0.33
O		1		1				2			1		5	0.8	0.2
P	2				1	1			7	2	4	1	18	0.61	0.39
R	2			8	1	2			1	18	4		36	0.89	0.11
S	1		5	3		2	1	1		21	55	3	92	0.97	0.03
W								1				5	6	1	0
Gran Total	42	3	10	58	28	15	2	5	9	64	82	10	328		
Exactitud del productor	0.6	0.67	0.4	0.74	0.93	0.67	0.5	0.6	0.89	0.67	1	1			
Error de omisión	0.41	0.33	0.6	0.3	0.07	0.33	0.5	0.4	0.11	0.33	0	0			
Índice de Kappa	0.495														

Fuente: Elaboración propia Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Nota: A=cultivo anual, C= coníferas, F=bosques maduros, G=pastos, I=infraestructura, L=latifoliadas, M=manglar, O=otras tierras, P=cultivo permanente, R=rastrojo, S=bosque secundario, W=humedal.

Adicionalmente, se realizó el análisis comparativo de los datos del *Mapatón 2023* versus los datos del Mapa de cobertura boscosa y uso de la tierra de Panamá 2021. En este caso se comparó la fotointerpretación de puntos del año 2020 (Tabla 6. 48). En el cual se pudo verificar la diferencia entre ambos datos para constatar la calidad de los datos foto interpretados. De estos análisis se generaron dos indicadores: El porcentaje de acuerdo y el coeficiente Kappa. Estos indicadores se generan con la información completa de las giras de campo y del Mapa de cobertura boscosa. A raíz de este ejercicio se generó otra matriz de confusión.

Tabla 6. 48 Matriz de confusión del mapa de cobertura boscosa 2021 versus el Mapatón 2023 para el año observado 2020.

Mapatón 2023, año 2020	Mapa 2021, año 2020												Gran total	Exactitud del usuario	Error de comisión	
Clases de Uso	A	C	F	G	I	L	M	O	P	R	S	W				
A	182		1	86	2	3			9	7	20	2	254	0.717	0.283	
C		6											14	0.429	0.571	
F			2667	8			8			10	146	5	3406	0.783	0.217	
G	50	1	27	1829	39	14	6	5	7	188	281	12	2462	0.781	0.219	
I	2		1	55	129	1		1		7	15	5	191	0.89	0.11	
L	1	2	4	7	1	36			2	2	12	1	78	0.692	0.308	
M			9	1		2	197				2	16	11	242	0.872	0.128
O				6	1			3			3	1	13	0.692	0.308	
P	1		1		1	2			31	2	8		67	0.731	0.269	
R	10	1	37	271	6	6	2		7	263	381	8	673	0.715	0.285	
S	7	4	646	187	11	14	24	1	10	188	1259	11	2154	0.994	0.006	
W	1		13	12	1		5	3	1	4	13	190	246	1	0	
Gran total	254	14	3406	2462	191	78	242	13	67	673	2154	246	9800			
Exactitud del productor	0,72	0,43	0,78	0,78	0,89	0,69	0,87	0,69	0,73	0,71	0,99	1,00				
Error de omisión	0,28	0,57	0,22	0,22	0,11	0,31	0,13	0,31	0,27	0,29	0,01	0,00				
Índice de Kappa	0.603															

Fuente: Elaboración propia Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Nota: A=cultivo anual, C= coníferas, F=bosques maduros, G=pastos, I=infraestructura, L=latifoliadas, M=manglar, O=otras tierras, P=cultivo permanente, R=rastrojo, S=bosque secundario, W=humedal.

El índice Kappa de este análisis fue de 60.3%. Se puede observar que la concordancia es mayor cuando se comparan los datos del Mapatón con los datos del mapa de cobertura boscosa. Este resultado se debe a que con el mapa fue posible comparar una mayor cantidad de puntos fotointerpretados (9800 puntos del Mapatón seleccionados al azar), en cambio con las giras de campo únicamente se pudieron verificar 328 puntos en total.

Gestión de los factores de emisión

En esta serie de inventario se utilizó el mismo conjunto de datos del INFC ya que no se tiene información de remediciones. Las actividades de remediación estuvieron paralizadas principalmente por la pandemia. Los datos del INFC se emplean mayoritariamente para generar valores usados como “factores de emisión” como lo son: biomásas de tierras forestales, cultivos, pastizales (leñosas) entre otros.

Como se citó en el inventario anterior, se implementó un protocolo para el control de calidad de los datos derivados del INFC utilizados en las estimaciones de GEI del INGEI. El objetivo del protocolo es reducir errores debido a la digitación incorrecta de datos, la omisión de datos, anotaciones incorrectas y detectar errores sobre detalles metodológicos como, por ejemplo, medir un árbol en una parcela que no corresponde debido a que no cumple con las condiciones de diámetro a la altura del pecho (DAP), entre otros. Este protocolo de control de calidad está detallado en el documento *Protocolo de limpieza de datos (control de calidad de datos)*. Los resultados del control de calidad se documentan en libro de cálculo «Control de calidad INFC».

Para esta serie de inventario se realizaron dos (2) sesiones de revisión de los factores de emisión utilizados en INGEI previos. Sumado a dos (2) rondas de revisión de las hojas de trabajo, donde se encuentran los cálculos para el sector.

Esta revisión exhaustiva de los factores de emisión implicó la aplicación de cambios requeridos en contenido de carbono de MOM; crecimiento medio anual de biomasa en bosques secundarios, plantaciones y rastrojos; Carbono orgánico del suelo de manglares; la fracción de biomasa perdida durante la perturbación (f_d) de las perturbaciones por incendio; valores de Carbono orgánico del suelo de referencia (SOC_{ref}) ajustados al refinamiento; y un nuevo dato para biomasa herbácea de pastos.

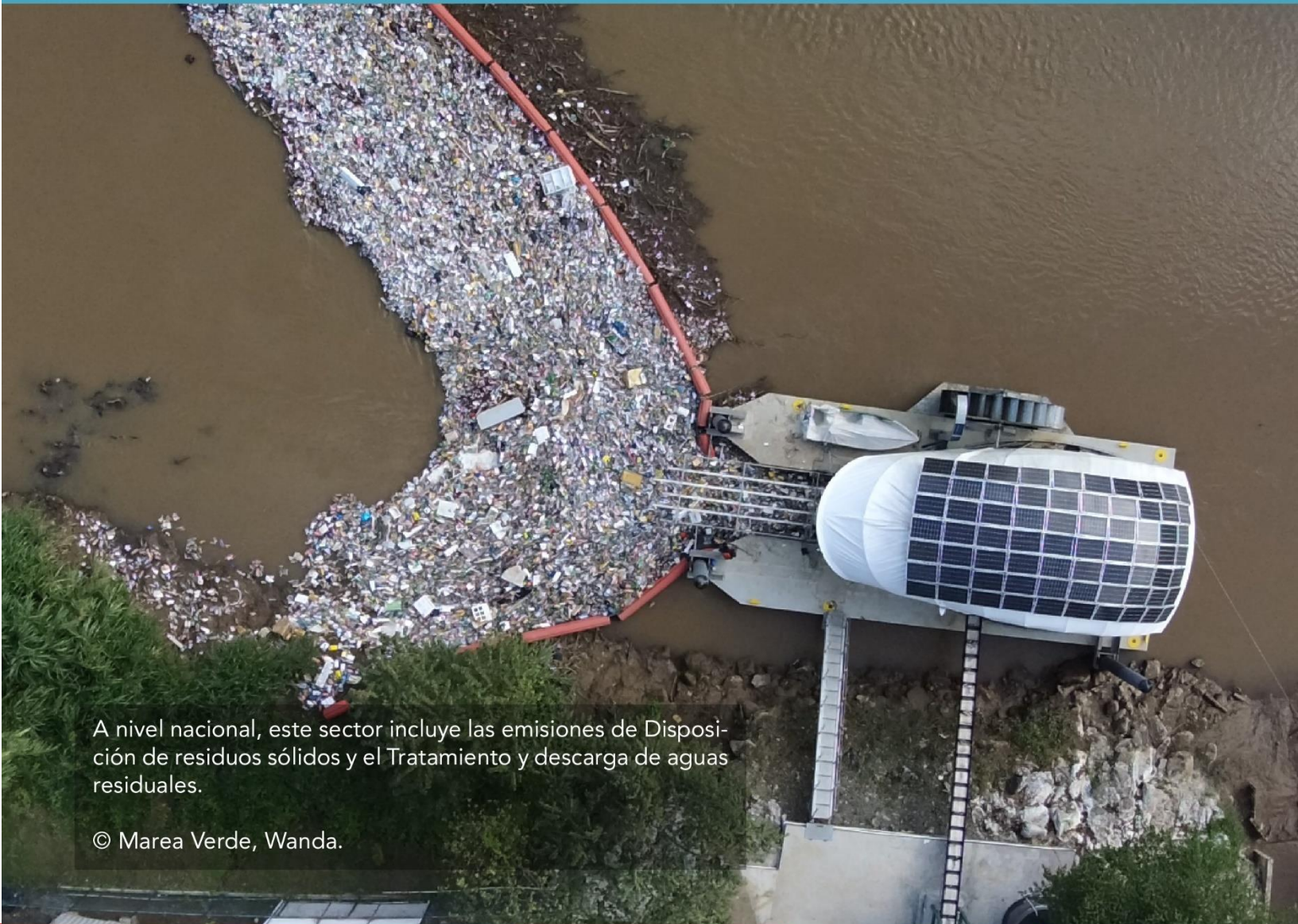
Proceso de cálculo

Se realizaron tres (3) rondas de revisiones detalladas de los cálculos de las hojas de trabajo. (Estas son adicionales a las previamente realizadas por la CMNUCC) con el fin de verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia; así como verificar que las unidades de emisiones/absorciones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada. De esta manera, se comprobó la coherencia de los datos entre las categorías; y que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.

Igualmente, con el fin de verificar errores de transcripción, vinculación de archivos en Excel, aplicación correcta de los supuestos, se realizó el ejercicio de cálculo por parte de dos miembros del equipo cotejando cada resultado y verificando que sea el mismo.

7

SECTOR RESIDUOS

An aerial photograph showing a large pile of trash, including plastic bottles and other debris, along the bank of a river. A solar-powered boat with a large solar panel array on its roof is positioned near the trash pile. The river water is brown and murky. The boat is connected to a concrete structure on the bank by a metal ramp.

A nivel nacional, este sector incluye las emisiones de Disposición de residuos sólidos y el Tratamiento y descarga de aguas residuales.

© Marea Verde, Wanda.

CAPÍTULO 7. SECTOR RESIDUOS (CRT 5)

En este capítulo se incluye todo aspecto metodológico considerado para la estimación de las emisiones de GEI del sector Residuos, que consiste en presentar la descripción y tendencia de las emisiones, aspectos metodológicos generales y específicos, actividades de garantía y control de calidad, flexibilidades aplicadas, incertidumbre de las estimaciones, constancia de la serie temporal, justificación de nuevos cálculos y un plan de mejoramiento para cada una de las categorías que componen este sector.

7.1. Panorama general del sector

7.1.1. Descripción del sector

El sector Residuos aborda las emisiones de GEI generadas por la disposición y tratamiento de residuos, esto incluye el CH₄ en la disposición de los residuos sólidos; el CH₄ y N₂O del tratamiento biológico de los residuos sólidos; el CO₂, CH₄ y N₂O por la incineración e incineración abierta de residuos; y el CH₄ y N₂O por el tratamiento y eliminación de aguas residuales. El GEI más importante producido en este sector es el CH₄ procedente de los sitios de disposición de residuos sólidos (SDRS) (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, este sector incluye las emisiones de *disposición de residuos sólidos, la incineración e incineración abierta de residuos y el tratamiento y eliminación de aguas residuales*. La categoría *tratamiento biológico de los residuos* no fue estimada por falta de datos estadísticos sobre esta práctica de gestión. A pesar de que esta práctica se lleva a cabo en el país, no se dispone de la data necesaria para realizar la estimación correspondiente. Estas actividades suelen ser desarrolladas de manera puntual por organizaciones de la sociedad civil y empresas privadas, sin que exista un registro histórico de sus actividades. No obstante, se contempla la implementación de acciones para la recopilación información sobre esta categoría, como parte del plan de mejora del sector. Estas limitaciones reflejan las dificultades del país en la disponibilidad de datos estadísticos y en el levantamiento de la información histórica en generación de residuos requerida para calcular las emisiones asociadas con este sector.

En el país, los residuos sólidos se recolectan mayormente a través de servicios públicos o privados de recolección, con un 75.86% de la población cubierta según el censo de población y vivienda más reciente (INEC, 2023). Estos residuos se disponen en sitios de disposición final municipales, identificándose 63 de estos sitios según análisis recientes (INECO, 2017). A pesar de avances en la recolección, aún persisten prácticas informales como la quema a cielo abierto y la disposición en terrenos baldíos. No hay una cifra precisa de la cantidad de sitios de disposición informal que existen, y aunque la incidencia de disposición informal ha disminuido a lo largo de las décadas, es notable la carencia de una gestión integral en el sector.

En cuanto al tratamiento de aguas residuales urbanas, se observa un aumento en el volumen de demanda de agua a lo largo de los años, lo que se traduce directamente en un aumento en la generación de aguas residuales. A pesar de ello, la situación en Panamá ha experimentado mejoras, especialmente en lo que respecta a los volúmenes tratados. La construcción y puesta en funcionamiento de las grandes depuradoras de Juan Díaz (fase I) y Chitré han permitido atender las necesidades de más de medio millón de personas, un avance significativo en este ámbito.

Aunque no existen estudios específicos sobre los diferentes tipos de tratamiento utilizados en toda la población, se estima que más del 10% de la población rural carece de acceso a servicios de saneamiento adecuados, y aproximadamente el 31% utiliza letrinas, lo que resulta en el vertido de aguas contaminadas sin tratamiento alguno a los cauces o al suelo (MiAMBIENTE, 2019). En los últimos años, se han llevado a cabo importantes esfuerzos para reducir el uso de letrinas a nivel nacional. Estos esfuerzos han dado resultados, reflejados en la disminución del 73.21% en la utilización de este sistema entre los años 2000 y 2023 en la población urbana, y del 29.87% en la población rural (INEC, 2023).

7.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI incluidas en el inventario del sector Residuos de 2021, por tipo de GEI (Tabla 7.1), fueron 43.68 kt CH₄, 22.16 kt CO₂ y 0.26 kt N₂O. Es importante destacar que, en este nuevo inventario se calcularon las emisiones de CO₂ y CH₄ provenientes de la quema a cielo abierto de residuos. Adicionalmente, se realizó una clasificación de flujos de disposición de residuos para estimar las emisiones de las subcategorías de *sitio de disposición de residuos no gestionado* y *sitio de disposición de residuos no categorizado* por separado. Más información y detalle sobre las emisiones de GEI se encuentra en las secciones específicas de cada categoría.

En cuanto a los gases precursores no fueron estimados por falta de tiempo para aplicar la metodología específica sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 7.1

Sector Residuos: emisiones por GEI, categorías y subcategorías (kt) para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
5.	Residuos	22.2	43.7	0.26					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NA	39.0						NE	NE	NE	
5.A.1.	Sitios de disposición de residuos gestionados	NA	IE						NE	NE	NE	
5.A.2.	Sitios de disposición de residuos no gestionados	NA	34.1						NE	NE	NE	
5.A.3.	Sitios de disposición de residuos no categorizados	NA	4.9						NE	NE	NE	
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE					NE	NE	NE	
5.B.1.	Compostaje		NE	NE					NE	NE	NE	
5.B.2.	Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás		NE	NE					NE	NE	NE	
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	22.2	1.7	NE					NE	NE	NE	NE
5.C.1.	Incineración de residuos	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
5.C.2.	Incineración abierta de residuos	22.2	1.7	NE					NE	NE	NE	NE
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		2.9	0.3					NE	NE	NE	
5.D.1.	Aguas residuales domésticas		2.9	0.3					NE	NE	NE	
5.D.2.	Aguas residuales industriales		NE	NE					NE	NE	NE	
5.D.3.	Otros (especificar)		IE	IE					NE	NE	NE	
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO

Nota: IE = incluido en otra parte; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El sector Residuos representó un 2.7 % del balance nacional en 2021 (6.4 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,312.6 kt CO₂ eq, incrementándose en un 160.6 % desde 2000 y en un 16.0% desde 2019 (Tabla 7.2). La tendencia observada (Figura 7.1.) indica un aumento en las emisiones, atribuible en gran medida al crecimiento sostenido de la población en las últimas décadas, el cual está comprobado que es un factor que incide en el constante aumento de la generación de residuos sólidos municipales en diferentes regiones de Latinoamérica y el Caribe (ONU, 2018). Es importante destacar que la categoría de *disposición de residuos sólidos* ha contribuido significativamente a las emisiones a lo largo de los años. El aumento en las tasas de generación también se ve influenciado por diversos factores adicionales como el crecimiento urbano, la expansión económica y la relación entre el ingreso per cápita y la generación de residuos. Estos factores han sido claramente evidentes en el país en los últimos años, especialmente en la capital.

Es importante considerar que a partir del 2016 se inició la operación de una planta de generación eléctrica a partir de la recuperación de CH₄ en el Relleno Sanitario de Cerro Patacón (RSCP). Sin embargo, para este informe los datos sobre la recuperación de metano no pudieron ser obtenidos. En lugar de datos actualizados, se utilizó como valor de referencia el último dato disponible hasta 2019. En 2019, esta tecnología logro recuperar 6.77 kt CH₄, lo que equivale a 189.67 kt CO₂ eq atribuidas a la disposición de residuos sólidos.

Con respecto a las categorías estimadas del sector, en 2021 un 83.3 % corresponde a *disposición de residuos sólidos*, 11.4% a *tratamiento y descarga de aguas residuales* y un 5.3% a la *incineración y quema a abierta de residuos* (Tabla 7.2 y Figura 7. 1). Esto muestra la relevancia significativa que tiene la actividad de *disposición de residuos sólidos* a nivel nacional.

Se destaca una tendencia de crecimiento exponencial en las emisiones a lo largo de los años. Según investigaciones realizadas por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los datos históricos sobre la generación per cápita promedio en América Latina muestran una tendencia creciente. La evaluación realizada corrobora que la generación de residuos sólidos municipales en la región aumenta en paralelo al crecimiento económico y a la tasa de urbanización (Montero et al., 2023). Panamá no es una excepción a esta tendencia y se encuentra entre los países de la región centroamericana con niveles intermedios de urbanización, con tasas que alcanzan el 60%, superiores a la media mundial y comparables con los índices de crecimiento observados en Sudáfrica o Marruecos (Augustin et al., 2018).

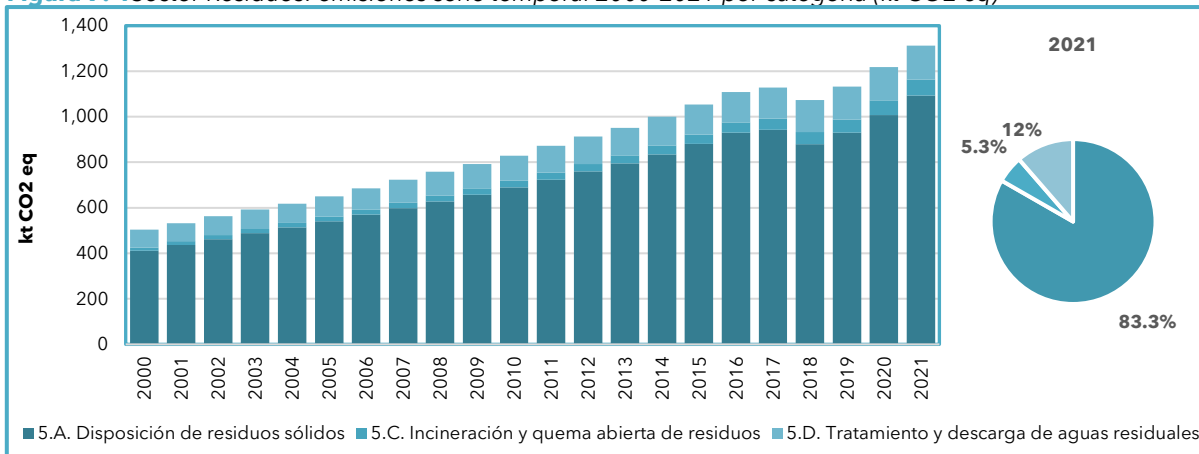
Tabla 7.2

Sector Residuos: emisiones totales por categoría (kt CO₂ eq)

Categorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
5.A. Disposición de residuos sólidos	410.640	689.9	794.7	942.4	929.9	1,007.7	1,093.2
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	15.173	29.0	35.3	49.1	58.4	63.7	70.0
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	77.943	109.4	121.6	136.3	143.5	146.3	149.4
TOTAL	503.756	828.3	951.6	1,127.8	1,131.8	1,217.7	1,312.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 7. 1 Sector Residuos: emisiones serie temporal 2000-2021 por categoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

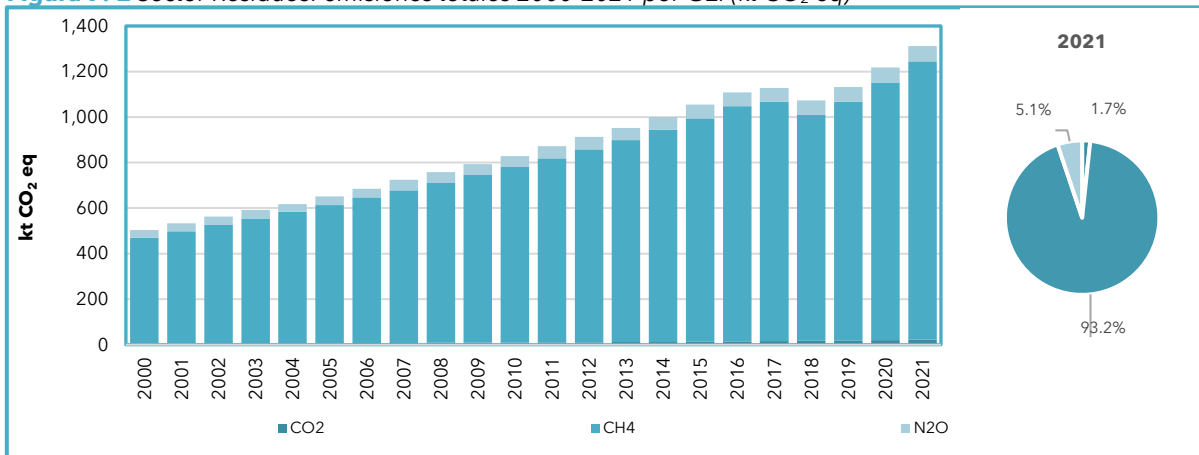
Las emisiones del sector Residuos por tipo de GEI, en el 2021, estuvieron representadas por un 93.2 % de CH₄, un 5.1% de CO₂ y un 1.7 % de N₂O (Tabla 7.3 y Figura 7. 2). No se calcularon las emisiones de CH₄ y de N₂O asociadas con el *tratamiento biológico de residuos* debido a la falta de datos de actividad, al igual que las emisiones de N₂O provenientes de la *incineración y quema abierta de residuos*. Respecto a la *incineración controlada*, no se pudieron obtener los datos de actividad en el plazo requerido para su inclusión en los cálculos. Por otro lado, las emisiones de N₂O de la *quema abierta de residuos* se calcula únicamente para los residuos agrícolas y no se reportan bajo el sector residuos. Los gases precursores NO_x, CO y SO₂ (que se generan en procesos de *incineración de residuos*, así como de lodos que son producto del *tratamiento y eliminación de aguas residuales*), y los COVDM (que se generan en la *disposición de residuos sólidos*) no se contabilizaron por falta de recursos para la aplicación la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 7.3 Sector Residuos: emisiones totales por GEI (kt CO₂ eq)

GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	4.8	9.2	11.2	15.5	18.5	20.2	22.2
CH ₄	464.6	771.7	886.8	1,051.4	1,048.6	1,131.6	1,222.9
N ₂ O	34.3	47.4	53.6	60.9	64.7	66.0	67.6
Total	503.8	828.3	951.6	1,127.8	1,131.8	1,217.7	1,312.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 7. 2 Sector Residuos: emisiones totales 2000-2021 por GEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En este informe, con la implementación del plan de mejoras, se logró finalmente incluir las emisiones provenientes de la *incineración y quema abierta de residuos*, un aspecto que no había sido posible incluir en reportes anteriores. La práctica de la *quema abierta de residuos* es común tanto en los Sitios de Disposición de Residuos Sólidos (SDRS), como en las viviendas. En los SDRS, se emplea como método para reducir el volumen de residuos, especialmente en los municipios rurales donde el terreno designado para la disposición de residuos esta usualmente limitado. Por otro lado, debido a la falta de servicio de recolección domiciliaria en algunos corregimientos, el 19.89% de la población recurre a la incineración abierta de residuos en sus hogares (INEC, 2023). Los resultados de las emisiones para cada categoría subrayan la importancia de incluir esta nueva categoría en el INGEI, ya que su contribución es significativa.

7.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Una vez considerado los árboles de decisión, las emisiones del sector fueron estimadas de acuerdo con el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para las categorías de *disposición de residuos sólidos y tratamiento y descarga de aguas residuales*, mientras que el método de Nivel 2a se aplicó para la *incineración y quema abierta de residuos*. En todos los casos, se utilizaron datos de actividad de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto.

Si bien las categorías de *disposición de residuos sólidos y tratamiento y descarga de aguas residuales* son categorías principales sugieren un método de estimación superior, no fue posible su aplicación para la estimación de las emisiones debido que las circunstancias nacionales para la recolección de datos no lo permiten, ya que no se dispone de datos de buena calidad y parámetros específicos del país. Para la estimación de emisiones del sector se han utilizado un conjunto de datos provenientes de estadísticas nacionales con datos de estudios previos y encuestas a las municipalidades del país. En la siguiente tabla se resumen las principales fuentes de información de los datos de actividad.

Tabla 7.4

Sector Residuos: Fuentes de datos de actividad para las categorías estimadas

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
RESIDUOS		
5.A Disposición de residuos sólidos		Estadísticas de población. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadísticas de eliminación de la basura en viviendas. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC 2000, 2010 y 2023.
	5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	Tasas de generación. Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2001.
		Diagnóstico por provincia. Dirección de Servicios Técnicos, Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD), 2014.
	5.A.3 Sitios de disposición de residuos no categorizados	Encuestas en campo. Departamentos de Ornato y Aseo de los Municipios de Panamá, Secciones de Cambio Climático de las Direcciones Regionales de MiAMBIENTE y ETIS Residuos, 2023.
		Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos. Dirección de Servicios Técnicos, AAUD - INECO, 2017.
	Estadísticas de recuperación de biogás en el RSCP. Dirección de Servicios Técnicos, AAUD - Urbalia, 2021.	

Categoría	Subcategoría	Fuente de dato de actividad
RESIDUOS		
5.C Incineración y quema abierta de residuos	5.C.2 Quema abierta de residuos	Estadísticas de población. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC, años 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadísticas de eliminación de la basura en viviendas. INEC. Censos de Población y de Vivienda de Panamá de 2000, 2010 y 2023.
		Tasas de generación. Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. OPS, 2001.
		Diagnóstico por provincia. Dirección de Servicios Técnicos, AAUD, 2014.
		Encuestas en campo. Departamentos de Ornato y Aseo de los Municipios de Panamá, Secciones de Cambio Climático de las Direcciones Regionales de MiAMBIENTE y ETIS Residuos, 2023.
		Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos. Dirección de Servicios Técnicos, AAUD - INECO, 2017.
5.D Aguas residuales	5.D.1. Aguas residuales domésticas	Estadísticas de población. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC, años 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadística de tipo de vía y/o sistema de tratamiento. Censos de Población y de Vivienda de Panamá. INEC, años 1990, 2000, 2010 y 2023.
		Estadísticas de consumo de proteína. Hoja de Balance de Alimentos. INEC, 2021.
		Propuesta Económica de Ajuste al Salario Mínimo en Panamá: 2021. Patiño Martínez, A. E., & Godoy O., C. A. (2023). D'Economía, 3, 78-93.
		Evolución del Salario Mínimo en Panamá. Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral de Panamá (MITRADEL), 2020.
		Dictamen de expertos para la clasificación de tipos de población y definición de la fracción de uso de los tipos de sistema de tratamiento de aguas residuales en Panamá. Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN), Departamento de Demografía del INEC y ETIS del Sector Residuos.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Para las categorías de *disposición de residuos sólidos e incineración y quema abierta de residuos*, los datos de actividad se obtuvieron de las mismas fuentes de información. Se considera que la quema abierta de residuos es una de las prácticas de gestión empleadas en el país, por lo que se clasificó el flujo de disposición de los residuos sólidos municipales basándose en las estimaciones nacionales de generación de residuos. Es importante destacar que, para estas dos categorías, se llevaron a cabo visitas de campo y encuestas en diferentes regiones del país para recopilar datos actualizados, ya que los estudios previos más recientes tenían más de seis años de antigüedad.

En el caso de la categoría de *tratamiento y descarga de aguas residuales*, se recurrió a dictamen de expertos para definir los tipos de sistemas de tratamiento y clasificar las fracciones de utilización, dado que no existen estadísticas nacionales que proporcionen estos datos, toda esta información fue documentada en el subsistema de información del SSINGEI, carpeta del sector *Residuos* y siguiendo los lineamientos establecidos en las Directrices del IPCC de 2006.

En la Tabla 7.5 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI. El detalle de los factores de emisión utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada categoría.

Tabla 7.5 Sector Residuos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2021

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5. Residuos	T2a, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, T2a, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO
5.A. Disposición de residuos sólidos			T1, IE	D, IE		
5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos			NE	NE	NE	NE
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	NE, T2a	NE, D	T2a, NE	D, NE	NE	NE
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales			T1, IE, NE	D, IE, NE	T1, IE, NE	D, IE, NE
5.E. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

El cálculo de las emisiones de GEI del sector Residuos se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo técnico de Residuos con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento del 2019*.

7.2. Disposición de residuos sólidos (CRT 5.A)

7.2.1. Descripción de la categoría

El tratamiento y la disposición de los residuos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de CH₄. Además del CH₄, los SDRS también producen CO₂ biogénico y CO₂DM, así como cantidades más pequeñas de N₂O, NO_x y CO. La estimación de emisiones para esta categoría varía respecto a las características de control, disposición de los residuos y gestión de los SDRS. Esta categoría incluye las subcategorías *sitios de disposición de residuos gestionados*, *sitios de disposición de residuos no gestionados* y *sitios de disposición de residuos no categorizados* (IPCC, 2006)

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de CH₄ de las subcategorías *sitios de disposición de residuos no gestionados* y *sitios de disposición no categorizados*, mientras que las emisiones de las subcategorías *sitios de disposición de residuos gestionados* son consideradas incluidas en otra parte (IE), debido a la falta de datos específicos para todos los años de la serie temporal de los sitios de disposición considerados como gestionados en el país. A diferencia del previo inventario, en esta serie temporal se clasificaron los SDRS del país para adicionar la subcategoría de *sitios de disposición no categorizados*. Para esto fue necesaria la homologación de los SDRS que existen a nivel nacional a los de las *Directrices del IPCC* (Tabla 7.6).

La subcategoría de *sitios de disposición no gestionados* abarca aquellos espacios designados para la disposición de residuos municipales que cuentan con cierto grado de control sanitario y ambiental, pero no son considerados rellenos sanitarios. Estos lugares representan la mayoría de las áreas de disposición de residuos en el país. En Panamá se identifican tres SDRS que se categorizan como rellenos sanitarios, según la normativa local. Sin embargo, la gestión actual de estos sitios los ha transformado más en vertederos controlados. Para esta subcategoría, se asume que los sitios de disposición más comunes en el país son aquellos con un nivel freático elevado. Esta suposición se basa en estudios realizados para el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos (PNGIR), que revelaron que todos los vertederos estudiados están ubicados cerca de cuerpos de agua o en zonas adyacentes a manglares, indicando la presencia de un nivel freático elevado.

Por otro lado, la subcategoría de *sitios de disposición no categorizados* abarca aquellas áreas donde se depositan los residuos sin ningún tipo de preparación previa ni control adecuado. Aquí se incluyen las prácticas como el entierro de residuos, el abandono en terrenos baldíos o la eliminación en cuerpos de agua. A continuación, se presenta la homologación de los SDRS.

Tabla 7.6

Disposición de residuos sólidos: Homologación de tipos de SDRS a nivel nacional

Subcategoría	Descripción según normativa local Ley No. 276 del 2021	Homologación Directrices del IPCC del 2006
5.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	<u>Relleno Sanitario:</u> Sitio donde se realiza la disposición final de los residuos sólidos posterior a los procesos de tratamiento sin causar molestias ni peligro para la salud ni el ambiente, utilizando técnicas de protección, impermeabilización y manejo sostenible de los residuos.	<u>Gestionado - Anaeróbico:</u> Son aquellos sitios donde se implementa la colocación controlada de los desechos (es decir, los desechos son dirigidos a áreas específicas de deposición donde se ejerce un cierto control sobre la recuperación informal de residuos reciclables y la quema de basuras) e incluye por lo menos uno de los siguientes elementos: (i) material protector de la cubierta; (ii) compactación mecánica o (iii) nivelación de los desechos.
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	<u>Vertedero controlado de residuos:</u> Sitio con la preparación adecuada y el control sanitario y ambiental que procura proteger la salud de las personas y el ambiente, donde se depositan los residuos, el cual no reúne las condiciones técnicas de un relleno sanitario	<u>No gestionado - Profundo:</u> Todos los SEDS que no cumplen con los criterios de los SEDS gestionados y que tienen profundidades mayores o iguales a 5 metros y/o una capa freática elevada cercana al nivel del suelo. La última situación corresponde al llenado con desechos de un terreno con aguas fluviales, como un estanque, río o humedal.
5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	<u>Vertedero no controlado de residuos:</u> Sitio sin preparación previa ni control adecuado para proteger la salud de las personas y ambiente donde se depositan los residuos	<u>No categorizados:</u> Sólo si los países no pueden categorizar sus SEDS dentro de las anteriores categorías de SEDS gestionados.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en Cuadro 3.1. Capítulo 3: eliminación de desechos sólidos. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y Ley 276 del 30 diciembre de 2021.

La estimación de las emisiones para esta categoría se limita a los residuos sólidos municipales (RSM) debido a la falta de datos estadísticos que permitan desagregar RSM de los residuos industriales o comerciales, impidiendo así la construcción de una serie temporal. Respecto a los lodos de aguas residuales, se identificaron los proveedores de datos para los últimos años de la serie, pero no se pudo obtener estos datos a tiempo, por lo que no se incluyó en este INGEI. Además, aunque se identificaron proveedores de datos para otros tipos de residuos, como los hospitalarios y los peligrosos, la información requerida no se obtuvo dentro del plazo establecido. Por ello, se han propuesto acciones en el plan de mejoras de la categoría para abordar estas limitaciones.

7.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *disposición de residuos sólidos* es la principal categoría emisora del sector Residuos. En 2021, las emisiones contabilizaron 1,093.2 kt CO₂ eq incrementándose en 166.2 % desde 2000 y 17.6 % desde 2019 (Tabla 7.2 y Figura 7. 1).

Al analizar las subcategorías incluidas en este INGEI, se evidencia que las emisiones de *Sitios de disposición de residuos no gestionados* contribuyen significativamente al balance de la categoría, totalizando 955.1 kt CO₂ eq, lo que representa un 87.4% de las emisiones en el año 2021. Por otro lado, la subcategoría de *Sitios de disposición de residuos no categorizados* representa el 12.6% restante de las emisiones (Figura 7. 3).

Tabla 7.7

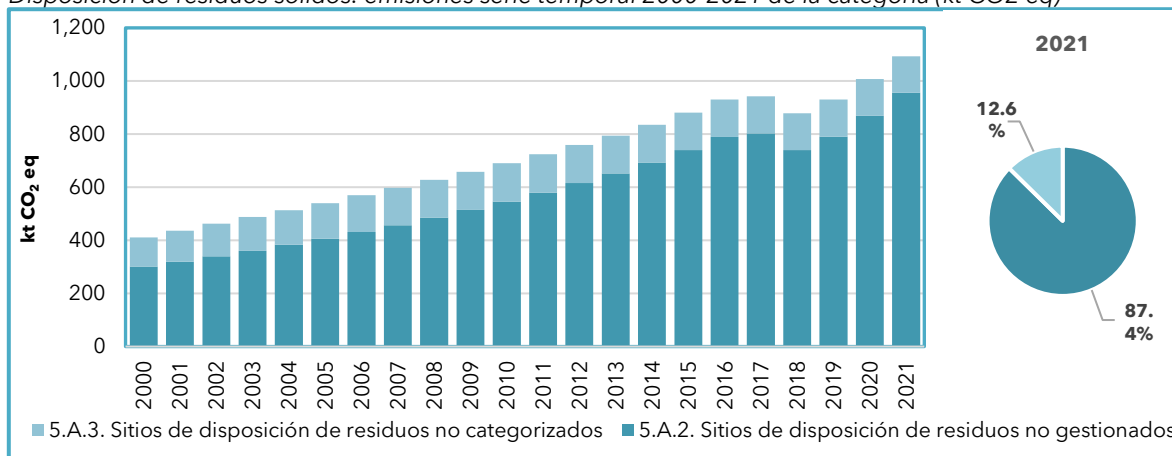
Disposición de residuos sólidos: Emisiones por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategorías	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	300.7	546.2	651.8	802.5	791.0	869.2	955.1
5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	109.9	143.7	142.9	139.9	138.9	138.5	138.2
TOTAL	410.6	689.9	794.7	942.4	929.9	1,007.7	1,093.2

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 7.3

Disposición de residuos sólidos: emisiones serie temporal 2000-2021 de la categoría (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Ambas subcategorías presentan una tendencia al alza a lo largo del periodo analizado. Este aumento se atribuye principalmente al crecimiento poblacional, esto incide en los patrones de consumo y es directamente proporcional a la generación de residuos sólidos a nivel nacional. A partir del 2017, se observa un cambio en la tendencia, donde las emisiones se mantienen estables en comparación con el año anterior. Esto debido a que desde el 2017, con miras a establecer nuevos sistemas de generación eléctrica, se puso en marcha la planta de recuperación de biogás en el SDRS de Cerro Patacón, el cual es el principal SDRS del país al recibir los residuos provenientes de dos de los distritos con mayor densidad del país.

7.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez consultado el árbol de decisión, para la estimación de los GEI de esta categoría se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, en el cual utiliza datos de generación de residuos específicos del país y parámetros por defecto de acuerdo con la región y las condiciones climáticas. La metodología aplicada está basada en el modelo de descomposición de primer orden (DPO), esta requiere información sobre eliminaciones históricas de residuos durante un periodo de 3 a 5 vidas medias, por lo que se considera buena práctica utilizar datos sobre eliminaciones realizadas al menos durante 50 años. Sin embargo, debido a las limitaciones de acceso a la información se toma como año inicial a 1990²⁶.

²⁶ En el INGEI anterior, se tomó como referencia el año 1988. No obstante, para este reporte se mejoró la clasificación de la información con el fin de realizar una cuantificación más precisa. Por lo tanto, se optó por comenzar desde 1990, año en el que se cuenta con datos estadísticos de los censos de población y vivienda, que constituyen la principal referencia para nuestras estimaciones. En próximas iteraciones, se espera

Si bien la categoría de *disposición de residuos sólidos* es categoría principal y sugieren un método de estimación superior, no fue posible su aplicación para la estimación de las emisiones ya que es necesario mejorar la calidad de los datos sobre la cantidad de residuos que ingresan a los sitios de disposición en el país y levantar datos sobre los distintos modelos de gestión practicados en el país para definir los flujos existentes y comprender mejor los patrones de generación.

El método de DPO del Nivel 1 plantea que el carbono orgánico degradable (DOC) en los residuos sólidos se descompone lentamente y de manera exponencial a través de las décadas en los sitios de disposición, formando CH₄ y CO₂. La tasa de producción de CH₄ depende de la cantidad de carbono que permanece en los residuos cada año. Por este motivo, las emisiones resultantes de un residuo depositado en un relleno sanitario o vertedero son mayores en los primeros años y después van disminuyendo gradualmente en la medida que el carbono degradable es consumido por las bacterias.

La estimación de las emisiones de esta categoría considera las emisiones provenientes de los *sitios de disposición de residuos no gestionados* - profundos o con capa freática elevada. En la mayoría de los emplazamientos, la capa de residuos muestra una considerable proximidad a cuerpos de agua, generalmente a distancias de entre 1 a 5 km. Como resultado, es común que las áreas de disposición de residuos se vean afectadas por inundaciones recurrentes, lo que provoca que el nivel freático alcance el nivel del montículo de residuos. Este fenómeno es especialmente relevante en los SDRS que se encuentran en zonas cercanas a cuerpos de agua o que presentan una topografía propensa a inundaciones. Por lo tanto, se toma en consideración esta dinámica hidrogeológica al calcular las emisiones de metano asociadas a estos sitios de disposición de residuos no gestionados (INECO, 2017).

En lo que respecta a los *sitios de disposición no categorizados*, estos comprenden áreas informales donde los ciudadanos depositan sus residuos, incluyendo terrenos abandonados, cuerpos de agua y otros lugares inadecuados según los estándares sanitarios y ambientales del país. En el INGEI anterior, se consideraba que las emisiones de este tipo estaban agrupadas dentro de la subcategoría de sitios de disposición no gestionados, sin hacer una distinción basada en datos censales, como se hizo en este INGEI.

Los datos de los censos de 2000, 2010 y 2023 reflejan una mejora en la gestión de residuos en todas las provincias del país, con una reducción en el número de viviendas sin servicios de recolección de basura y una disminución en la eliminación inapropiada de basura en ríos y terrenos abandonados. Esto fue reflejado en el análisis de datos realizado para el presente INGEI en donde se observa que eliminación de residuos por vías informales ha pasado del 13.44% en 2000 al 4.49% en 2021. Esta constatación llevó a la decisión de clasificar estos tipos de SDRS, considerando los datos proporcionados por los censos de vivienda sobre el porcentaje de viviendas que practican este tipo de gestión para eliminar sus desechos. La Tabla 7.8 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

mejorar la construcción de la serie temporal mediante modelos de estimación para los SDRS identificados en el país, teniendo en cuenta el año de apertura de estos sitios.

Tabla 7.8

Disposición de residuos sólidos: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI

Categorías de fuente de GEI	CH ₄	
	Método aplicado	Factor de emisión
5.A. Disposición de residuos sólidos	T1, IE	D, IE
5.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	IE	IE
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	T1	D
5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE = incluido en otra parte; NE = no estimado.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En Panamá existen diferentes regiones climáticas particulares (húmedas y secas), que determinan las tasas de descomposición de residuos sólidos. Para la estimación de GEI de esta categoría fueron seleccionados aquellos factores por defecto correspondientes a la Zona Climática Tropical (húmedo y seco), debido a que no se cuenta con factores de emisión específico del país. También se incorporarán en un solo flujo los residuos sólidos municipales y residuos industriales, ya que es habitual que no exista ninguna separación por tipo en su fase de disposición final en el país. Adicional, existe disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento, sin embargo, estos tampoco pertenecen a un flujo separado, por lo que se asumirá en los cálculos que forman parte de los residuos municipales.

Para la estimación de GEI de *disposición de residuos sólidos* se utilizaron datos sobre la masa, composición y contenido de carbono de los residuos depositados en los rellenos sanitarios y vertederos a nivel nacional. En cuanto a los parámetros, la fracción del DOC fue ponderado a través de los datos de composición de residuos específicos del país, mientras que por defecto se utilizaron los referidos al contenido de carbón orgánico degradable que se descompone, factor de corrección para el metano (MCF), fracción de CH₄ del gas generado en el vertedero, factor de oxidación y constante de reacción/índice de generación de metano como se muestra en las siguientes ecuaciones.

Ecuación 7.1 *DOC degradable a partir de los datos sobre la disposición de residuos*

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Fuente: Ecuación 3.2, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- $DDOC_m$ = masa de DDOC depositado, kt
- W = masa de los residuos depositados, kt
- DOC = carbono orgánico degradable durante el año de deposición, fracción, kt de C/kt de residuos
- DOC_f = fracción de DDOC que puede descomponerse (fracción)
- MCF = factor de corrección de CH₄ para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción)

Ecuación 7.2

Estimación del DOC con los valores de contenido de carbono por defecto

$$DOC = \sum_i (DOC_i \times W_i)$$

Fuente: Ecuación 3.7, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- DOC = fracción de carbono orgánico degradable en los residuos brutos, kt de C/kt de residuos
- DOC_i = fracción de carbono orgánico degradable en los residuos de tipo i
- W_i = fracción de tipo de desecho i por categoría de desecho

Ecuación 7.3

DDOCm acumulado en los sitios de disposición al término del año T

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} \times e^{-k})$$

Fuente: Ecuación 3.4, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Ecuación 7.4

DDOCm descompuesto al término del año T

$$DDOCm descomp_T = DDOCma_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

Fuente: Ecuación 3.5, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- T = año de del inventario
- DDOCma_T = DDOCm acumulado en los SDRS al final del año T, kt
- DDOCma_{T-1} = DDOCm acumulado en los SDRS al final del año (T-1), kt
- DDOCmd_T = DDOCm depositado en los SDRS durante el año T, kt
- DDOCm descomp_T = DDOCm descompuesto en los SDRS durante el año T, kt
- k = constante de reacción, $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (año⁻¹)
- t_{1/2} = vida media (años)

Ecuación 7.5

CH₄ generado a partir de los DDOCm en descomposición

$$CH_4 generado_T = DDOCm descomp_T \times F \times \frac{16}{12}$$

Fuente: Ecuación 3.6, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- CH₄ generado_T = cantidad CH₄ generado a partir del material en descomposición
- DDOCm descomp_T = CH₄ descompuesto durante el año T, kt
- F = fracción volumétrica de CH₄ en el gas de vertedero generado (fracción)
- 16/12 = cociente de pesos moleculares CH₄/C (cociente)

Ecuación 7.6

Emissiones de CH₄ de los sitios de disposición

$$Emissiones de CH_4 = \left[\sum_x CH_4 generado_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

Fuente: Ecuación 3.1, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emissiones de CH₄ = CH₄ emitido durante el año T, kt
- T = año del inventario
- x = categoría o tipo de desecho o material
- R_T = CH₄ recuperado el año T, kt
- OX_T = factor de oxidación durante el año T (fracción)

Desde 2016²⁷ se inició la operación de una planta de generación eléctrica a partir de la recuperación de CH₄ en el RSCP. El volumen de CH₄ utilizado para la generación (R_T) se descuenta del total de GEI del sector Residuos, según lo establecido en la Ecuación 7.6 y conforme con las *Directrices del IPCC de 2006*, pero se incluyó en el sector Energía. Aunque el valor es pequeño, esta tecnología logró 6.8 kt CH₄ en 2019, equivalente a 189.7 kt CO₂ eq atribuidas a la *disposición de residuos sólidos*. En este informe, este valor se mantuvo constante para los años 2020 y 2021, bajo la hipótesis de que la recuperación

²⁷ Según el Informe de Generación Mensual de 2017 del Centro Nacional de Despacho desde junio de ese año el RSCP inyecta a la red.

de metano sería al menos igual a la de 2019, dado que la cantidad de residuos recibidos por el relleno ha aumentado ligeramente en los años siguientes. La falta de información se debe a que la empresa que gestionaba estos datos dejó de operar, y los documentos con esta información fueron difíciles de localizar por parte de la autoridad correspondiente.

7.2.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad y parámetros requeridos para la estimación de GEI de esta categoría son masa, composición y contenido de carbono de los residuos depositados en los SDRS. Las fuentes de los datos de actividad utilizados para la estimación de esta categoría están detalladas en la Tabla 7.4.

Es importante señalar que los datos de actividad abarcan exclusivamente los RSM. Esto se debe a que los datos utilizados para construir la serie temporal de décadas anteriores solo consideran este flujo de residuos. Sin embargo, los SDRS del país reciben una variedad de residuos. Aunque esto se consideró en la clasificación por tipo de material, aún no se ha realizado un análisis independiente de los diferentes flujos de generación en este informe. Esta actividad está prevista en plan de mejoras de la categoría.

En este informe, se actualizaron las tasas de disposición en los SDRS a nivel provincial. Este proceso incluyó encuestas, entrevistas en campo y visitas a los SDRS junto con personal municipal para registrar el estado de estos sitios. Es importante destacar que esta actualización de datos se basó en estimaciones de la cantidad de residuos que ingresan diariamente a los SDRS, ya que la mayoría de ellos carece de básculas para realizar un pesaje preciso.

Composición de los residuos

Para los datos de composición de residuos, se decidió utilizar la información presentada por INECO en 2017 a la AAUD (Tabla 7.9). Esta información incluye la composición de residuos sólidos integrando en un solo flujo los residuos domésticos, industriales y los lodos residuales de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) obtenidos de un estudio de caracterización en 31 de los sitios de disposición diagnosticados. Estos valores se aplicaron para toda la serie temporal, considerando que las iniciativas nacionales de reciclaje no representan una variación significativa de ciertos tipos de material en comparación con años anteriores, cuando la producción y el consumo eran diferentes. Esta consideración fue consultada y validada con expertos del sector mediante talleres de trabajo. Esta información, junto con valores por defecto para DOC, fueron la base para calcular la fracción de DOC de los desechos brutos utilizando la Ecuación 7.2.

Tabla 7.9

Disposición de residuos sólidos: composición nacional de los residuos sólidos, DOC_i y DOC

Componente de DSM	Composición promedio	Contenido DOC en %	DOC_i
Orgánica	33.0%	15.00%	0.0495
Celulosas	9.4%	40.00%	0.0376
Madera	2.1%	43.00%	0.0090
Papel/cartón	13.7%	40.00%	0.0548
Envases complejos	1.9%	0.00%	0.0000
Textiles	6.3%	24.00%	0.0151
Cueros	0.1%	39.00%	0.0004
Plásticos	17.2%	0.00%	0.0000
Vidrio	3.0%	0.00%	0.0000

Componente de DSM	Composición promedio	Contenido DOC en %	DOC _i
Metales	4.5%	0.00%	0.0000
Residuos electrónicos	1.3%	0.00%	0.0000
Residuos peligrosos/especiales	1.0%	0.00%	0.0000
Inertes	3.4%	0.00%	0.0000
Voluminosos	1.0%	0.00%	0.0000
Misceláneas	2.1%	0.00%	0.0000
Total	100.0%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en PNGIR, 2017.

Residuos depositados en los SDRS

En Panamá, existen 62 sitios oficializados para la disposición de residuos sólidos (AAUD, 2017). El RSCP, el Relleno Sanitario El Diamante (RSED) y el Relleno en Colón-Monte Esperanza fueron considerados inicialmente rellenos sanitarios controlados por sus condiciones de operación y por contar con sistemas de pesaje y maquinaria para compactación; realizar cobertura periódica y tener material impermeable para impedir la filtración de lixiviado al suelo, entre otros. Actualmente, se considera que solo el RSED tiene esta categorización y el resto se considera como sitios de disposición no controlados por fallas y malas prácticas que presentan estos en el manejo y gestión de los residuos y lixiviados.

La escasa existencia de datos históricos reales sobre el flujo de residuos en la mayoría de los sitios de disposición representa una dificultad, ya que no ha sido una práctica la de llevar estadísticas de los volúmenes que ingresan y son vertidos. La serie temporal para este estudio abarca el período 2000 - 202, por lo que se utilizaron las tasas de generación de todas las provincias, obtenidas de estudios anteriores y de encuestas en campo. A partir de estos datos, se determinó el porcentaje de variación anual acumulada para los años mencionados. Este porcentaje se utilizó no solo para estimar las tasas de generación de residuos sólidos entre estos años, sino también para hacer estimaciones de los años previos, completando el período de estudio desde 1990 y considerando al menos 30 años previos al año de reporte.

Para definir el volumen anual de residuos sólidos a nivel nacional, se partió por la estimación de tasas anuales de generación de cada una de las provincias del país. La gestión de los SDRS en el país recae en los municipios, a excepción de los distritos de Panamá y San Miguelito, que son administrados por la AAUD. La mayoría de estos municipios cuenta con al menos un SDRS, lo que facilitó la construcción de las tasas de generación a través de la definición de tasas de disposición en los SDRS, obtenidas de estudios y encuestas, y mediante el uso de coeficientes correctores desarrollados para el PNGIR.

Las estimaciones de generación realizadas en el PNGIR se llevaron a cabo por conglomerados, clasificando los corregimientos pertenecientes a cada uno de los distritos del país. Esta clasificación resultó en la formación de cuatro conglomerados, a los cuales se les asignó un nivel de generación considerando variables como el índice de pobreza humana, la mediana de ingreso mensual por habitante y el nivel agropecuario. A partir de este análisis, se desarrollaron coeficientes correctores, partiendo del supuesto de que no todos los residuos generados en origen llegan a los SDRS. Los datos recopilados en campo únicamente tienen en cuenta los residuos recolectados que efectivamente llegan a los SDRS.

Estos coeficientes correctores actúan al alza, ya que se estima que, a medida que los corregimientos son más pequeños y rurales, el volumen de residuos que no llega a los SDRS aumenta. Como resultado, los coeficientes correctores son mayores para los conglomerados con menor generación de residuos (Tabla 7.10).

Tabla 7.10

Disposición de residuos sólidos: Coeficientes correctores por provincia

Provincia	Tipo de clúster	Coefficiente corrector
<i>Bocas del Toro</i>	Clúster 1	56.00%
<i>Coclé</i>	Clúster 2	45.00%
<i>Colón</i>	Clúster 2	45.00%
<i>Chiriquí</i>	Clúster 2	45.00%
<i>Darién</i>	Clúster 1	56.00%
<i>Herrera</i>	Clúster 2	45.00%
<i>Los Santos</i>	Clúster 2	45.00%
<i>Panamá</i>	Clúster 3	31.00%
<i>Veraguas</i>	Clúster 1	56.00%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en PNGIR, 2017.

Se asignó un conglomerado a cada provincia, considerando el promedio de los tipos de conglomerados asignados a cada corregimiento dentro de la misma. Luego, estos coeficientes fueron multiplicados por las tasas de disposición de residuos sólidos de cada provincia para obtener las tasas de generación en origen utilizadas para cada tipo de flujo considerado en este informe.

Desde 2014, el país ha incorporado una nueva provincia, que anteriormente formaba parte del territorio de la provincia de Panamá. Aunque se dispone de información actualizada del censo más reciente sobre esta provincia adicional, no se logró distinguir entre la nueva provincia de Panamá Oeste y la provincia de Panamá, debido a que los estudios previos no consideraban la creación de esta nueva división territorial. Se tiene previsto abordar esta distinción en futuras mejoras, particularmente al analizar las emisiones de cada SDRS de forma independiente.

Para estas dos provincias en particular, se compiló información más precisa sobre la cantidad de residuos sólidos recibidos en los SDRS, ya que cuentan con sistemas de pesaje y datos estadísticos sobre la cantidad de residuos recibidos en los últimos años. Estos datos se utilizaron para estimar las cifras entre 2015 y 2021; mientras que para años anteriores a 2015, se recurrió a datos de estudios realizados en 2014, ya que no se dispuso de información completa de ambos SDRS que pudiera completar los años previos a 2015.

Para el resto de las provincias del país, con excepción de Bocas del Toro, Colón y Darién, se construyó la serie temporal utilizando los datos de encuestas a nivel distrital. Aunque no se pudo obtener datos de todos los municipios de cada provincia, los datos recopilados de la mayoría de los municipios se consideraron representativos de la provincia en su conjunto. Utilizando estas tasas de generación promedio por habitante (ver Tabla 7.11), se estimó la generación de residuos por provincia para toda la serie temporal. Es importante destacar que esta estimación excluyó a las comarcas indígenas del país, debido a la falta de información sobre la disposición de residuos necesaria para calcular las tasas anuales.

Tabla 7.11

Disposición de residuos sólidos: tasa de generación de residuos sólidos 2000 - 2021 (kg/persona/día)

Año	Bocas del Toro	Coclé	Colón	Chiriquí	Darién	Herrera	Los Santos	Panamá	Veraguas	Promedio nacional
1990	0.7206	0.6045	1.0899	1.0247	0.5283	0.5434	0.5685	0.6364	0.7528	0.7188
1991	0.7401	0.6248	1.0910	1.0352	0.5474	0.5618	0.5852	0.6546	0.7690	0.7344
1992	0.7602	0.6459	1.0921	1.0457	0.5671	0.5808	0.6025	0.6734	0.7856	0.7504
1993	0.7808	0.6676	1.0932	1.0563	0.5875	0.6004	0.6203	0.6926	0.8025	0.7668
1994	0.8020	0.6901	1.0943	1.0671	0.6087	0.6206	0.6387	0.7125	0.8198	0.7837
1995	0.8237	0.7133	1.0954	1.0780	0.6307	0.6416	0.6575	0.7328	0.8374	0.8012
1996	0.8461	0.7373	1.0965	1.0889	0.6534	0.6632	0.6769	0.7538	0.8555	0.8191
1997	0.8690	0.7621	1.0976	1.1000	0.6770	0.6856	0.6969	0.7754	0.8739	0.8375
1998	0.8926	0.7878	1.0987	1.1112	0.7014	0.7088	0.7175	0.7976	0.8927	0.8565
1999	0.9168	0.8143	1.0998	1.1225	0.7267	0.7327	0.7387	0.8204	0.9119	0.8760
2000	0.9417	0.8417	1.1009	1.1340	0.7529	0.7574	0.7605	0.8439	0.9315	0.8960
2001	0.9672	0.8700	1.102	1.1455	0.78	0.7830	0.7830	0.868	0.9516	0.9167
2002	0.9927	0.8983	1.1031	1.1570	0.8071	0.8086	0.8055	0.8921	0.9717	0.9374
2003	1.0189	0.9276	1.1042	1.1687	0.8352	0.8350	0.8286	0.9170	0.9921	0.9586
2004	1.0458	0.9578	1.1053	1.1805	0.8643	0.8622	0.8523	0.9425	1.0130	0.9804
2005	1.0735	0.9890	1.1064	1.1924	0.8944	0.8904	0.8768	0.9687	1.0344	1.0029
2006	1.1018	1.0212	1.1076	1.2044	0.9255	0.9195	0.9020	0.9956	1.0562	1.0260
2007	1.1309	1.0544	1.1087	1.2165	0.9577	0.9495	0.9278	1.0233	1.0785	1.0497
2008	1.1608	1.0887	1.1098	1.2288	0.9910	0.9805	0.9545	1.0518	1.1012	1.0741
2009	1.1914	1.1242	1.1109	1.2412	1.0255	1.0125	0.9818	1.0810	1.1244	1.0992
2010	1.2229	1.1608	1.1120	1.2537	1.0612	1.0456	1.0100	1.1111	1.1481	1.1250
2011	1.2551	1.1986	1.1131	1.2663	1.0981	1.0797	1.0390	1.1420	1.1723	1.1516
2012	1.2883	1.2376	1.1143	1.2791	1.1363	1.1150	1.0688	1.1738	1.1970	1.1789
2013	1.3223	1.2779	1.1154	1.2920	1.1759	1.1514	1.0995	1.2064	1.2222	1.2070
2014	1.3572	1.3195	1.1165	1.3050	1.2168	1.1890	1.1310	1.24	1.2480	1.2359
2015	1.3930	1.4068	1.1176	1.3739	1.2591	1.1719	1.2479	1.2966	1.3579	1.2917
2016	1.4298	1.4999	1.1187	1.4464	1.3030	1.1551	1.3768	1.3558	1.4775	1.3515
2017	1.4676	1.5992	1.1199	1.5228	1.3483	1.1386	1.5191	1.4177	1.6076	1.4156
2018	1.5063	1.7050	1.1210	1.6032	1.3952	1.1222	1.6761	1.4824	1.7492	1.4845
2019	1.5461	1.8179	1.1221	1.6878	1.4438	1.1061	1.8493	1.5501	1.9032	1.5585
2020	1.5869	1.9382	1.1233	1.7769	1.4940	1.0903	2.0404	1.6209	2.0709	1.6380
2021	1.6288	2.0664	1.1244	1.8708	1.5460	1.0746	2.2512	1.7230	2.2532	1.7265

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con los datos de estudios realizados en el 2001 y 2014 (Tabla 7.4), junto con los coeficientes correctores y siguiendo las buenas prácticas de las *Directrices del IPCC de 2006*, se establecieron tasas de crecimiento anual por provincia para los periodos comprendidos entre los años que contaban con datos y de esta manera finalmente estimar la tasa de generación nacional de residuos sólidos para un periodo de 1990-2021. En la Tabla 7.12 se puede observar las tasas de crecimiento utilizadas para cada provincia.

Tabla 7.12 Disposición de residuos sólidos: tasas de crecimiento anual por provincia

	Periodo 2001-2014	Periodo 2014-2023
Bocas del Toro	2.64%	2.64%
Coclé	3.26%	6.62%
Colón	0.10%	0.10%
Chiriquí	1.01%	5.28%
Darién	3.48%	3.48%
Herrera	3.27%	-1.43%
Los Santos	2.87%	10.33%
Panamá	2.78%	4.57%
Veraguas	2.11%	8.81%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

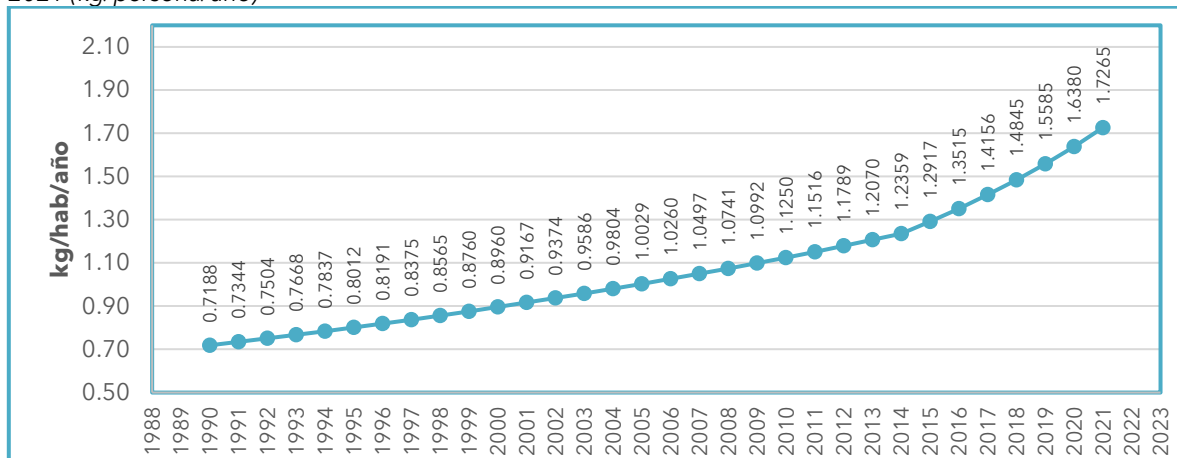
Notablemente, las tasas de crecimiento anual para las provincias de Bocas del Toro, Colón y Darién se mantienen constantes. Esto se debe a la falta de datos actualizados para estas provincias, por lo que se optó por emplear la tasa de crecimiento entre los años 2001 y 2014, basándose únicamente en los valores de los estudios realizados durante esos años.

Pese a que el DPO exige recopilar o estimar datos sobre las eliminaciones históricas de desechos durante un periodo de 3 a 5 vidas medias, para este INGEI no fue factible recopilar la serie desde 1970 o 1950 debido a la limitación de tiempo para estudiar y revisar la escasa información estadística disponible. En su lugar, se optó por obtener datos actualizados para complementar la información del último censo, con el fin de crear una serie temporal más precisa para las estimaciones de esta categoría.

En la Figura 7. 4 se muestra la evolución de la tasa promedio de generación de residuos sólidos a nivel nacional, estimada para el período 1990-2021, el que resultó de la estimación de tonelaje por provincia. Con estos resultados, y con la población anual de cada una de las provincias, se estimó el volumen anual de los residuos sólidos a nivel nacional. Cabe indicar que los residuos sólidos municipales y los residuos industriales se han incorporado en un solo flujo, así como también los lodos residuales generados en plantas de tratamiento.

Figura 7. 4

Disposición de residuos sólidos: tasa estimada promedio de generación de residuos sólidos de Panamá 1990-2021 (kg/persona/año)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con las tasas de generación arriba indicadas y con la población anual de cada una de las provincias, se estimó el volumen anual de los residuos sólidos a nivel nacional, para los años 1990-2021 (Tabla 7.13 y Figura 7. 5). Los datos de población utilizados provienen de los Censos de Población y Vivienda de Panamá, y la cantidad de habitantes en los años intermedios a los censos fue estimada mediante la interpolación polinómica de Lagrange, debido a que las proyecciones poblacionales mostraban un crecimiento mayor al evidenciado en los censos realizados.

Tabla 7.13

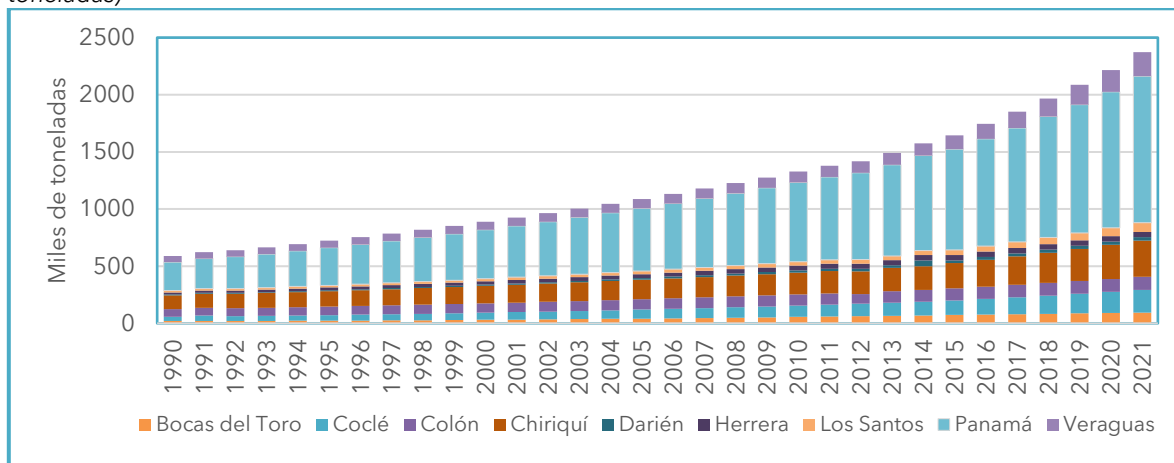
Disposición de residuos sólidos: total de residuos sólidos en base húmeda 1990 - 2021 (miles de toneladas)

Año	Bocas del Toro	Coclé	Colón	Chiriquí	Darién	Herrera	Los Santos	Panamá	Veraguas	Total
1990	19.50	38.21	66.95	120.48	6.92	18.58	15.97	249.05	54.54	590.20
1991	19.97	47.51	68.33	123.38	7.18	19.42	16.59	263.42	55.91	621.72
1992	20.58	42.11	69.75	126.35	7.48	20.28	17.23	278.49	57.34	639.62
1993	21.33	44.21	71.20	129.40	7.81	21.17	17.89	294.31	58.83	666.15
1994	22.22	46.42	72.69	132.51	8.18	22.09	18.57	310.88	60.38	693.94
1995	23.26	48.75	74.20	135.70	8.57	23.04	19.28	328.23	61.99	723.02
1996	24.45	51.19	75.73	138.95	9.00	24.03	20.01	346.40	63.67	753.42
1997	25.78	53.75	77.29	142.27	9.46	25.05	20.76	365.39	65.42	785.17
1998	27.26	56.43	78.86	145.67	9.96	26.10	21.54	385.25	67.23	818.31
1999	28.90	59.25	80.45	149.12	10.50	27.19	22.35	405.98	69.12	852.86
2000	30.68	62.20	82.06	152.64	11.07	28.33	23.18	427.62	71.09	888.86
2001	32.62	65.28	83.67	156.22	11.68	29.50	24.04	450.20	73.13	926.34
2002	34.67	68.44	85.29	159.85	12.32	30.69	24.91	473.37	75.22	964.75
2003	36.88	71.73	86.92	163.53	12.99	31.92	25.81	497.48	77.39	1004.65
2004	39.22	75.17	88.55	167.27	13.70	33.19	26.73	522.57	79.65	1046.05
2005	41.70	78.76	90.17	171.06	14.45	34.52	27.69	548.64	81.99	1088.99
2006	44.32	82.49	91.80	174.91	15.23	35.89	28.69	575.74	84.43	1133.50
2007	47.06	86.38	93.42	178.80	16.06	37.32	29.72	603.87	86.95	1179.59
2008	49.93	90.43	95.02	182.74	16.91	38.81	30.78	633.07	89.58	1227.28
2009	52.91	94.64	96.62	186.73	17.81	40.35	31.89	663.36	92.30	1276.60
2010	56.00	99.02	98.20	190.76	18.74	41.96	33.03	694.75	95.12	1327.57
2011	59.19	103.56	99.76	194.83	19.70	43.64	34.21	727.27	98.05	1380.21
2012	62.46	108.28	86.15	198.93	20.69	45.39	35.44	760.94	101.09	1419.39
2013	65.81	113.18	102.81	203.07	21.72	47.21	36.71	795.79	104.24	1490.54
2014	69.22	118.25	104.30	207.24	50.27	49.12	38.03	831.83	107.51	1575.76
2015	72.68	127.53	105.75	220.38	23.84	48.78	42.26	884.16	118.17	1643.55
2016	76.17	137.48	107.18	234.28	24.93	48.45	46.96	939.33	129.91	1744.71
2017	79.68	148.16	108.56	249.00	26.04	48.14	52.19	997.47	142.84	1852.07
2018	83.18	159.59	109.91	264.55	27.17	47.83	58.00	1058.70	157.07	1966.00
2019	86.65	171.84	111.21	281.00	28.30	47.54	64.47	1123.14	172.74	2086.89
2020	90.06	184.96	112.47	298.37	29.43	47.27	71.66	1190.95	189.99	2215.16
2021	93.40	198.98	113.68	316.72	30.56	47.00	79.67	1283.23	208.99	2372.23

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 7.5

Disposición de residuos sólidos: total de residuos sólidos en base húmeda por provincia 1990-2021 (miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los flujos de eliminación considerados se basaron en los datos declarados en el censo de vivienda del país, servicio de recolección público o privado, incineración o quema, disposición en terrenos abandonados, entierro y disposición en quebrada, mar u otros

(Tabla 7.14). Estos flujos se utilizaron para clasificar las subcategorías analizadas en este informe.

Tabla 7.14 Disposición de residuos sólidos: Vías de eliminación de residuos sólidos municipales en Panamá

Año	Promedio nacional				
	Servicio de recolección (público/privado)	Incineración o quema	Terreno baldío	Entierro	Otro (quebrada, mar y otros)
2000	59.75%	26.81%	7.29%	3.32%	2.83%
2001	60.35%	26.85%	6.77%	3.44%	2.60%
2002	60.96%	26.86%	6.26%	3.54%	2.38%
2003	61.57%	26.84%	5.79%	3.62%	2.18%
2004	62.20%	26.79%	5.34%	3.68%	2.00%
2005	62.83%	26.70%	4.91%	3.73%	1.82%
2006	63.48%	26.59%	4.50%	3.77%	1.66%
2007	64.13%	26.44%	4.12%	3.78%	1.52%
2008	64.80%	26.27%	3.77%	3.78%	1.39%
2009	65.47%	26.06%	3.44%	3.76%	1.27%
2010	66.15%	25.82%	3.13%	3.73%	1.17%
2011	66.84%	25.55%	2.85%	3.68%	1.08%
2012	67.54%	25.25%	2.59%	3.61%	1.01%
2013	68.25%	24.92%	2.35%	3.53%	0.95%
2014	68.97%	24.55%	2.14%	3.43%	0.90%
2015	69.70%	24.16%	1.96%	3.31%	0.87%
2016	70.44%	23.74%	1.80%	3.18%	0.86%
2017	71.18%	23.28%	1.66%	3.02%	0.85%
2018	71.94%	22.79%	1.54%	2.86%	0.87%
2019	72.70%	22.27%	1.46%	2.67%	0.89%
2020	73.48%	21.72%	1.39%	2.47%	0.93%
2021	74.26%	21.14%	1.35%	2.25%	0.99%
2022	75.06%	20.53%	1.33%	2.02%	1.06%
2023	75.86%	19.89%	1.34%	1.77%	1.14%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en INEC 2000, 2010 y 2023.

Para efectos de la clasificación por subcategoría en *sitios de disposición no gestionados* y *sitios de disposición no categorizados*, se sumaron los flujos correspondientes a terreno baldío, entierro y otro para conformar la categoría de *sitios de disposición no categorizados*. Los valores fueron ponderados a la cantidad de población que considero para la estimación de esta categoría. La Tabla 7.15 presenta los valores utilizados para este informe.

Tabla 7.15

Disposición de residuos sólidos: Vías de eliminación de residuos sólidos municipales en Panamá según categorías IPCC

Año	Promedio nacional	
	% SEDS no gestionado profundos	% SEDS no categorizados
2000	67.23%	32.77%
2001	68.35%	31.65%
2002	69.50%	30.50%
2003	70.68%	29.32%
2004	71.89%	28.11%
2005	73.12%	26.88%
2006	74.37%	25.63%
2007	75.64%	24.36%
2008	76.91%	23.09%
2009	78.18%	21.82%
2010	79.44%	20.56%
2011	82.47%	19.77%

Año	Promedio nacional	
	% SEDS no gestionado profundos	% SEDS no categorizados
2012	81.91%	18.09%
2013	83.10%	16.90%
2014	84.26%	15.74%
2015	85.36%	14.64%
2016	86.41%	13.59%
2017	87.41%	12.59%
2018	88.34%	11.66%
2019	89.21%	10.79%
2020	90.01%	9.98%
2021	90.75%	9.25%
2022	91.42%	8.58%
2023	92.03%	7.97%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en INEC 2000, 2010 y 2023.

Metano recuperado

La recuperación de biogás para esta categoría solo se realiza en el RSCP. Esta actividad se realiza desde el 2017 y los datos recopilados provienen directamente de la empresa que estuvo encargada de la operación de la planta entre 2017 y 2021 (Tabla 7.16).

Tabla 7.16 Disposición de residuos sólidos: recuperación de CH₄ 2017-2010 [Gg]

Año	CH ₄ recuperado durante el año T, Gg
2017	1.55
2018	6.08
2019	6.77

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base a información suministrada por la empresa Urbalia, 2021.

Aunque en este informe se presenta la serie 2000 - 2021, no se pudieron obtener los datos de recuperación de metano para los dos últimos años del período. Para más detalles, consulte la sección 7.2.3

7.2.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Si bien en Panamá existen diferentes regiones que muestran situaciones climáticas particulares (húmedas y secas), que determinan las tasas de descomposición de residuos sólidos, para el presente INGEI fueron aplicados factores por defecto correspondientes a la Zona Climática Tropical (húmedo y seco) debido a que no se cuenta con factores de emisión específico por zonas del país. Además, se cuenta con parámetros nacionales de composición de residuos (Tabla 7.9), utilizados para realizar las estimaciones en línea con la Ecuación 7.2, permitiendo estimar otros parámetros como la constante de reacción. La Tabla 7.17 presenta los principales factores de emisión y parámetros aplicados.

Tabla 7.17

Disposición de residuos sólidos: factores de emisión y otros parámetros aplicados

Parámetro	Especificación	Valor	Unidad	Fuente
DOCf	Orgánica	0.7	Adimensional	Sección 3.2.3. Capítulo 3: eliminación de desechos sólidos. Volumen 5: Desechos. Refinamiento del 2019 a las Directrices del IPCC de 2006.
	Celulosa	0.5		
	Madera	0.1		
	Papel/cartón	0.5		
DOC	Textiles	0.5	Adimensional	Cuadro 2.4. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006.
	Orgánica	0.15		
	Celulosa	0.24		
	Madera	0.43		
	Papel/cartón	0.4		
	Textiles	0.24		

Parámetro	Especificación	Valor	Unidad	Fuente
MCF	No gestionado - profundo (>5 m desechos) y/o capa freática elevada	0.8	Adimensional	Cuadro 3.1, Capítulo 3, Volumen 5, Refinamiento del 2019 a las Directrices del IPCC de 2006.
	Sitios no categorizados	0.6		
F		0.50	Adimensional	Sección 3.2.3, Capítulo 3, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
OX	SDRS gestionados, no gestionados y no categorizados	0.00	Adimensional	Cuadro 3.2, Capítulo 3, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
k	Orgánica	0.4	Adimensional	Cuadro 3.3, Capítulo 3, Volumen 5, Refinamiento del 2019 a las Directrices del IPCC de 2006.
	Celulosa	0.17		
	Madera	0.035		
	Papel/cartón	0.07		
	Textiles	0.07		
Tiempo de retardo	Se asume valor por defecto	6	Meses	Sección 3.2.3. Capítulo 3: eliminación de desechos sólidos. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024, con base en las fuentes citadas.

7.2.4. Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la siguiente categoría, no se ha aplicado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

7.2.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

No se contó con valores de incertidumbre específicos a nivel nacional por lo que se utilizaron los valores por defecto incluidos en la Sección 3.7, Capítulo 3, Volumen 5 de las Directrices del IPCC de 2006. La Tabla 7.18 asocia los valores de incertidumbre por defecto para cada dato de actividad, factor de emisión y parámetros utilizado en la estimación de la categoría de *disposición de residuos sólidos* en las subcategorías de *sitios de disposición de residuos no gestionados* y *sitios de disposición de residuos no categorizados*. En caso de no contar con una incertidumbre específica, se consideró el valor por defecto dentro del rango de incertidumbre establecido por las *Directrices del IPCC de 2006* y el *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Tabla 7.18

Disposición de residuos sólidos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)

Categoría	GEI	Atribución	Descripción	Incertidumbre de los DA (± %)	Incertidumbre de los FE (± %)
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH ₄	Total de los Desechos sólidos municipales (MSWT)		60.00%	
		Fracción del MSWT enviado a los SEDS (MSWF)		60.00%	
		Incertidumbre total de la composición de los desechos		30.00%	
		Carbono orgánico degradable (DOC)			20.00%
		Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf)			20.00%
		Factor de corrección para el metano (MCF)			20.00%
		Fracción de CH ₄ en el gas de vertedero generado (F)			5.00%

Categoría	GEI	Atribución	Descripción	Incertidumbre de los DA (± %)	Incertidumbre de los FE (± %)
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizados	CH ₄	Recuperación de metano (R)			10.00%
		Total de los Desechos sólidos municipales (MSWT)	Orgánica	57.50%	
			Celulosa	17.65%	
			Madera	42.86%	
			Papel / cartón	21.43%	
		Total de los Desechos sólidos municipales (MSWT)			60.00%
		Fracción del MSWT enviado a los SEDS (MSWF)			60.00%
		Incertidumbre total de la composición de los desechos			30.00%
		Carbono orgánico degradable (DOC)			20.00%
		Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf)			20.00%
		Factor de corrección para el metano (MCF)			60.00%
		Fracción de CH ₄ en el gas de vertedero generado (F)			5.00%
		Recuperación de metano (R)			10.00%
		Total de los Desechos sólidos municipales (MSWT)		Orgánica	57.50%
		Celulosa	17.65%		
		Madera	42.86%		
		Papel / cartón	21.43%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En consecuencia, las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *disposición de residuos sólidos* varían desde $\pm 123.8\%$ a 136.2% (Tabla 7.19). El resultado predominante de la incertidumbre está asociada a los factores de emisión y parámetros por defecto que pueden no reflejar apropiadamente las circunstancias nacionales. Especialmente porque no existe medición real de tonelaje de residuos sólidos en sitios de disposición, y la actual información cuenta con poca calidad para la mayoría de la serie. No obstante, se recalca que para la recuperación de metano la medición se realiza in situ.

Tabla 7.19

Disposición de residuos sólidos: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los DA (± %)	Incertidumbre de los FE (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	CH ₄	90.0%	85.1%	123.8%
5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	CH ₄	90.0%	102.2%	136.2%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para toda la serie de la *disposición de residuos sólidos* se utilizó información proveniente de estadísticas de población, tonelaje de residuos sólidos ingresados al RSCP e información suministrada por los municipios y la AAUD, estas fuentes también fueron utilizada para INGEI anterior y es consistente en el tiempo desde que es reportada como parte de las estadísticas nacionales.

7.2.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector Residuos, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 1.5. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

7.2.6.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las estimaciones realizadas en este ciclo de inventarios no fueron objeto de revisión externa por pares. Sin embargo, se llevaron a cabo sesiones de trabajo para la evaluación de los procedimientos realizados para la compilación de los datos de actividad y la validación de los supuestos utilizados para las estimaciones. Estas sesiones contaron con la participación de representantes de instituciones públicas como la AAUD, el Ministerio de Salud, el INEC, así como representantes de la academia, el sector privado y la sociedad civil involucrados en la gestión de residuos y el tratamiento de aguas residuales a nivel nacional en distintos niveles.

Por otro lado, los informes previos presentados a la CMNUCC fueron sometidos a revisiones técnicas, en las cuales se identificaron acciones de mejora que fueron implementadas en los informes subsecuentes, incluyendo el presente reporte.

7.2.6.2. Actividades específicas de control de la calidad

Para el control de la calidad de todas las categorías del sector residuos, además de seguir los lineamientos establecidos en las Directrices del IPCC de 2006, se aplicaron de forma transversal las siguientes actividades:

Gestión de datos de actividad y selección de parámetros

Los datos de actividad del sector se basan principalmente en estudios previos sobre la generación de RSM y en datos estadísticos recopilados de los censos de población y vivienda. Dado que no se dispone de mediciones actualizadas y otros datos, fue necesario establecer supuestos para construir la serie de datos del informe. Se llevó a cabo la implementación de dictamen de expertos para todas las categorías del sector, y este proceso fue documentado mediante informes de resultados y el desarrollo de plantillas de dictámenes de expertos conforme a las Directrices del IPCC de 2006. Los resultados de estas evaluaciones y validaciones se reflejaron en los datos introducidos en las hojas de conjunto de datos y hojas de trabajo elaboradas por el Equipo Técnico del Inventario Sectorial (ETIS) de Residuos.

Adicionalmente, la información recopilada mediante visitas a campo y encuestas ha sido debidamente documentada en las carpetas asociadas al sector en el subsistema de información del SSINGEI, para posteriores consultas y validación de datos.

Gestión de hojas de trabajo y hojas de reporte

Las estimaciones de las emisiones del sector están organizadas de manera anual, en plantillas desarrolladas por el ETIS de residuos. Estas plantillas se encuentran vinculadas a las hojas de datos y factores de emisión, e incluyen casillas de verificación para efectuar verificaciones cruzadas de los datos de entrada y de esta forma detectar errores de transcripción.

7.2.6.3. Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades específicas de verificación para las categorías del sector residuos.

7.2.7. Nuevos cálculos de la categoría

Se llevaron a cabo nuevos cálculos en la categoría de disposición de residuos sólidos para abarcar toda la serie temporal de 2000 - 2021. Estos cálculos implicaron mejoras en la clasificación de los datos de actividad, los cuales se emplearon en conjunto con la información del censo de población y vivienda más reciente disponible. Aunque no se realizaron modificaciones en la metodología de estimación, se llevaron a cabo ajustes en los supuestos utilizados en el INGEI anterior respecto a los flujos de residuos y las tasas de generación en origen. En la Tabla 7.20 se presenta un resumen de las mejoras realizadas.

Tabla 7.20

Disposición de residuos sólidos: Nuevos cálculos realizados para la categoría

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
RESIDUOS			
5.A. Disposición de residuos sólidos	Revisión de la composición de los residuos del país para toda la serie temporal.	Exactitud	DA
	Homologación de las denominaciones nacionales de los sitios de disposición de residuos con las denominaciones de las Directrices del IPCC de 2006.	Exactitud	DA
	Establecimiento de vías de eliminación de residuos sólidos utilizando datos de los censos de población y vivienda del país y se explican de manera detallada en el informe.	Transparencia	DA
	Desagregación de las estimaciones en SDRS no gestionados y SDRS no categorizados.	Exhaustividad	FE
	Ajuste del valor por defecto recomendado en las Directrices del IPCC de 2006 para el tiempo de retardo de seis meses.	Exhaustividad	FE

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Estos nuevos cálculos presentan una diferencia significativa en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 7.18. y Figura 7. 6).

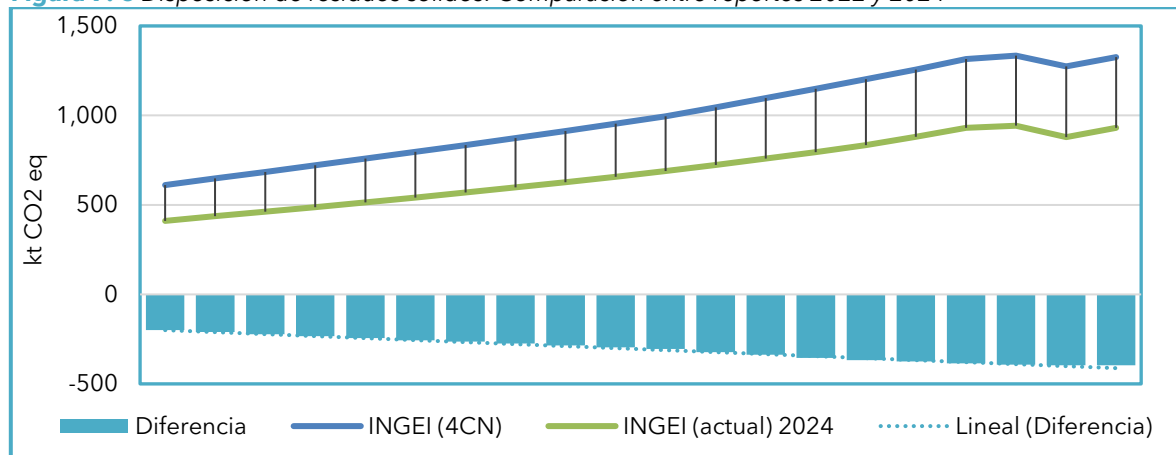
Tabla 7.18

Disposición de residuos sólidos: Comparación entre INGEI (kt CO2 eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anterior	610.8	995.3	1,149.1	1,334.0	1,326.1		
INGEI actual	410.6	689.9	794.7	942.4	929.9	1,007.7	1,093.2
Diferencia	-200.1	-305.3	-354.4	-391.6	-396.2		
%	-32.77%	-30.68%	-30.84%	-29.36%	-29.88%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 7. 6 *Disposición de residuos sólidos: Comparación entre reportes 2022 y 2024*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

7.2.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El plan de mejora para la categoría *disposición de residuos sólidos* considera todas las acciones donde se ha identificado un enfoque, pero aún no se ha logrado obtener la información completa o las capacidades técnicas necesarias para implementarlas en este informe. Se centra principalmente en mejorar la estimación de emisiones según el tipo de SDRS, teniendo en cuenta su fecha de inicio de operaciones para perfeccionar los datos retrospectivos de la serie temporal. Aunque se han realizado mejoras en los supuestos y la clasificación de los datos de actividad en este INGEI, lamentablemente no se pudo considerar la vida media recomendada por las directrices del IPCC. Además, este plan de mejora aborda la inclusión de otros tipos de residuos sólidos, como los lodos de aguas residuales y los productos de madera recolectada. Se detallan las actividades planificadas en el plan de mejora de la categoría en la Tabla 7.21.

Tabla 7.21 Disposición de residuos sólidos: Plan de mejoras

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
RESIDUOS				
5.A Disposición de residuos sólidos	Revisión de la distribución de residuos por tipo de sitio de disposición final para toda la serie temporal, considerando la entrada en operación y cierre de los distintos sitios.	En abordaje	ALTA	Se ha identificado parte de esta información en los anexos de los análisis realizados para el PNGIR. Es necesario complementar esta información con la consulta a los municipios.
	Identificación de la disposición de lodos en loa SDRS e inclusión de esta información en las estimaciones.	En abordaje	ALTA	Se realizó un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar, en donde se confirmó la existencia de disposición de lodos en el vertedero de Cerro Patacón años atrás. Se planea obtener información completa sobre esta actividad para incluirla en las estimaciones del próximo INGEI.
	Mejorar en lo posible, retrospectivamente hasta 1950, la serie de datos de la tasa de generación nacional de residuos sólidos aplicando las técnicas de empalme sugeridas en las Directrices del IPCC de 2006.	En abordaje	BAJA	Se realizará este análisis basado en las fechas de puesta en marcha de los diferentes sitios de disposición en el país en el siguiente informe.
	Valorar alternativas que posibiliten mejorar en lo posible la serie de datos de composición de los residuos sólidos.	En abordaje	BAJA	Para este ciclo de inventarios se mantendrá el supuesto de composición de residuos a lo largo de la serie temporal, el cual fue validado con expertos del sector.
	Estimar las emisiones/absorciones de los productos de madera recolectada depositados en los SDRS.	En abordaje	ALTA	Se recibió una capacitación técnica para la inclusión de los productos de madera recolectada en las estimaciones. Sin embargo, aún no se cuenta con información detallada para realizar esta inclusión.
	Realizar una corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.	En abordaje	ALTA	Se realizará esta mejora en el siguiente inventario.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Además de las acciones descritas en esta tabla, se identificó la necesidad de recopilar información sobre las comarcas indígenas del país, ya que no se dispone de datos sobre las tasas de generación y las prácticas de gestión de residuos en estas áreas, lo que dificultó su inclusión en este INGEI.

7.2.9. Sistema de archivo y respaldo

A continuación, se incluye la información asociada al sistema de archivo para la categoría.

Tabla 7.22 Disposición de residuos sólidos: Sistema de archivo y respaldo

Elemento	Sistema de archivo
RESIDUOS	
Ruta de acceso	2024_SSINGEI_PA/2024_02INV_PA/2024_IGEI_05RE
Procesamiento de datos de actividad y factores de emisión	2024_DA_05RE 2024_FE_05RE
Hojas de trabajo	2024_HT_05RE
Incertidumbre	2024_INC_05RE
Anexos e información de respaldo	2024_AXN_05RE

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

7.3. Tratamiento biológico de residuos sólidos (CRT 5.B)

Esta categoría no fue estimada por falta de datos de actividad.

7.4. Incineración y quema abierta de residuos (CRT 5.C)

7.4.1. Descripción de la categoría

La categoría de *incineración y quema abierta de residuos* abarca las emisiones GEI que resultan de la combustión de diversos tipos de residuos, como los RSM, residuos industriales, residuos peligrosos, hospitalarios y lodos de aguas servidas. La incineración puede llevarse a cabo en instalaciones controladas que cuentan con chimeneas y cámaras de combustión diseñadas para alcanzar altas temperaturas, tiempos de residencia prolongados y una agitación eficiente que favorece una combustión más completa. Por otro lado, la quema abierta de residuos puede involucrar dispositivos de incineración que no garantizan las temperaturas ni los tiempos óptimos para una combustión completa, o bien puede implicar la práctica de quema a cielo abierto realizada directamente en los SDRS. Los gases emitidos incluyen principalmente CO₂, CH₄ y N₂O, siendo el CO₂ el gas más representativo en la mayoría de los casos (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, las emisiones de esta categoría incluyen la quema abierta de residuos en viviendas y SDRS. En Panamá existen normativas a nivel distrital que prohíben esta práctica de gestión en algunas partes del territorio nacional; sin embargo, algunos distritos carecen de regulaciones al respecto, e incluso se permite en ciertos casos debido a limitaciones en el sistema de recolección de residuos. Además, es común observar quemas incontroladas en los SDRS, donde se llevan a cabo con el objetivo de reducir el volumen de residuos en la medida de lo posible (INECO, 2017). Aunque no se disponga de datos estadísticos precisos sobre la cantidad de residuos quemados en los sitios de disposición, se ha evidenciado la presencia de esta práctica en la mayoría de los SDRS a nivel nacional mediante visitas de campo.

Las emisiones provenientes de la incineración controlada de residuos en el país no se reportan debido a la falta de tiempo para compilar los datos de actividad y la falta de capacidades técnicas para su estimación. No obstante, ya se llevaron a cabo sesiones de trabajo con las autoridades reguladoras para la obtención de esta información y así poder incluirla en futuras estimaciones.

Es importante destacar que esta categoría no era incluida en los INGEI anteriores debido a falta de información actualizada. Para este reporte, se recurrió a visitas de campo en

conjunto con información publicada del último censo de población y vivienda para realizar las estimaciones.

7.4.2. Tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *Incineración y quema abierta de residuos* representa la tercera mayor fuente de emisiones del sector residuos, alcanzando el 5.3% de las emisiones en el 2021. Durante este año, las emisiones ascendieron a 70 kt CO₂ eq mostrando un aumento del 361.5 % desde 2000 y 19.9 % desde 2019 (Tabla 7.23 y Figura 7. 7).

La tendencia de emisiones de esta categoría a lo largo del tiempo sigue una trayectoria similar a la del sector en general. Esto se debe a que, al igual que en la categoría de *Disposición de residuos sólidos*, la estimación de las emisiones se basó principalmente en la población, reflejando así el crecimiento poblacional que incide en los volúmenes de generación utilizados para estimar las emisiones.

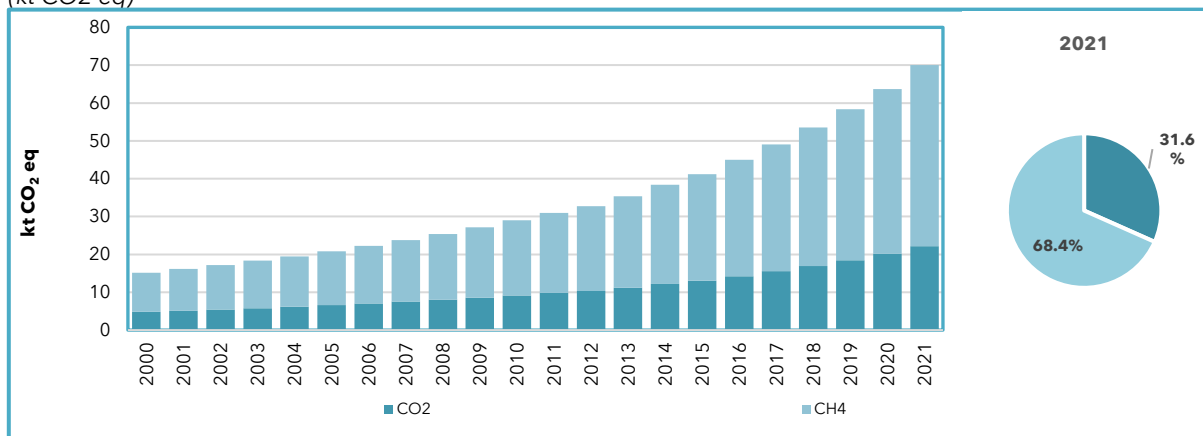
Tabla 7.23 *Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones de la categoría por tipo de GEI (kt CO₂ eq)*

GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CO ₂	4.8	9.2	11.2	15.5	18.5	20.2	22.2
CH ₄	10.4	19.8	24.2	33.5	39.9	43.5	47.9
TOTAL	15.2	29.0	35.3	49.1	58.4	63.7	70.0

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 7. 7

Incineración y quema abierta de residuos: emisiones serie temporal 2000-2021 de la categoría por GEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Es relevante destacar que los datos de los censos de vivienda de 2000, 2010 y 2023 muestran una mejora en la gestión de residuos, evidenciada por una disminución en el número de hogares que practican la quema abierta de residuos. Sin embargo, al considerar esta práctica en los SDRS, la tendencia de la categoría sigue siendo de crecimiento exponencial.

Aunque el CO₂ es usualmente el gas más representativo en la mayoría de los casos, en el caso particular de Panamá el CH₄ representa el 68.4% de las emisiones de esta categoría en el 2021. Por su parte, el CO₂ representa un 31.6 % de las emisiones de la categoría (Figura 7. 7).

7.4.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión, las emisiones de CO₂ y CH₄ producto de la quema abierta de residuos fueron estimadas aplicando el método de Nivel 2a y Nivel 1,

respectivamente. Se utilizaron datos de la actividad específicos del país sobre la composición de los residuos y datos por defecto relativos a los otros parámetros de los RSM. La categoría 5.C.1 no pudo ser estimada debido a la falta de datos de actividad dentro de los plazos requeridos para construir una serie temporal completa que abarque todas las empresas dedicadas a esta actividad en Panamá. Es importante destacar que, en Panamá, esta actividad de incineración de residuos se realiza principalmente con residuos hospitalarios, residuos internacionales e industriales. La Tabla 7.24. presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 7.24

Incineración y quema abierta de residuos: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI

Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	NE, T2a	NE, D	T1, NE	D, NE	NE	NE
5.C.1. Incineración de residuos	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.C.2. Incineración abierta de residuos	T2a	D	T1	D	NE	NE

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE= incluido en otra parte; NE = no estimado; NO = no ocurre

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Para la estimación de las emisiones de N₂O derivadas de la quema abierta de desechos, se siguió el enfoque establecido en las Directrices del IPCC 2006. Sin embargo, cabe destacar que los factores de emisión por defecto disponibles se limitan a las emisiones provenientes de la quema de residuos agrícolas. Dada la falta de datos disponibles para la quema abierta de estos residuos en los SDRS, no fue posible estimar las emisiones de N₂O generadas por esta práctica. La cantidad de residuos sólidos quemados por quema abierta se estimó en base a la siguiente ecuación:

Ecuación 7.7

Cantidad total de residuos sólidos quemados por quema abierta

$$RSM_B = P \times P_{frac} \times RSM_p \times B_{frac}$$

Fuente: Ecuación 5.7, Capítulo 5, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- RSM_B = cantidad de residuos sólidos municipales quemados por quema abierta, Gg/año
- P = población, cápita
- P_{frac} = fracción de la población que quema residuos, fracción
- RSM_p = generación de residuos per cápita, kg/cápita/día
- B_{frac} = factor de corrección de CH₄ para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción)

La fracción de la población que quema residuos fue extraída del censo de vivienda más reciente, en el cual se observó que aproximadamente el 19.89% de la población declaró realizar esta práctica (Tabla 7.14). Para construir la serie temporal para esta categoría se utilizaron los datos de los censos de población y vivienda del 2000, 2010 y 2023 y se utilizaron métodos de empalme para completar los años faltantes en la serie. Los datos extraídos de los censos consideran las diferentes vías de eliminación (sistema de recolección, incineración o quema, disposición en terrenos abandonados, entierro y otros), los cuales fueron clasificados tomando en cuenta lo detallado en la sección 7.2.3.1

Las tasas de generación consideradas se obtuvieron de los análisis construidos para la estimación de la categoría de *Disposición de residuos sólidos*. La población total fue agrupada por tipo de practica de eliminación de residuos, obteniendo la Tabla 7.25.

Tabla 7.25

Incineración y quema abierta de residuos: Vías de eliminación de residuos sólidos municipales en Panamá

Año	Promedio nacional	
	Residuos dispuestos por otras vías	Quema a cielo abierto
2000	63.75%	36.25%
2001	63.28%	36.72%
2002	62.90%	37.10%
2003	62.58%	37.42%
2004	62.35%	37.36%
2005	62.18%	37.82%
2006	62.09%	37.91%
2007	62.08%	37.92%
2008	62.14%	37.86%
2009	62.28%	37.72%
2010	62.49%	37.51%
2011	61.48%	37.23%
2012	63.13%	36.87%
2013	63.57%	36.43%
2014	64.07%	35.93%
2015	64.66%	35.34%
2016	65.32%	34.68%
2017	66.05%	33.95%
2018	66.86%	33.14%
2019	67.74%	32.26%
2020	68.70%	31.30%
2021	69.74%	30.26%
2022	70.84%	29.16%
2023	72.03%	27.97%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en INEC 2000, 2010 y 2023.

El factor de corrección de CH₄ para la descomposición aeróbica fue seleccionado considerando que una parte significativa de los residuos se quema en los sitios de disposición no gestionados - profundos del país, mientras que otra parte importante queda sin quemar. Por lo tanto, este valor está estrechamente relacionado con el valor por defecto para el MCF aplicado a estos tipos específicos de SDRS elegidos para la categoría de *disposición de residuos sólidos*.

7.4.3.1. Metodología para la estimación de emisiones de CO₂

Para estimar las emisiones de CO₂ resultantes de la quema abierta de residuos, se utilizó el método de Nivel 2a. Se emplearon los procedimientos descritos anteriormente para determinar la cantidad de RSM. Únicamente se consideraron las emisiones provenientes del porcentaje de residuos que se estima que se dirige a los sitios de disposición no gestionados - profundos, dado que en estos sitios fue donde se evidenció la ejecución de esta práctica. La estimación de emisiones considera la siguiente ecuación:

Ecuación 7.8

Emisiones de CO₂ basada en la composición de los RSM

$$Emisiones\ de\ CO_2 = RSM \times \sum (WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j)$$

Fuente: Ecuación 5.2, Capítulo 5, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ durante el año del inventario, Gg/año
- WF_j = fracción de tipo/material de residuos del componente j en los RSM (en peso húmedo incinerados o quemados por quema abierta)

- dm_j = contenido de materia seca en el componente j de los RS quemados por quema abierta, (fracción)
- CF_j = contenido de carbono del componente j (fracción)
- FCF_j = fracción de carbono fósil en el carbono total del componente j
- OF_j = factor de oxidación (fracción)
- j = tipo de RSM quemados por quema abierta

7.4.3.2. Metodología para la estimación de emisiones de CH₄

Las emisiones de CH₄ derivadas de la quema abierta de residuos resultan de una combustión incompleta, donde una parte significativa del carbono contenido en los residuos no se oxida. Estas emisiones son especialmente relevantes en el contexto de la quema abierta, donde una gran proporción de carbono no se convierte en CO₂. Para calcular las emisiones de CH₄ provenientes de la quema abierta de residuos, se aplicó un método de Nivel 1 conforme a las Directrices del IPCC de 2006. Los datos sobre la cantidad y composición de los desechos se mantuvieron coherentes con los utilizados para estimar las emisiones de CO₂. La estimación de las emisiones se realizó según la siguiente ecuación:

Ecuación 7.9

Emisiones de CH₄ basada en la composición de los RSM

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum (IW_i \times EF_i)$$

Fuente: Ecuación 5.4, Capítulo 5, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emisiones de CH₄ = emisiones de CH₄ durante el año del inventario, Gg/año
- IW_i = cantidad de residuos sólidos de tipo i quemados por quema abierta, Gg/año
- EF_i = factor de emisión de CH₄ agregado, kg de CH₄/Gg
- i = tipo de residuo quemado por quema abierta especificado de la siguiente manera: Residuos sólidos municipales (RSM), residuos hospitalarios, residuos industriales, lodos de aguas residuales, otros

7.4.3.3. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad y parámetros requeridos para la estimación de GEI de esta categoría son población que quema sus residuos, composición, contenido de materia seca, contenido de carbono y fracción de carbono fósil de los residuos. Las fuentes de los datos de actividad utilizados para la estimación de esta categoría están detalladas en la Tabla 7.4.

Al igual que para la categoría de Disposición de residuos, los datos de actividad abarcan exclusivamente los residuos sólidos municipales. El manejo de datos para la construcción de la serie temporal y los supuestos tomados en cuenta se encuentran detallados en las secciones 7.2.3.1 y 7.4.3.

7.4.3.4. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ y CH₄ de la quema abierta de RSM se han empleado los parámetros por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, como se muestra en la Tabla 7.26.

Tabla 7.26 Incineración y quema abierta de residuos: factores de emisión y otros parámetros aplicados

GEI	Parámetro	Especificación	Valor	Unidad	Fuente
CO ₂	dm	Celulosa	0.40	Adimensional	Cuadro 2.4. Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006.
		Textiles	0.80		
		Cueros	0.84		
		Plástico	1.00		
	CF	Desechos inertes	0.90	Adimensional	
		Celulosa	0.70		
		Textiles	0.50		
		Cueros	0.67		
		Plástico	0.75		
	FCF	Desechos inertes	0.03	Adimensional	
Celulosa		0.10			
Textiles		0.20			
Cueros		0.20			
OF	Plástico	1.00	Adimensional	Cuadro 3.1, Capítulo 3, Volumen 5, Refinamiento del 2019 a las Directrices del IPCC de 2006.	
	Desechos inertes	1.00			
Bfrac	Se asume valor por defecto	0.58	Adimensional	Cuadro 5.2. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Volumen 5: Desechos. Refinamiento del 2019 a las Directrices del IPCC de 2006.	
	Tomando en consideración los sitios de disposición no gestionados - profundos	0.2			
CH ₄	FE CH ₄	Se asume valor por defecto	6500	g CH ₄ /ton	Sección 3.2.3. Capítulo 3: eliminación de desechos sólidos. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en INEC 2000, 2010 y 2023.

Siguiendo las pautas establecidas en las metodologías de las Directrices del IPCC de 2006, únicamente las emisiones de CO₂ derivadas de la oxidación durante la quema abierta de residuos compuestos por materiales de origen fósil, como plásticos, textiles, caucho, solventes líquidos y aceites desechados, se consideran emisiones netas y deben ser incorporadas en los totales de emisiones de CO₂. Por otro lado, las emisiones de CO₂ generadas por la combustión de materiales de biomasa, como papel, alimentos y residuos de madera, se clasifican como emisiones biogénicas y no deben ser incluidas en los totales de emisiones. Por consiguiente, aunque se emplee una caracterización de residuos similar a la utilizada en la categoría de disposición de residuos sólidos, los parámetros utilizados se enfocan exclusivamente en los residuos de origen fósil.

7.4.4. Descripción de la flexibilidad aplicada en la categoría

Para la siguiente categoría, no se ha aplicado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

7.4.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

No se contó con valores de incertidumbre específicos a nivel nacional por lo que se utilizaron los valores por defecto incluidos en la Sección 3.7, Capítulo 3, Volumen 5 de las Directrices del IPCC de 2006. La Tabla 7.27 asocia los valores de incertidumbre por defecto para cada dato de actividad, factor de emisión y parámetros utilizado en la estimación de la categoría de *incineración y quema abierta de residuos* en la subcategoría de *quema a cielo abierta*.

Tabla 7.27 Disposición de residuos sólidos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)

Categoría	GEI	Atribución	Descripción	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	Total de los Desechos sólidos municipales (MSWT)		60.00%	
		Fracción del MSWT enviado a los SEDS (MSWF)		60.00%	
		Incertidumbre total de la composición de los desechos		30.00%	
		Factor de emisión			40.00%
	CH ₄	Total de los Desechos sólidos municipales (MSWT)		60.00%	
		Fracción del MSWT enviado a los SEDS (MSWF)		60.00%	
		Incertidumbre total de la composición de losdesechos		30.00%	
		Factor de emisión			100.00%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En consecuencia, las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la categoría de *incineración y quema abierta de residuos* varía desde $\pm 98.5\%$ a 134.4% (Tabla 7.28). El resultado predominante de la incertidumbre está asociada a parámetros por defecto aplicados a los datos de actividad que pueden no reflejar apropiadamente las circunstancias nacionales.

Tabla 7.28 Disposición de residuos sólidos: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	90.0%	40.00%	98.5%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄	90.0%	100.0%	134.4%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para toda la serie de la *disposición de residuos sólidos* se utilizó información proveniente de estadísticas de población, lo que garantiza la coherencia y consistencia de los resultados de las emisiones a lo largo de todo el inventario.

7.4.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Dirigirse a la sección 7.2.5.

7.4.7. Nuevos cálculos de la categoría

Esta categoría se ha incluido por primera vez en este informe.

7.4.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El plan de mejora para la categoría de *Incineración y quema abierta de residuos* considera principalmente la estimación de la subcategoría de incineración controlada de residuos (Tabla 7.29). Las acciones identificadas en revisiones previas a los informes de inventario no contemplaban acciones específicas para esta categoría, debido a que no era estimada.

Tabla 7.29 Disposición de residuos sólidos: Plan de mejoras

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
RESIDUOS				
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	Estimar las emisiones correspondientes a la subcategoría de incineración de residuos	En abordaje	ALTA	Se realizó un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar en las estimaciones del sector, en donde se confirmó la existencia de información detallada proveniente de las empresas dedicadas a esta actividad.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

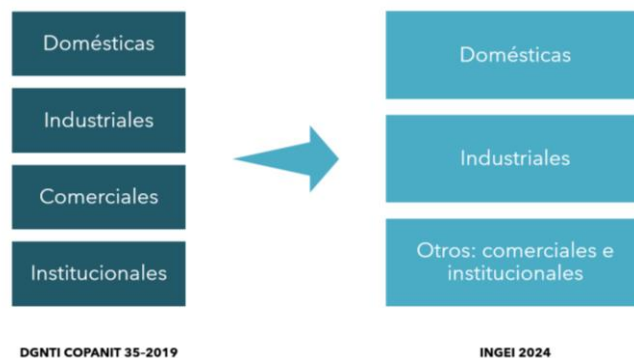
7.5. Tratamiento y eliminación de aguas residuales (CRT 5.D)

7.5.1. Descripción de la categoría

Según la normativa nacional, DGNTI COPANIT 39-2000 y DGNTI COPANIT 35-2019 (Ministerio de Comercio e Industrias, 2008, 2019), las aguas residuales son aguas de composición variada que han sufrido degradación de su calidad producto de su uso, provenientes de actividades domésticas, industriales, comerciales o institucionales. Estas pueden ser tratadas hasta cualquier nivel de calidad deseado, por lo que puede abarcar procesos químicos, biológicos o físicos, o una combinación de ellos (Englande et al., 2015). Por lo que, pueden incluir distintos tipos sistemas: alcantarillados conectados a plantas de tratamiento, tanques sépticos, letrinas o vertidas directamente a fuentes de aguas superficiales, entre otros (Ramírez-Melgarejo & Stringer, 2024).

En este contexto, la categoría aborda las emisiones del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales, en donde se produce CH₄ y N₂O. Esta categoría incluye las subcategorías *aguas residuales domésticas*, *aguas residuales industriales* y *Otros* (IPCC, 2006). Al analizar la normativa nacional, se decidió homologar las categorías como se detallan a continuación, Figura 7. 8.

Figura 7. 8 Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Homologación de categorías de aguas residuales.



Fuente. Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Como se observa, Panamá incluye los GEI de *aguas residuales domésticas* y *Otros (aguas residuales comerciales y/o institucionales)*, que para este inventario no se encuentran desagregados. No obstante, la categoría de *aguas residuales industriales*, por falta de tiempo para procesar la limitada estadística recopilada del tratamiento y eliminación de este tipo de aguas residuales, no ha sido incluida.

7.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *tratamiento y eliminación de aguas residuales* es la segunda categoría emisora del sector Residuos con el 11.4%. En 2021, las emisiones de GEI contabilizaron 149.4 kt CO₂ eq. incrementándose en 91.7 % desde 2000 y en un 4.1 % desde 2019 (Tabla 7.2 y Figura 7. 1).

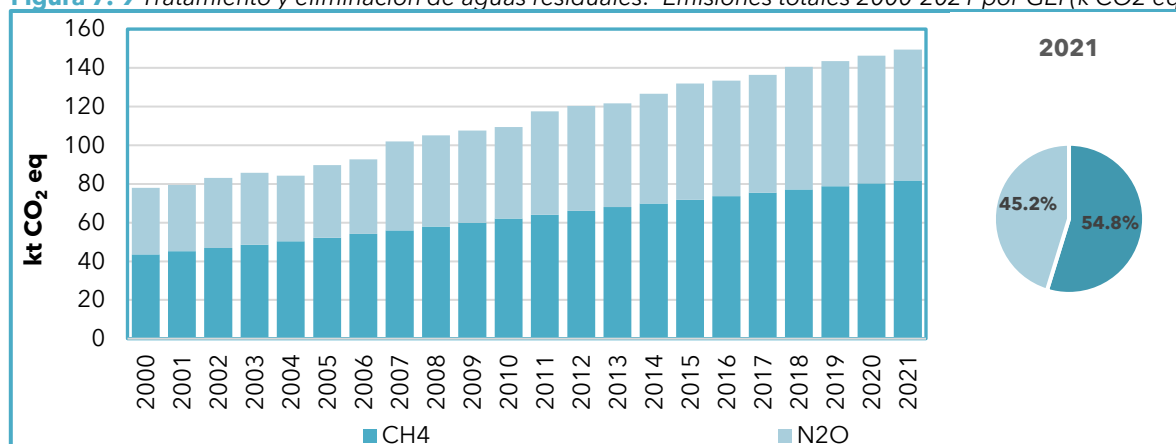
Al analizar el comportamiento de la categoría en este INGEI, se observa que las emisiones de CH₄ tienen el mayor aporte al balance de la categoría contabilizando un total de 81.8 kt CO₂ eq, que representa un 54.8 % de las emisiones en el 2021(Tabla 7.30). Por su parte, el N₂O representa un 45.2 % de las emisiones de la categoría (Figura 7. 9).

Tabla 7.30 Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales 2000-2021 por GEI (kt CO₂ eq)

GEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
CH ₄	43.6	62.0	68.0	75.4	78.8	80.3	81.8
N ₂ O	34.3	47.4	53.6	60.9	64.7	66.0	67.6
TOTAL	77.9	109.4	121.6	136.3	143.5	146.3	149.4

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 7. 9 Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales 2000-2021 por GEI (k CO₂ eq)



Fuente. Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Al igual que en las categorías de *Disposición de residuos sólidos e Incineración y quema abierta de residuos*, esta tendencia ha presentado un aumento constante en el tiempo que es atribuida al crecimiento poblacional que aumenta el uso de sistemas sanitarios y, por ende, es directamente proporcional a la generación de aguas residuales.

7.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Una vez considerado el árbol de decisión y dada la falta de información específica del país, se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, junto con el *Refinamiento de 2019 del IPCC*. Este enfoque se sustentó en parámetros y factores de emisión por defecto, así como en datos de actividad obtenidos a nivel nacional. En consecuencia, la estimación de emisiones de esta categoría solo considerará el *tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*. No obstante, debido a que la estimación se ha dado a través de datos poblacionales, se considera que las emisiones de las subcategorías de *Otros (aguas residuales comerciales y/o institucionales)* han sido agregadas en la subcategoría de *tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*, por lo que son reportadas como incluidas en otra parte (IE).

Si bien la categoría de *tratamiento y eliminación de aguas residuales* es categoría principal y sugieren un método de estimación superior, no fue posible su aplicación para

la estimación de las emisiones ya que es necesario mejorar la calidad de los datos sobre la caracterización detalla de las vías de tratamiento de aguas y definir parámetros nacionales como la capacidad máxima de producción de metano para cada tipo de sistema y el factor de corrección de metano para cada sistema para estimar los factores de emisión para cada vía de tratamiento.

Por su parte, las emisiones de *aguas residuales industriales* no han sido estimadas a la escasez de información estadística sobre esta categoría particular de aguas residuales y la limitación de tiempo para profundizar en la compilación de los datos disponibles. Las emisiones la Tabla 7.31 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 7.31 Tratamiento y eliminación de aguas residuales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2021

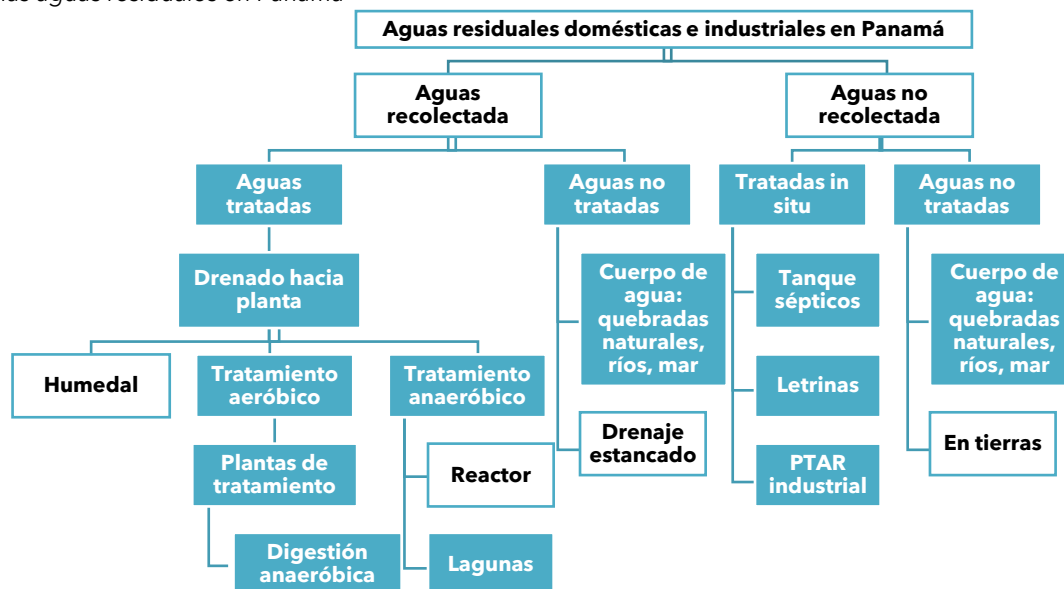
Categorías de fuente de GEI	CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
5.D.1. Aguas residuales domésticas	T1	D	T1	D
5.D.2. Aguas residuales industriales	NE	NE	NE	NE
5.D.3. Otros (aguas residuales comerciales y/o institucionales)	IE	IE	IE	IE

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; IE= incluido en otra parte; NE = no estimado; NO = no ocurre

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En el 2023, Panamá, a través de dictamen de expertos integrado por el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN), el Departamento de Demografía y Sección de Estadísticas Ambientales del INEC y el Equipo Técnico del Sector Residuos; identificó los principales medios de disposición de aguas residuales (Figura 7. 10), resaltando que su grado de utilización depende de la disponibilidad/accesibilidad en cada región del país.

Figura 7. 10 Tratamiento y eliminación de aguas residuales: identificación de vías/sistemas de eliminación de las aguas residuales en Panamá



Fuente: Elaboración propia a partir de dictamen de expertos, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En esta identificación, es importante señalar que un porcentaje significativo de las plantas de tratamiento y lagunas facultativas no se encuentran actualmente bajo la administración del IDAAN, actor participe del dictamen de expertos. Por lo tanto, en futuras actualizaciones de este ejercicio será necesario incluir a otros actores relevantes, como la Autoridad de Servicios Públicos (ASEP), el Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible (CONADES), el sector privado, entre otros.

Las letrinas siguen formando parte de los sistemas de tratamiento de aguas residuales presentes en el país, especialmente en las zonas rurales. Su prevalencia ha disminuido significativamente, pasando del 43.0 % en el año 2000 al 18.5 % en 2023 a nivel nacional. Es importante destacar que se han llevado a cabo esfuerzos considerables para reducir su presencia, aunque no se dispone de información estadística actualizada y específica que permita evaluar el impacto de los proyectos e iniciativas en esta reducción.

En cuanto a la estimación de emisiones de CH₄ y N₂O derivadas de las aguas residuales, la metodología utiliza datos sobre la población total del país. Por lo que, se consultó a expertos sobre los supuestos a emplear para obtener la fracción de la población y la distribución de los distintos tipos de sistemas (como tanques sépticos, letrinas, etc.). Iniciando así con la adopción de definiciones de población en zonas urbanas y rurales del INEC (Tabla 7.32) con el fin de mantener la coherencia con las estadísticas nacionales.

Tabla 7.32

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: homologación de población urbana y rural para Panamá

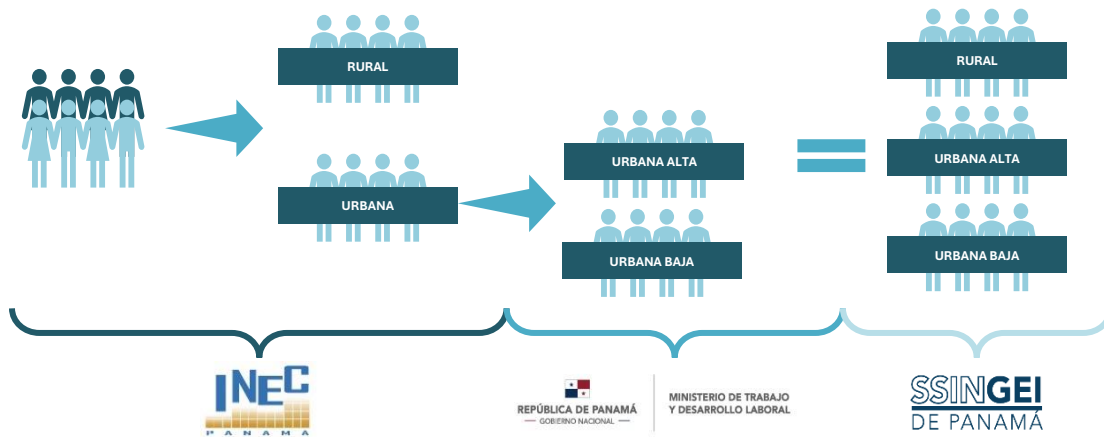
Población urbana	Población rural
La población urbana son agrupaciones de 1,500 y más habitantes y que, además, reúnen las condiciones de vida usualmente reconocidas como urbanas (servicios básicos, calles, edificios, establecimientos comerciales, centros sociales y recreativos).	La población rural se definió como la que habita en caseríos que no son cabeceras de distrito o que no llegan a 1,000 habitantes

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEC, 2014), Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Además, se determinó que la evolución histórica nacional de los salarios mínimos (Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral, 2020; Patiño Martínez & Godoy O., 2023, p. 2021) sería el indicador idóneo para segmentar la población urbana, ya que proporcionaba un amplio contexto histórico para comprender el entorno urbano (Figura 7. 11). De manera que, al considerar la combinación de la población urbana con ingresos superiores al salario mínimo, se obtiene la fracción de población urbana alta, mientras que aquellos con ingresos iguales o inferiores al salario mínimo representan la fracción de población urbana baja.

Figura 7. 11

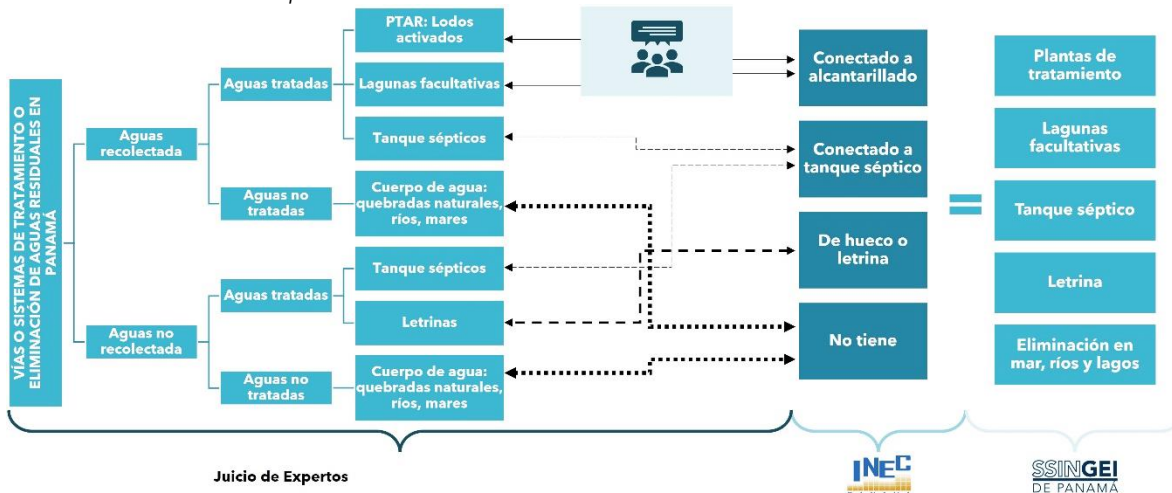
Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Proceso para la fracción de la población en Panamá



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Así mismo, para la estructura de distribución de las diferentes vías/sistemas de tratamiento o eliminación de aguas residuales se siguió la identificación realizada por el dictamen de expertos y homologó con la base de datos del INEC, realizando un ajuste entre las plantas de tratamiento (PTAR) y lagunas facultativas y en lo descrito como conectado a alcantarillado (Figura 7. 12)

Figura 7. 12 Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Redistribución de las vías/sistemas de tratamiento o eliminación para Panamá



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Para la redistribución de conectado a alcantarillado a plantas de tratamiento y lagunas facultativas, se asignaron valores fijos a lo largo de toda la serie histórica para la población urbana y rural, como se detalla en la Tabla 7.33. Pues, no se dispone de información específica para respaldar la identificación surgida a través del dictamen de expertos.

Tabla 7.33

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: redistribución de los datos de conectado a alcantarillado

Vía/Sistema de tratamiento	Población urbana	Población rural
Planta de tratamiento	95.0 %	90.0 %
Lagunas facultativas	5.0 %	10.0 %

Fuente: Elaboración propia a partir del dictamen de Expertos, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

7.5.3.1. Metodología para la estimación de emisiones de CH₄

Para la estimación de emisiones de CH₄, producto de las aguas residuales, se utilizaron datos específicos de la población total del país con las consideraciones de fracción de la población y distribución de vías/sistemas de tratamiento o eliminación descritas en la Sección 7.5.3. Además, parámetros por defecto referidos a demanda biológica de oxígeno (DBO), capacidad máxima de producción de CH₄ (B_o), eliminación de lodos (S) y del MCF para cada tipo de sistema sanitario como indican las *Directrices del IPCC de 2006 y el Refinamiento de 2019 del IPCC*. En consecuencia, la estimación de emisiones considera las siguientes ecuaciones:

Ecuación 7.7

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas

$$TOW = P \times DBO \times 0.001 \times 365$$

Fuente: Ecuación 6.3, Capítulo 6, Volumen 5, *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Donde:

- TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg de DBO/año
- P = población del país en el año del inventario (personas)
- DBO = demanda biológica de oxígeno per cápita específica del país en el año del inventario, g/personas/día
- 0.001 = conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO

Ecuación 7.8

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas por vía o sistema de tratamiento o eliminación

$$TOW_j = \sum_i [TOW \times U_i \times T_{ij} \times I_j]$$

Fuente: Ecuación 6.3A, Capítulo 6, Volumen 5, *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Donde:

- TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg de DBO/año
- TOW_j = total de materia orgánica en las aguas residuales por vía o sistema de tratamiento o eliminación j del año del inventario, kg de DBO/año
- U_i = fracción de la población del grupo de ingresos i en el año de inventario
- T_{ij} = grado de utilización de vía o sistema de tratamiento o eliminación j, para cada fracción de grupo de ingresos i en el año del inventario
- I_j = factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas (si es recolectado el valor por defecto es 1.25, si no es recolectado el valor por defecto es 1.00)
- i = grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos
- j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación

Ecuación 7.9

Factor de emisión de CH₄ para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

Fuente: Ecuación 6.2, Capítulo 6, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- EF_j = factor de emisión, kg de CH₄/kg de DBO
- j = cada vía o sistema de tratamiento o eliminación
- B_o = capacidad máxima de producción de CH₄, kg de CH₄/kg de DBO
- MCF_j = factor corrector para el metano (fracción)

Ecuación 7.10

Componente orgánico eliminado como lodo de los sistemas sépticos

$$S_{\text{tanque séptico}} = TOW_{\text{tanque séptico}} \times F \times 0.5$$

Fuente: Ecuación 6.3c, Capítulo 6, Volumen 5, *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Donde:

- $S_{\text{tanque séptico}}$ = componente orgánico eliminado de las aguas residuales (en forma de lodos) en sistemas sépticos, kg DBO/año
- $TOW_{\text{tanque séptico}}$ = total de materia orgánica en las aguas residuales del año de inventario de los sistemas sépticos, kg DBO/año
- F = fracción de la población que gestiona su fosa séptica de conformidad con la instrucción de eliminación de lodos de su sistema séptico
- 0.5 = fracción de materia orgánica de las aguas residuales eliminada en los lodos cuando la fosa séptica se gestiona de acuerdo con las instrucciones de eliminación de lodos

Ecuación 7.11

Emissiones totales de CH_4 procedentes de las aguas residuales domésticas

$$\text{Emissiones de } CH_4 = [(TOW_j - S_j) \times EF_j - R_j]$$

Fuente: Ecuación 6.1, Capítulo 6, Volumen 5, *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Donde:

- Emisiones de CH_4 = emisiones de CH_4 durante el año del inventario, kg de CH_4 /año
- TOW_j = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario por vía o sistema de tratamiento o eliminación j , kg de DBO/año
- S_j = componente orgánico separado como lodo por vía o sistema de tratamiento o eliminación j durante el año del inventario, kg. de DBO/año
- EF_j = factor de emisión, kg de CH_4 /kg de DBO
- R_j = cantidad de CH_4 recuperada por vía o sistema de tratamiento o eliminación j durante el año del inventario, kg de CH_4 /año
- j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación

7.5.3.2. Metodología para la estimación de emisiones de N_2O

Para la estimación de emisiones de N_2O de las aguas residuales se utilizaron datos específicos de la población total del país con las consideraciones de fracción de la población y distribución de vías/sistemas de tratamiento o eliminación descritas en la Sección 7.5.3. Además, el promedio anual de la disponibilidad diaria de proteína per cápita, como también parámetros por defecto referidos a contenido de N en procedente del uso de productos domésticos (N_{HH}), Factores de ajustes ($F_{NON-CON}$ y $F_{IND-COM}$) y Fracción de nitrógeno contenido en la proteína (F_{NPR}) disponibles en las *Directrices del IPCC de 2006 y el Refinamiento de 2019 del IPCC*. Por tanto, la estimación considera las ecuaciones siguientes:

Ecuación 7.12

Nitrógeno total en las aguas residuales domésticas por vía o sistema de tratamiento

$$TN_{DOM_j} = P_j \times \text{Proteína} \times N_{HH} \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}$$

Fuente: Ecuación 6.10, Capítulo 6, Volumen 5, *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Donde:

- TN_{DOM_j} = cantidad total anual de nitrógeno en las aguas residuales domésticas para la vía de tratamiento j , kg de N/año
- $P_{\text{vía/sistema } j}$ = población humana atendida por la vía o sistema de tratamiento j , personas/año
- Proteína = consumo per cápita anual de proteínas, kg/personas/año
- N_{HH} = nitrógeno adicional procedente de productos domésticos añadido a las aguas residuales, por defecto = 1,1

- F_{NPR} = fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0,16 kg de N/kg de proteína
- $F_{NON-CON}$ = factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales
- $F_{IND-COM}$ = factor para las proteínas industriales y comerciales eliminadas en los sistemas de alcantarillado
- j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación

Ecuación 7.13

Nitrógeno total en las aguas residuales domesticas vertidas a efluentes

$$N_{EFLUENTE,DOM} = \sum_j [(TN_{DOM} \times T_j) \times (1 - N_{REM_j})]$$

Fuente: Ecuación 6.8, Capítulo 6, Volumen 5, Refinamiento de 2019 del IPCC.

Donde:

- $N_{EFLUENTE}$ = cantidad total anual de aguas residuales vertido al medio acuático en el año de inventario, kg de N/año
- T_j = grado de utilización de vía o sistema de tratamiento o eliminación j en el año del inventario
- j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación
- N_{REM} = fracción del nitrógeno total de las aguas residuales eliminado durante el tratamiento de las aguas residuales por tipo de tratamiento j

Ecuación 7.14 Nitrógeno total en las aguas residuales domesticas en las plantas de tratamiento

$$Emisiones\ de\ N_2O_{plantas\ DOM} = \left[\sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] \times TN_{DOM} \times 44/28$$

Fuente: Ecuación 6.9, Capítulo 6, Volumen 5, Refinamiento de 2019 del IPCC.

Donde:

- $N_2O_{plantas\ DOM}$ = emisiones de N_2O de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas durante el año del inventario, kg de N_2O /año
- TN_{DOM} = cantidad total anual de nitrógeno en las aguas residuales domésticas durante el año del inventario, kg de N/año
- U_i = fracción de la población del grupo de ingresos i en el año de inventario
- $T_{i,j}$ = grado de utilización de vía o sistema de tratamiento o eliminación j , para cada fracción de grupo de ingresos i en el año del inventario
- EF_j = factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento/descarga j , kg de N_2O /kg de N
- El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg de N_2O-N en kg de N_2O
- i = grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos
- j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación

Ecuación 7.15 Emisiones de N_2O provenientes de las aguas residuales a efluentes

$$Emisiones\ de\ N_2O = N_{EFLUENTE,DOM} \times EF_{EFLUENTE} \times 44/28$$

Fuente: Ecuación 6.7, Capítulo 6, Volumen 5, Refinamiento de 2019 del IPCC.

Donde:

- Emisiones de N_2O = emisiones de N_2O durante el año del inventario, kg de N_2O /año
- $N_{EFLUENTE}$ = nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/año
- $EF_{EFLUENTE}$ = factor de emisión para las emisiones de N_2O provenientes de la eliminación en aguas servidas, kg de N_2O /kg de N
- El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg de N_2O-N en kg de N_2O

7.5.3.3. Datos de actividad específicos de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector Residuos, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 7.1.3 y Sección 7.5.3. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales de describen a continuación.

Para la determinación de la población total anual del país se tomaron en cuenta los Censos de Población INEC (1990, 2000, 2010, 2023), y a partir de esta información se realizaron las estimaciones interanuales necesarias utilizando las *Directrices del IPCC de 2006* para la interpolación lineal (Tabla 7.34). Esta información es utilizada para determinar el total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas, en conjunto con el valor de DBO por cápita por defecto (40.0 g/persona/día).

Tabla 7.34 Tratamiento y eliminación de aguas residuales: población 2000-2021

Año	Población
2000	2,839,177.0
2001	2,894,916.2
2002	2,951,124.3
2003	3,007,702.7
2004	3,064,552.4
2005	3,121,574.6
2006	3,178,670.4
2007	3,235,741.0
2008	3,292,687.5
2009	3,349,411.1
2010	3,405,813.0
2011	3,461,794.2
2012	3,517,256.0
2013	3,572,099.5
2014	3,626,225.8
2015	3,679,536.1
2016	3,731,931.5
2017	3,783,313.2
2018	3,833,582.4
2019	3,882,640.1
2020	3,930,387.6
2021	3,976,726.0

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

De igual manera, para la fracción de la población y la distribución de las vías/sistemas de tratamiento o eliminación de aguas residuales se siguió lo descrito en la Sección 7.5.3, de manera que se utilizaron los Censos de Población y de Vivienda de Panamá (INEC, 1990, 2000, 2010, 2023) y un método de interpolación con espaciado variable, que en este caso fue el método de Lagrange (Tabla 7.35 y Tabla 7.36). La utilización de este método para la estimación de la población en los años intermedios a los censos se realizó con el objetivo de obtener valores más precisos de la cantidad de habitantes, ya que las proyecciones del país han estimado un crecimiento poblacional mayor al que se evidencia en los censos realizados.

Tabla 7.35

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: fracción de la población por grupo de ingresos 2000-2021

Año	Población rural	Población urbana baja	Población urbana alta
2000	0.40	0.22	0.38
2001	0.40	0.22	0.37
2002	0.41	0.22	0.37
2003	0.42	0.22	0.37
2004	0.42	0.22	0.36
2005	0.43	0.21	0.36
2006	0.43	0.21	0.36
2007	0.44	0.21	0.35
2008	0.44	0.21	0.35
2009	0.44	0.21	0.35
2010	0.45	0.20	0.35
2011	0.45	0.20	0.35
2012	0.45	0.20	0.35
2013	0.45	0.20	0.35
2014	0.45	0.20	0.35

Año	Población rural	Población urbana baja	Población urbana alta
2015	0.45	0.20	0.34
2016	0.45	0.20	0.34
2017	0.45	0.20	0.34
2018	0.45	0.20	0.34
2019	0.45	0.21	0.34
2020	0.45	0.21	0.34
2021	0.45	0.21	0.34

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla 7.36

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: grado de utilización de la vía/sistema del tratamiento o eliminación 2000-2021

Año	Población rural				Población urbana baja				Población urbana alta						
	Planta de Tratamiento	Lagunas Facultativas	Sistema Séptico	Letrina	Eliminación en mar, ríos y lagos	Planta de Tratamiento	Lagunas Facultativas	Sistema Séptico	Letrina	Eliminación en mar, ríos y lagos	Planta de Tratamiento	Lagunas Facultativas	Sistema Séptico	Letrina	Eliminación en mar, ríos y lagos
2000	0.00	0.00	0.06	0.24	0.08	0.17	0.01	0.10	0.12	0.01	0.09	0.00	0.06	0.07	0.00
2001	0.00	0.00	0.06	0.24	0.07	0.17	0.01	0.11	0.12	0.01	0.09	0.00	0.06	0.07	0.00
2002	0.00	0.00	0.06	0.24	0.07	0.17	0.01	0.11	0.12	0.00	0.09	0.00	0.06	0.06	0.00
2003	0.00	0.00	0.06	0.23	0.07	0.17	0.01	0.12	0.11	0.00	0.09	0.00	0.06	0.06	0.00
2004	0.00	0.00	0.06	0.23	0.07	0.17	0.01	0.12	0.11	0.00	0.09	0.00	0.06	0.06	0.00
2005	0.00	0.00	0.06	0.22	0.07	0.18	0.01	0.13	0.11	0.00	0.09	0.00	0.06	0.06	0.00
2006	0.00	0.00	0.07	0.22	0.07	0.18	0.01	0.13	0.10	0.00	0.09	0.00	0.06	0.05	0.00
2007	0.00	0.00	0.07	0.21	0.07	0.18	0.01	0.14	0.10	0.00	0.09	0.00	0.07	0.05	0.00
2008	0.00	0.00	0.07	0.21	0.07	0.18	0.01	0.14	0.10	0.00	0.09	0.00	0.07	0.05	0.00
2009	0.01	0.00	0.07	0.21	0.06	0.19	0.01	0.15	0.09	0.00	0.09	0.00	0.07	0.04	0.00
2010	0.01	0.00	0.08	0.20	0.06	0.19	0.01	0.15	0.09	0.00	0.09	0.00	0.07	0.04	0.00
2011	0.01	0.00	0.08	0.20	0.06	0.19	0.01	0.15	0.09	0.00	0.09	0.00	0.07	0.04	0.00
2012	0.01	0.00	0.09	0.19	0.06	0.20	0.01	0.16	0.08	0.00	0.09	0.00	0.07	0.04	0.00
2013	0.01	0.00	0.09	0.19	0.06	0.20	0.01	0.16	0.08	0.00	0.09	0.00	0.07	0.03	0.00
2014	0.01	0.00	0.10	0.18	0.06	0.20	0.01	0.16	0.07	0.00	0.09	0.00	0.07	0.03	0.00
2015	0.01	0.00	0.10	0.17	0.06	0.21	0.01	0.16	0.07	0.00	0.09	0.00	0.07	0.03	0.00
2016	0.01	0.00	0.11	0.17	0.06	0.21	0.01	0.17	0.06	0.00	0.09	0.00	0.07	0.02	0.00
2017	0.01	0.00	0.11	0.16	0.06	0.21	0.01	0.17	0.06	0.00	0.10	0.01	0.08	0.02	0.00
2018	0.01	0.00	0.12	0.16	0.06	0.22	0.01	0.17	0.05	0.00	0.10	0.01	0.08	0.02	0.00
2019	0.01	0.00	0.13	0.15	0.06	0.22	0.01	0.17	0.05	0.00	0.10	0.01	0.08	0.02	0.00
2020	0.01	0.00	0.14	0.14	0.05	0.22	0.01	0.17	0.04	0.00	0.10	0.01	0.08	0.02	0.00
2021	0.01	0.00	0.14	0.13	0.05	0.23	0.01	0.17	0.04	0.00	0.11	0.01	0.08	0.01	0.00

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Para complementar los datos de actividad requeridos para la estimación de N₂O, la Tabla 7.37 muestra el promedio anual de la disponibilidad diaria de la proteína per cápita (kg/persona/año) para 2000-2021 obtenido a través de estadísticas de las Hojas de Balance de Alimentos (INEC, 2021).

Tabla 7.37

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: disponibilidad diaria de la proteína per cápita 2000-2021 (kg/persona/año)

Año	Proteína per cápita (kg/persona/año)
2000	24.3
2001	23.7
2002	24.5
2003	24.6
2004	21.9
2005	23.7
2006	23.8

Año	Proteína per cápita (kg/persona/año)
2007	27.7
2008	27.8
2009	27.5
2010	26.8
2011	29.6
2012	29.5
2013	28.5
2014	29.6
2015	30.8
2016	30.1
2017	30.2
2018	30.8
2019	31.0
2020	31.1
2021	31.4

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

7.5.3.4. Factores de emisión aplicados en la categoría

En el proceso del inventario del sector Residuos, se siguieron los métodos y procesos generales delineados en la Sección 7.1.3. Además, se llevaron a cabo acciones específicas destinadas a esta categoría, las cuales se detallan a continuación.

Para seleccionar el factor de emisión de CH₄, se utilizaron datos por defecto correspondientes a la B₀ y el MCF para cada tipo de sistema sanitario identificados por dictamen de expertos y descrito en la Sección 7.5.3. En cuanto, a los demás factores de emisión y parámetros, la Tabla 7.38 presenta los aplicados al cálculo.

Tabla 7.38

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: factores de emisión y parámetros aplicados en la categoría

GEI	Parámetro	Especificación	Valor	Unidad	Descripción	Fuente
CH ₄	DBO per cápita [DBO]		40	g/persona/día	América Latina	Cuadro 6.4. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento del 2019 de las Directrices del IPCC 2006
	Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas [I]		1.25	adimensional	Si es recolectado el valor por defecto es 1.25, si no es recolectado el valor por defecto es 1.00.	Ecuación 6.3. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento del 2019 de las Directrices del IPCC de 2006
	Capacidad máxima de producción de CH ₄ [Bo]		0.6 kg. de	CH ₄ /kg. de BOD		Cuadro 6.2. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006
	Factor corrector para el metano [MCF]	Eliminación en río, lago y mar.	0.11	adimensional	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida (3-5 personas)	Cuadro 6.3. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006
		Planta de tratamiento	0.03			
		Lagunas facultativas	0.2			
		Sistema séptico	0.5			
		Letrina	0.1			

GEI	Parámetro	Especificación	Valor	Unidad	Descripción	Fuente
N ₂ O	Fracción de orgánicos eliminados en los lodos de sistemas sépticos	Sistema séptico	0.5	adimensional		Ecuación 6.3c. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC 2006
	Fracción de la población que gestiona su fosa séptica de conformidad con las instrucciones de eliminación de lodos[F]	Sistema séptico	0.5	adimensional		Ecuación 6.3c. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006
	Eliminación del componente orgánico de las aguas residuales en forma de lodos [K _{REM}]	Plantas de tratamiento	0.8	kg. de BOD/kg. de masa seca de lodo		Cuadro 6.6a. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006
	Fracción de eliminación de sustancias orgánicas en tratamiento de aguas residuales [TOW _{REM}]	Eliminación en río, lago y mar.	0	adimensional		Cuadro 6.6b Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006
		Planta de tratamiento	0.85			
		Lagunas facultativas	0.85			
		Sistema séptico	0.625			
		Letrina	0.1			
	Nitrógeno procedente de uso doméstico productos domésticos [N _{HH}]		1.1	adimensional		Ecuación 6.10. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006
	Factor de proteína consumida [FPC]		0.9	adimensional		Cuadro 6.10A. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006
	Fracción del nitrógeno total de las aguas residuales eliminado durante el tratamiento de las aguas residuales por tipo de tratamiento [N _{REM}]	Eliminación en río, lago y mar.	0	adimensional		Cuadro 6.10c. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006
		Planta de tratamiento	0.4			
		Lagunas facultativas	0.4			
		Sistema séptico	0.2			
		Letrina	0.1			
Fracción de nitrógeno contenido en la proteína [F _{NPR}]		0.16	kg. de N/kg. de proteína		Cuadro 6.11. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006	
Factor de ajuste para la proteína no consumida [F _{NON-CON}]		1	adimensional	País con eliminación de basura.	Cuadro 6.10A. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006	
Factor introducido para tomar en cuenta las co-descargas de nitrógeno industrial en los alcantarillados [F _{IND-COM}]		1.25	adimensional	Países con eliminación en el fregadero	Ecuación 6.10. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Directrices del IPCC de 2006	
Factor de emisión [EF _{efluente}]	Eliminación en río, lago y mar.	0.005	(kg. de N ₂ O-N/kg. de N)		Cuadro 6.8A. Capítulo 6. Volumen 5: Desechos. Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006	
Factor de emisión [EF _{planta}]	Planta de tratamiento	0.016				
	Lagunas facultativas	0				
	Sistema séptico	0				
	Letrina	0				

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

7.5.4. Descripción de la flexibilidad aplicada en la categoría

Para la siguiente categoría, no se ha aplicado flexibilidad adicional al cambio de inicio de la serie temporal y al último año de reporte, las cuales han sido descritas en la sección 1.9 y son aplicables a todo el inventario.

7.5.5. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

No se contó con valores de incertidumbre específicas a nivel nacional por lo que se utilizaron los valores por defecto propuestos en la Sección 6.3.3, Capítulo 6 y el *Refinamiento de 2019 del IPCC*, Volumen 5 de las Directrices del IPCC de 2006.

La Tabla 7.39 asocia los valores de incertidumbre por defecto para cada dato de actividad, factor de emisión y parámetros utilizado en la estimación de la categoría de *tratamiento y eliminación de aguas residuales*. En caso de no contar con una incertidumbre específica, se consideró el valor por defecto dentro del rango de incertidumbre establecido por las *Directrices del IPCC de 2006* y el *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

Tabla 7.39

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)

Categoría	GEI	Atribución	Descripción	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)
5.D Aguas residuales	CH ₄	Capacidad máxima de producción de CH ₄			30.00%
		Fracción tratada en condiciones anaeróbicas (MCF)	Eliminación en río, lago y mar		50.00%
			Letrina		30.00%
			Lagunas facultativas		50.00%
			Plantas de tratamiento		10.00%
			Sistema séptico		10.00%
		Población (P)			5.00%
		DBO por persona			30.00%
		Fracción del grupo de ingresos de la población (U)			15.00%
		Grado de utilización de la vía o el sistema de tratamiento y/o eliminación para cada grupo de ingresos (T _{ij})	Eliminación en río, lago y mar		50.00%
			Letrina		50.00%
			Lagunas facultativas		50.00%
			Plantas de tratamiento		50.00%
			Sistema séptico		50.00%
Redistribución del grado utilización de Plantas de tratamiento y Lagunas facultativas	Dictamen de expertos		100.00%		
Factor de corrección para BOD industrial adicional eliminado en alcantarillas (I)			20.00%		
5.D Aguas residuales	N ₂ O	Factor de emisión (E _{EFLUENTE})	Eliminación en río, lago y mar		1400.00%
			Letrina		0.00%
			Lagunas facultativas		0.00%
			Plantas de tratamiento		181.25%
			Sistema séptico		0.00%
		Población (P)		10.00%	
Proteína		10.00%			

Categoría	GEI	Atribución	Descripción	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)
		Fracción de nitrógeno contenido en la proteína (F _{NPR})		6.25%	
		Factor de ajuste para la proteína no consumida (F _{NON-CON})		50.00%	
		Factor introducido para tomar en cuenta las co-descargas de nitrógeno industrial en los alcantarillados (F _{IND-COM}).		900.00%	
		Fracción del nitrógeno total de las aguas residuales eliminado durante el tratamiento de las aguas residuales por tipo de tratamiento (N _{REM})	Eliminación en río, lago y mar Letrina Lagunas facultativas Plantas de tratamiento Sistema séptico	0.00%	75.00% 37.50% 37.50% 66.67%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En consecuencia, la incertidumbre combinada de las categorías de fuente de GEI del *tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas* varían desde $\pm 176.2\%$ a 1679.1% (Tabla 7.40). El resultado predominante de la incertidumbre está asociada a los factores de emisión y parámetros por defecto que pueden no reflejar apropiadamente las circunstancias nacionales.

Tabla 7.40

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: incertidumbre combinada (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
5.D.1. Aguas residuales domésticas	CH ₄	155.1%	83.7%	176.2%
	N ₂ O	909.2%	1411.7%	1679.1%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En cuanto a la consistencia de la serie temporal, se han incorporado nuevos parámetros y factores de emisión para todos los años en este nuevo INGEI (2000-2021). Además, los datos provienen de estadísticas nacionales, lo que garantiza la coherencia y consistencia de los resultados de las emisiones a lo largo de toda la serie temporal.

7.5.6. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Dirigirse a la sección 7.2.6.

7.5.7. Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos en la categoría de tratamiento y eliminación de aguas residuales a lo largo de toda la serie temporal constituyen un hito significativo en la mejora del sector. Este proceso, conforme a lo descrito en la Sección 7.5.3, ha abordado de manera exhaustiva la identificación de las principales vías o sistemas de disposición de aguas residuales, así como la fracción de la población, la distribución de dichas vías o sistemas de tratamiento y eliminación y corrección de factores, tal como se señala en la Tabla 7.42.

El impacto de esta revisión se manifiesta claramente en las notables variaciones observadas en las emisiones de la categoría, como se documenta en la Tabla 7.41. Aunque las modificaciones en supuestos, factores de emisión y parámetros han

generado ajustes en la categoría, la incorporación de nuevas ecuaciones y tablas presentadas en el *Refinamiento de 2019 del IPCC* ha provocado cambios en la metodología en comparación con el inventario anterior. Por consiguiente, es relevante destacar que estos cambios han incidido en los patrones observados en la Figura 7. 13, demostrando una mejora sustancial en la precisión y representatividad de los cálculos efectuados.

Tabla 7.41

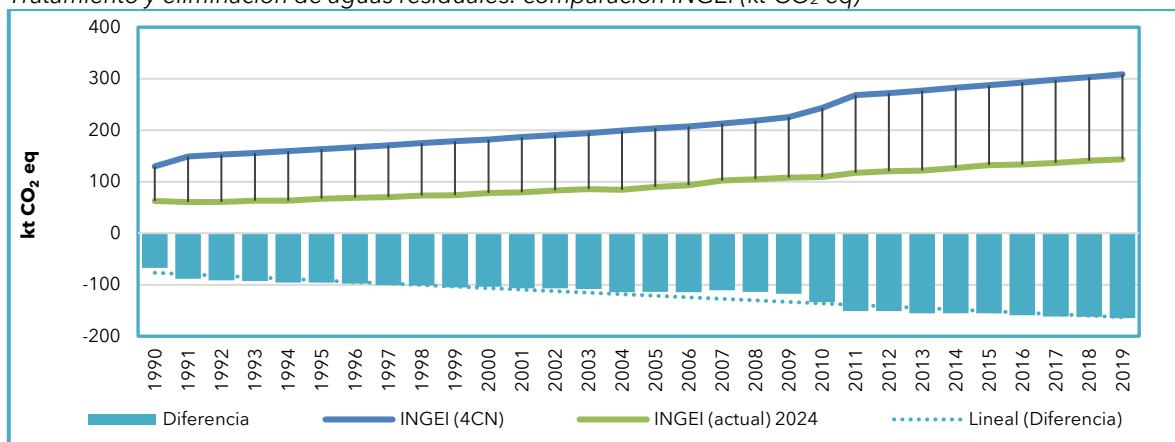
Tratamiento y eliminación de aguas residuales: comparación INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI anteriores	182.1	243.3	502.4	297.9	308.5		
INGEI actual	77.9	109.4	121.6	136.3	143.5	146.3	149.4
Diferencia	-104.2	-133.9	-155.4	-161.6	-165.0		
Diferencia %	-57.20%	-55.03%	-56.12%	-54.23%	-53.50%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 7. 13

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: comparación INGEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla 7.42

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
RESIDUOS			
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Identificación de las vías o sistemas de tratamiento o eliminación en el país.	Exactitud	DA
	Homologación de las vías o sistemas de tratamientos nacionales con las Directrices del IPCC de 2006.	Exactitud	DA
	Definición del método de desagregación para la fracción de grupo de ingresos.	Coherencia	DA
	Definición del método de desagregación para el grado de utilización de vía o sistema de tratamiento o eliminación según fracción de grupo de ingresos.	Coherencia	DA
	Ajuste al valor por defecto de factor de corrección para DBO industrial adicional (I) en las estimaciones de CH ₄ .	Exhaustividad	FE
	Adición del factor de nitrógeno adicional y factor de las proteínas no consumidas en las estimaciones de N ₂ O.	Exhaustividad	FE
	Mejora de la información sobre el cálculo de incertidumbre para el factor de emisión de N ₂ O.	Exhaustividad	DA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

7.5.8. Plan de mejoramiento específico de la categoría

El plan de mejora para la categoría de *tratamiento y eliminación de aguas residuales* aborda una serie de áreas críticas para optimizar la calidad y precisión de los datos. Se

enfoca principalmente en la inclusión de información en la subcategoría existente (*aguas residuales domésticas*), lo que permitirá mejorar las estimaciones realizadas. No obstante, se reconoce la necesidad de dedicar esfuerzos adicionales a la revisión, gestión y evaluación de subcategorías no estimadas, como las *aguas residuales industriales*.

En este sentido, se ha trabajado de forma constante en el involucramiento de los actores clave del sector y en la actualidad se mantienen avances en todas las mejoras planificados, como se detalla en la Tabla 7.43. Este enfoque holístico y colaborativo tiene como propósito fortalecer la base de datos y mejorar la precisión de las estimaciones en la categoría de tratamiento y eliminación de aguas residuales.

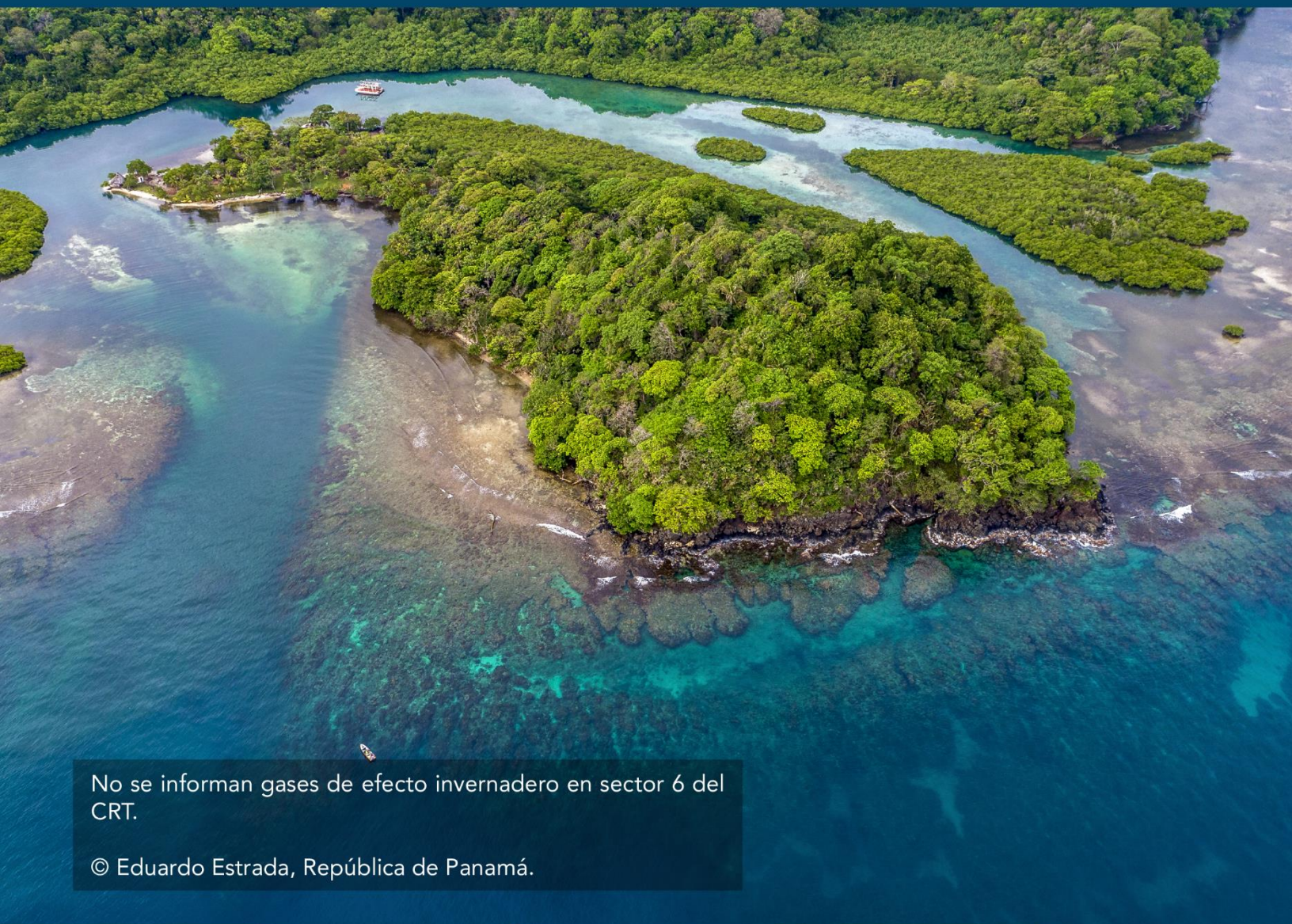
Tabla 7.43

Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Plan de mejoras

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
RESIDUOS				
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Mejora de la información sobre la generación de lodos, su eliminación y usos.	En Abordaje	ALTA	A través de un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar, identificaron sitios de disposición de lodos y las normativas que rige la actividad.
	Inclusión de lodos en la estimación de las emisiones de CH ₄ derivadas del tratamiento de las aguas residuales.	En Abordaje	ALTA	A la fecha, no ha podido obtener datos de la actividad, pero se han identificado proveedores de datos.
	Realizar las gestiones para revisar y evaluar la información estadística sobre las aguas residuales industriales e involucrando a los actores claves para asegurar la calidad de los datos.	En Abordaje	ALTA	A través de un taller con actores claves del sector se identificaron posibles fuentes de emisión y proveedores de datos para la inclusión de la categoría.
	Realizar una corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos	En Abordaje	ALTA	Se trabaja con el Equipo Técnico para seleccionar un método que incorpore esta variable.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024


8 OTROS SECTORES



No se informan gases de efecto invernadero en sector 6 del CRT.

© Eduardo Estrada, República de Panamá.

9 EMISIONES INDIRECTAS DE CO₂ y N₂O



Las emisiones indirectas de CO₂ resultantes de la oxidación atmosférica del CH₄, el CO y los COVDM y las emisiones indirectas de N₂O derivadas de fuentes distintas de los sectores Agricultura y UTCUTS no fueron estimadas ya que el país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para realizar estas estimaciones.

© Eduardo Estrada, República de Panamá.

10 NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INVENTARIO

El Plan de Mejora del Inventario busca garantizar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de los inventarios según se define en las Directrices del IPCC de 2006.

© Autoridad de Turismo de Panamá.



CAPÍTULO 10. NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INGEI

La implementación del Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI) ha impulsado la institucionalización y el fortalecimiento de capacidades en el desarrollo de los INGEI en Panamá. Esto ha resultado que los INGEI de Panamá sean más transparentes, exhaustivos, coherentes, comparables y exactos.

En el marco de este avance, el INGEI2024 presenta diferencias significativas respecto al inventario previamente reportado ante la Convención como parte de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático (4CN), que abarcaba el período de 2000-2019. La versión actualizada ahora abarca el período de 2000 a 2021. Estas diferencias se fundamentan en ajustes metodológicos, la inclusión de nuevas fuentes identificadas y la refinación de los datos de actividad, garantizando una comparabilidad consistente a lo largo de la serie temporal.

10.1. Justificación e implicancias de los nuevos cálculos

Este nuevo INGEI, al igual que su predecesor en la 4CN, ha sido elaborado en conformidad con las *Directrices del IPCC* de 2006. Para este inventario se mejoraron aspectos metodológicos para los cinco sectores reportados: Energía, IPPU, Agricultura, UTCUTS y Residuos, abarcando toda la serie temporal. Además, se han incorporado ciertos factores de emisión y aspectos metodológicos del *Refinamiento 2019* de las *Directrices del IPCC* de 2006, así como del *Suplemento de Humedales 2013*.

La elaboración de este INGEI ha sido llevada a cabo por capacidades nacionales, marcando una nueva serie temporal desde la implementación del SSINGEI de Panamá. Esto ha conducido a una mayor exhaustividad en la obtención de datos de actividad, la identificación de nuevas fuentes y la implementación de mejoras previamente identificadas.

El presente inventario, presenta importantes mejoras transversales con el objetivo de incrementar la transparencia del reporte, especialmente aspectos referentes a los canales formales que permiten la compilación de datos, cálculo y la aprobación del inventario, actividades realizadas durante los procesos de garantía y control de calidad, transparencia en los aspectos metodológicos de la incertidumbre. Más información podrá encontrarse en las secciones siguientes.

Como parte del compromiso de Panamá con la mejora continua de sus inventarios, se han llevado a cabo revisiones externas voluntarias del INGEI, como parte de las actividades de garantía y control de calidad. Además, se han recibido asistencias técnicas por parte de la CMNUCC para fortalecer el plan de mejoramiento del inventario. Estas actividades han generado recomendaciones para mejorar el inventario, las cuales han sido priorizadas según su importancia y la disponibilidad de recursos. Mayor información se puede encontrar en el ANEXO 4

Las diferencias entre el INGEI actual y el INGEI anterior son significativas; producto del refinamiento de datos, factores de emisión y cambio metodológicos en los sectores Agricultura, UTCUTS y Residuos. Estos ajustes han permitido una visión más detallada de las variaciones en el perfil de emisiones y absorciones de GEI a lo largo del tiempo en el país, aunque se han traducido en un aumento neto de las emisiones debido a la aplicación del factor de emisión nacional para *fermentación entérica* y reducción de las

absorciones factores de emisión propios del país provenientes del INFC y la implementación de un método de Nivel 2 para algunas categorías, en especial para *tierras forestales que permanecen como tales y tierras forestales convertidas en otras categorías de uso de la tierra* en el sector UTCUTS. (Tabla 10. 1 y Figura 10.1).

Tabla 10. 1.

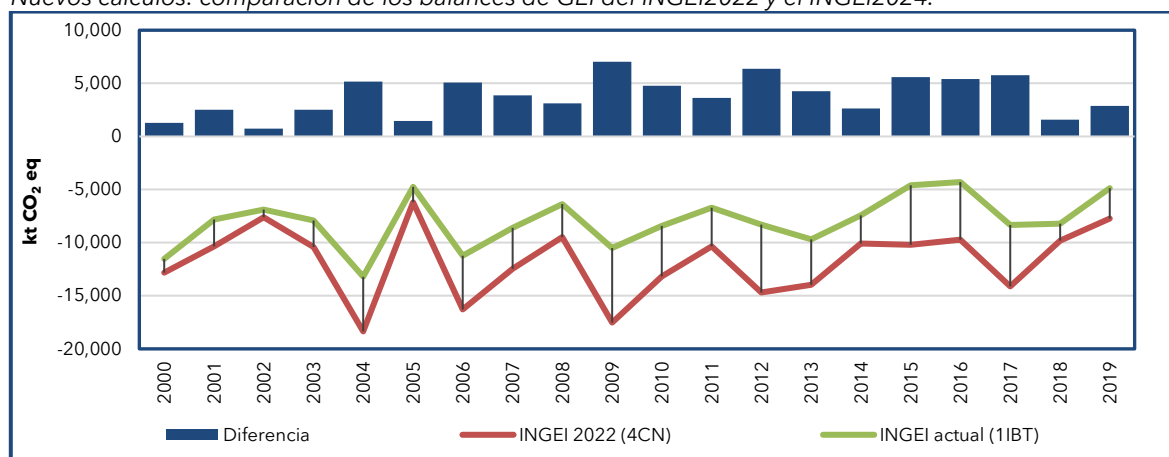
Nuevos cálculos: comparación de los balances de GEI del INGEI2022 y el INGEI2024 (kt CO₂ eq).

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	-12,814.8	-13,197.6	-13,955.2	-14,103.1	-7,738.3		
INGEI actual (1IBT)	-11,525.8	-8,423.8	-9,697.2	-8,338.9	-4,858.3	-7,529.3	-6,805.3
Diferencia	1,289.0	4,773.8	4,258.0	5,764.2	2,880.0		
Diferencia %	-10.1%	-36.2%	-30.5%	-40.9%	-37.2%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 10. 1.

Nuevos cálculos: comparación de los balances de GEI del INGEI2022 y el INGEI2024.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los nuevos cálculos y mejoras han mejorado las estimaciones, creando una serie de tiempo más coherente, comparable, completa, exacta y transparente, según los indicadores de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006*, asegurando así una mejora significativa en la calidad del INGEI de Panamá.

10.2. Aspectos relevantes en los nuevos cálculos y plan de mejora

10.2.1. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Energía

Para el presente INGEI se realizaron nuevos cálculos en toda la serie temporal, incluyendo un total de cinco mejoras respecto al INGEI anterior, las cuales están enfocadas principalmente en la calidad y tratamiento de los datos de actividad.

Tabla 10. 2.

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
ENERGÍA			
1.A. Actividades de quema de combustibles	Actualización del factor de conversión kbp a TJ.	Exactitud Consistencia	DA
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	Desagregación del consumo de otro carbón bituminoso para la producción de energía y su inyección a la red.	Comparabilidad	DA
1.A.2.g. Otros			

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
1.A.2.g. Otros	Asignación de datos	Comparabilidad	N/A
1.A.3.c. Ferrocarriles	Desagregación del consumo de ferrocarril para el año 2021.	Comparabilidad	DA
1.A.3.d.ii Navegación marítima y fluvial	Cambio del dato de actividad utilizado para la estimación de las emisiones de navegación marítima y fluvial.	Exactitud Exhaustividad	DA
1.A.3.d.ii Navegación marítima y fluvial	Implementación de técnica de empalme (extrapolación) para el consumo de navegación marítima y fluvial para los años faltantes.	Exactitud Exhaustividad	DA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Estos nuevos cálculos representan una diferencia absoluta promedio de 1.2 % en toda la serie temporal en comparación con el INGEI previamente presentado. El año que presenta mayor diferencia es el 2019 con un 3.9 %, debido principalmente a la desagregación del consumo de combustible sólido para la generación eléctrica para uso industrial y para su inyección al sistema interconectado nacional.

Tabla 10. 3.

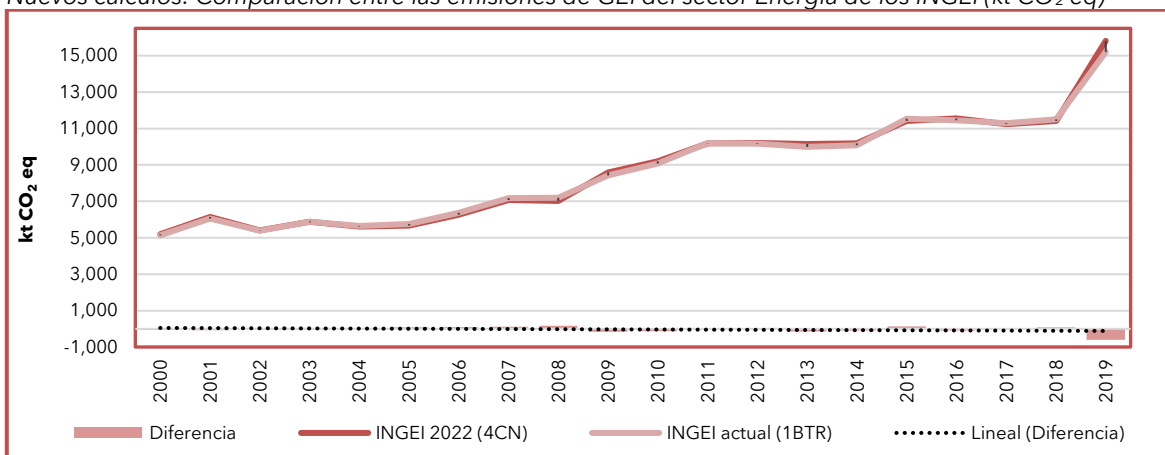
Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector Energía de los INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	5,191.8	9,195.8	10,150.9	11,246.4	15,814.0		
INGEI actual (1BT)	5,133.3	9,071.8	10,000.1	11,298.7	15,203.5	11,542.7	13,440.0
Diferencia	-58.5	-124.0	-150.9	52.3	-610.6		
Diferencia %	-1.1%	-1.3%	-1.5%	0.5%	-3.9%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 10. 2.

Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector Energía de los INGEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Energía se ha considerado lo siguiente:

Tabla 10. 4.
Mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
ENERGÍA				
1.A. Actividades de quema de combustibles	Profundización en las causas de discrepancias entre el Método sectorial y el Método de Referencia	En abordaje	MEDIA	Se han detectado inconsistencias en la casilla de oferta total a lo largo de la serie temporal del BEN, las cuales están siendo abordadas por la SNE.
	Implementación efectiva del Sistema de Información Energética de Panamá (siePanamá)	En abordaje	MEDIA	Estos sistemas permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.
1.A.1. Industrias de la energía	Estimar las emisiones con el método de Nivel 2.	No resuelto	MEDIA	Tomando en consideración que la subcategoría ha sido identificada como una categoría principal, Panamá avanzará en la obtención de información sobre el contenido de carbono y los VCN de las combustibles nacionales para generar factores de emisión país específico para el CO ₂ .
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción				
1.A.3.b. Transporte terrestre				
1.A.3.d. ii. Navegación marítima y fluvial				
1.A.4. Otros Sectores				
1.A.1. Industrias de la energía	Mejora de la información de los años anteriores a 2004.	No resuelto	BAJA	Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE de los años anteriores a 2004.
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción				
1.A.3. Transporte				
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Desagregación de los datos por tipo de industria.	No resuelto	MEDIA	Investigar con la SNE opciones para la desagregación de esta información.
1.A.3.a. Aviación civil	Desagregación de la estadística proporcionada a la SNE acerca de la <i>aviación nacional</i> y <i>aviación internacional</i> .	No resuelto	MEDIA	Investigar con la SNE y las entidades que les proporcionan estadística sobre la aviación nacional e internacional opciones para la correcta desagregación de esta información.
1.A.3.b. Transporte terrestre	Desagregación del consumo de combustibles en <i>vehículos todo terreno</i> y <i>otra maquinaria y pesca nacional e internacional del transporte terrestre</i> .	No resuelto	MEDIA	Investigar con la SNE opciones para la desagregación de esta información.
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca				
1.A.3.d. ii. Navegación marítima y fluvial	Desagregación del gas/diésel oil atribuido al nacional e internacional.	No resuelto	MEDIA	Se le solicitará a la AMP información estadística desglosada sobre el embarque a barcas y a naves de comercio exterior. Estos datos ya se encuentran disponibles, sin embargo, es necesario realizar un proceso de segregación y detalle.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

10.2.2. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector IPPU

En el presente INGEI se logró incluir cuatro nuevas fuentes de emisión. Esto se logró al identificar la producción de vidrio en el país, recopilar datos de actividad y parámetros para las emisiones de GEI relacionadas con equipos eléctricos que contienen SF₆, así como identificar una fuente adicional vinculada al uso de productos no energéticos de combustibles, específicamente las ceras de parafina. Además, se incorporaron las emisiones de GEI provenientes de agentes espumantes, una fuente que previamente no había sido considerada debido a que esta actividad empezó a ocurrir a partir de 2020. También se realizó una revisión de la base de datos de la Unidad Nacional de Ozono (UNO) del Ministerio de Salud (MINS) lo que permitió identificar nuevas fuentes de consumos de HFC y la corrección de ciertos datos de actividad.

Tabla 10. 5.

Recálculos y mejoras implementadas.

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
IPPU			
2.A.3 Producción de vidrio	Implementación y Reporte de Nueva Subcategoría en el INGEI	Exhaustividad	NA
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	Implementación y Reporte de Nueva Subcategoría en el INGEI	Exhaustividad	NA
2.F2 Agentes espumantes	Implementación y Reporte de Nueva Subcategoría en el INGEI	Exhaustividad	NA
2.G.1 Equipos eléctricos	Implementación y Reporte de Nueva Subcategoría en el INGEI	Exhaustividad	NA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Nota: NA = no aplica, se refiere a nuevas categorías en el INGEI.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, entre otros factores, las emisiones de GEI del sector IPPU, cuando se comparan entre el INGEI actual y el INGEI2022, muestran un aumento en todos los años. Este aumento se atribuye al reporte de cuatro nuevas subcategorías, que abarcan desde la producción de vidrio entre 2006 y 2013, hasta el uso de ceras de parafina y SF₆ en equipos eléctricos a lo largo de toda la serie temporal.

Otras mejoras que han afectado la serie temporal incluyen la revisión a la base de datos de consumo de refrigerantes de la UNO, generando un aumento sostenido en la tendencia desde la introducción de estos gases en la serie temporal a partir del 2012. El promedio porcentual para todos los años comparados muestra un aumento general de 2.1 %.

Tabla 10. 6.

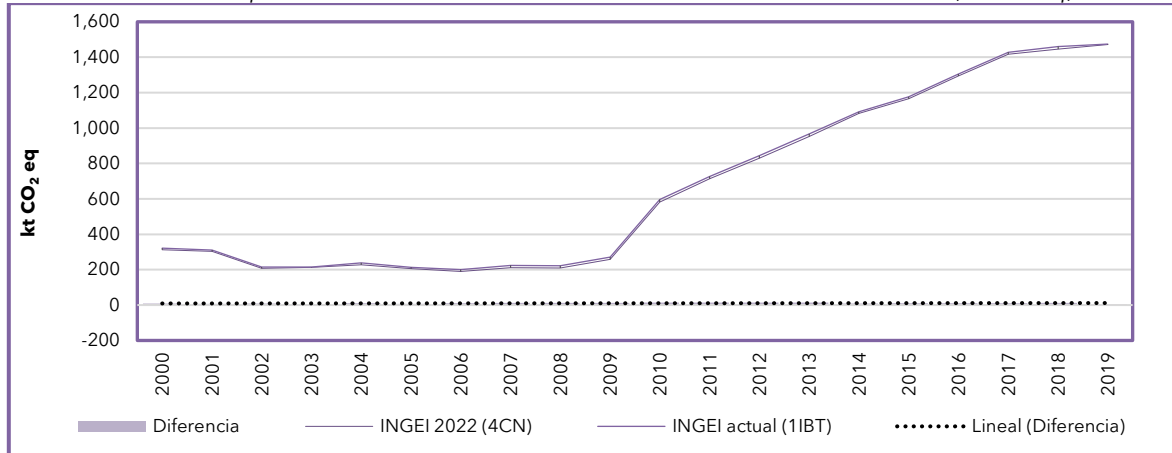
Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector IPPU de los INGEI (kt CO₂ eq).

INGEI	2000	2005	2010	2013	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	312.3	206.2	582.1	952.6	1,417.1		
INGEI actual (1IBT)	321.4	212.7	595.9	966.0	1428.2	1,266.7	1,616.65
Diferencia	9.1	6.5	13.8	13.4	11.1		
Diferencia %	2.9%	3.2%	2.4%	1.4%	0.8%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Figura 8.3.

Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector IPPU de los INGEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Como parte del plan de mejora del inventario del sector IPPU se ha considerado lo siguiente:

Tabla 10. 6.

Mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
IPPU				
2.A. Industria de los minerales	Implementar acciones para obtener los datos necesarios para estimar las emisiones de CO ₂ de la subcategoría 2. A.4.	En abordaje	BAJA	Se están realizando los esfuerzos necesarios para la estimación de la subcategoría 2. A.4.
2.A. Industria de los minerales	Mejora en el Control de Calidad y la Captación de los datos en la industria del cemento.	En abordaje	ALTA	Se contactará de manera formal para realizar la consulta pertinente sobre si se cuenta con un sistema de Gestión de Calidad/Control de Calidad que cumpla con los requisitos establecidos para el inventario.
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	Recopilar datos de actividad para calcular emisiones de relacionadas con el uso no energético de combustibles y solventes, incluyendo las no estimadas. Usar la guía técnica EEA/EMEP 2019 y su base de datos actualizada para estimar emisiones de gases precursores.	En abordaje	MEDIA	Se planean coordinar capacitaciones con respecto a la orientación técnica EEA/EMEP 2019 para que de esta manera se puedan implementar las acciones y los arreglos necesarios para estimar las emisiones derivadas de los usos de productos de combustibles y solventes informadas como NE.
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Considerar aplicar un método de orden superior para la subcategoría cuando las condiciones lo posibiliten tomando en cuenta que esta es una Categoría principal del inventario.	En abordaje	BAJA	Actualmente, se está trabajando fuertemente en generar la información necesaria para poder aplicar un método de orden superior para la subcategoría. Se tienen

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
				mapeada varias vías de acceso que posibiliten la mejora de esta subcategoría.
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Establecer una sinergia con la ANA e instaurar una estrategia para la captación y desagregación de información que reposa en sus bases de datos y que son necesarias para la elaboración del inventario sectorial.	En abordaje	MEDIA	La UNO del MINSa, está colaborando con la ANA para recopilar datos estadísticos sobre los equipos de refrigeración que ingresan al país y que contienen gases fluorados.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

10.2.3. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Agricultura

El INGEI anterior, presentado en la 4CN fue elaborado con capacidades nacionales y contó con la participación de los puntos focales de la Dirección de Agricultura y de Ganadería del MIDA, quienes apoyaron en los procesos de recolección de datos de actividad y factores de emisión, así como el cálculo *per se* de las emisiones dando como resultado mejoras importantes en el inventario sectorial, adicional se contó con el apoyo del especialista en metano entérico del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Para este nuevo ciclo de inventario, que contempla la serie temporal 2000-2021 se implementaron las mejoras descritas en la siguiente tabla:

Tabla 10. 7.

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
AGRICULTURA			
3.A. Fermentación entérica	Utilización de parámetros nacionales para mejorar el factor de emisión utilizando un método de Nivel 2 para ganado lechero y otros vacunos.	Todos los principios establecidos en las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> .	FE
	Se ajustó el factor de emisión por defecto de los búfalos (<i>Refinamiento de 2019</i>)	Exactitud	FE
	Revisión y ajuste en los datos de actividad (población animal) para otro ganado (ovinos, caprinos y búfalos)	Exactitud	DA
	Actualización de la plantilla para el reporte de los juicios de expertos.	Transparencia	DA y parámetros de FE
3.B. Gestión del estiércol	Ajuste en el porcentaje de distribución de los sistemas de gestión del estiércol y la inclusión de nuevos sistemas para las siguientes subcategorías vacas lecheras (biodigestores), porcinos (biodigestores y cama profunda) y para búfalos (abonos orgánicos).	Exhaustividad	DA
	Al incluir nuevos sistemas de gestión (SGE) y a falta de datos por defecto en las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> se procedió a utilizar los datos del <i>Refinamiento de 2019</i> .	Exhaustividad	FE
	Levantamiento de información de fuentes secundarias y consultas con expertos sectoriales sobre el	Exhaustividad Exactitud	DA DA

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
	<p>parámetro peso promedio requerido para obtener la masa animal típica para cada una de las subcategorías de ganado (TAM).</p> <p>Se ajustó el porcentaje del sistema de cama profunda en caballos a un 60% y a pastoreo 40%.</p> <p>Ajuste en el porcentaje de distribución de los SGE y la inclusión de nuevos sistemas para las siguientes subcategorías vacas lecheras (biodigestores), porcinos (biodigestores y cama profunda) y para búfalos (abonos orgánicos).</p>	Exhaustividad	DA
3.C. Cultivo de arroz	Se realizó la búsqueda de datos de siembra de arroz a "Chuzo" de fuentes secundarias del MIDA para validez y ajustar de acuerdo con la realidad nacional.	Exactitud	DA
3.D. Suelos agrícolas	Estimación de las emisiones directas de N ₂ O por incorporación de residuos de cultivos a los suelos y mineralización o inmovilización de N asociada con la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo.	Exhaustividad	NA*
	Incorporación de datos de abonos orgánicos (compost) a la subcategoría FON: N en estiércol animal, compost, lodos cloacales, otros.,	Exhaustividad	DA
	Utilización de los factores de emisión por defecto del Refinamiento de 2019.	Exactitud	FE
3.F. Quema de residuos agrícolas	Se ajustaron los datos de hectáreas de caña de azúcar, con base en los criterios del equipo se utilizaron los datos del MIDA y se validaron con las estadísticas de DIVEDA.	Exactitud	DA
3.G. Encalado	Se realizaron ajustes a la hoja de trabajo ya que los resultados estaban en ton de C, este dato debe ser llevado a CO ₂ .	Exactitud	HT
	Se incluyeron datos de producción de caliza en el país, solo un 5% se utiliza en suelos, el resto para producción de alimentos y otros usos.	Exhaustividad	DA
3.H. Aplicación de urea	Se realizaron ajustes a la hoja de trabajo ya que los resultados estaban en ton de C, este dato debe ser llevado a CO ₂ .	Exactitud	HT

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Nota: HT= Hoja de trabajo; DA= Dato de actividad; FE= Factor de emisión; NA= No aplica.

Es importante mencionar que, en la categoría *suelos agrícolas* del inventario anterior, dos subcategorías no fueron estimadas, sin embargo, para este nuevo ciclo de inventario se contó con el apoyo de CBIT-GSP, quienes en el marco de la Red de Transparencia Climática facilitaron el intercambio de experiencias con Paraguay sobre la estimación de los GEI de los residuos agrícolas en campo y el intercambio con Chile sobre la estimación de las emisiones del N mineralizado en los suelos producto de las pérdidas o ganancias de la materia orgánica. Este tipo de intercambios son importantes para el país, ya que brinda una idea de cómo abordar dichas estimaciones y lo que se puede mejorar en un corto o mediano plazo.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, las emisiones de GEI del sector Agricultura para todos los años han aumentado, en donde la categoría *fermentación entérica* es la más significativa (Tabla 8.8). El promedio porcentual para todos los años comparados es un aumento de 15.5 %.

Tabla 10. 8.

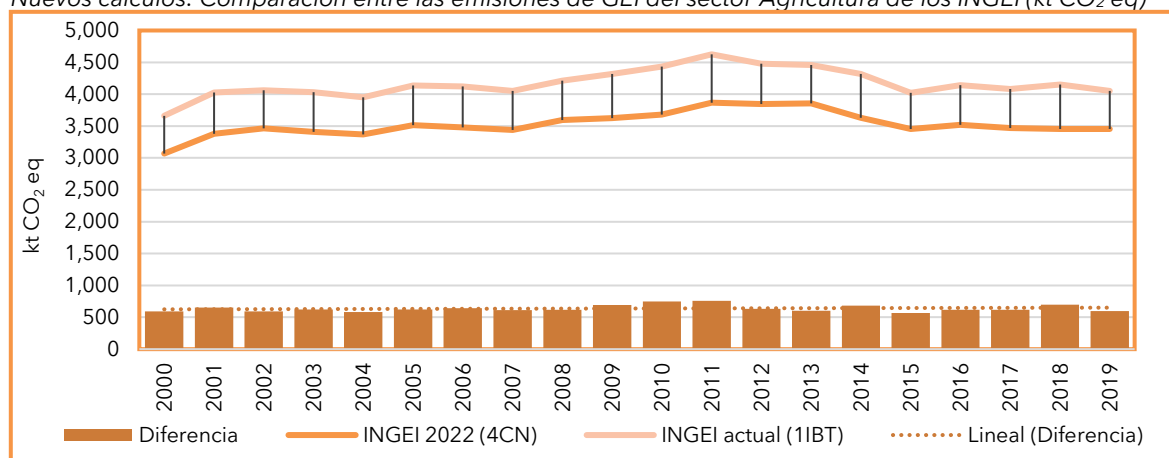
Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector Agricultura de los INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022 (4CN)	3,681.0	3,681.0	3,857.2	3,468.0	3,455.0		
INGEI actual (1IBT)	4,431.5	4,431.5	4,460.3	4,084.0	4,050.3	4,095.4	4,150.2
Diferencia	750.4	750.4	603.1	615.9	595.3		
Diferencia %	16.9%	16.9%	13.5%	15.1%	14.7%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 8.4.

Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector Agricultura de los INGEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Agricultura se han considerado varias acciones descritas en la Tabla 8.9. tabla para el próximo ciclo de inventario.

Tabla 10. 9. Mejoras planificadas para el inventario del sector agricultura.

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
AGRICULTURA				
3.A. Fermentación entérica	Mejorar las estimaciones de la energía bruta por subcategoría de ganado lechero y otros vacunos.	En abordaje	Alta	El país cuenta con cinco regiones agroclimáticas por lo que se quiere levantar en campo datos por tipo de ganado, alimentación y otros parámetros que influyen mucho en las emisiones de CH ₄ .
	Mejorar las estimaciones del factor de conversión de CH ₄ ya que este tiene una influencia directa en la estimación del factor de emisión.	En abordaje	Alta	Debido a la amplia variabilidad y calidad de los alimentos en el ganado vacuno se hace necesario revisar la forma en que se estima este factor y revisar las ecuaciones disponibles para su estimación. Este es un dato clave en la ecuación que estima el factor de emisión con método de Nivel 2.
	Desarrollo de modelos para predecir las emisiones de la fermentación entérica de acuerdo con las distintas características de alimentación, raza, ganancia de peso y otras variables.	En abordaje	Media	El sector ganadero es muy variable, lo ideal es contar con un modelo que incluya variables como: razas de ganado, tipo de alimentación y las demás variables requeridas en las respectivas ecuaciones. Se requerirá equipo para estimar el contenido nutricional de la alimentación (por ejemplo, Bomba calorimétrica), y medir en campo (por ejemplo, a través del sistema GeenFeed).

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
	Utilizar estadísticas nacionales actualizadas para todas las subcategorías de ganado	En abordaje	Alta	Se utilizarán los datos generados en el censo agropecuario que se realizará en 2024-2025.
	Estimar las emisiones para toros, toretes y bueyes.	En abordaje	Alta	Levantar información de campo de los distintos parámetros, ya identificados y potencialmente por región agroclimática.
	Aplicar el método de Nivel 2 para los búfalos	En abordaje	Baja	Contar con información desagregada del censo agropecuario y levantar datos de parámetros ya identificados y aplicados en ganado lechero y otros vacunos.
3.B. Gestión del estiércol	Mejora de la estimación de la <i>gestión del estiércol</i> para ganado lechero y otros vacunos con un método superior.	En abordaje	Alta	Se avanzó en la estimación de la energía bruta en la categoría <i>fermentación entérica</i> que es clave para la estimación de un factor de emisión en la <i>gestión del estiércol</i> , el país hará los esfuerzos en estimar con las ecuaciones plasmadas en las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> , sin embargo, el equipo va a requerir hacer intercambios con otros países que han avanzado en esta categoría.
3.C. Cultivo de arroz	Validación de factor de emisión de CH ₄ y N ₂ O óxido nitroso en proyecto de NAMA de arroz	En abordaje	Baja	Esta categoría no es principal, sin embargo, se trabaja en un proyecto a nivel de campo para levantar datos de un factor de emisión propio del país.
3.D.1.d. Residuos de cosechas	Hacer una revisión de los datos de actividad sobre los distintos rubros producidos en el país y validar en campo residuos de las cucurbitáceas.	En abordaje	Baja	Hacer un levantamiento de información en campo sobre la biomasa de las cucurbitáceas (melón, sandía, zapallo y pepino).
3.D.1.d. Mineralización de los suelos	Revisión de datos de las hojas de Excel del sector UTCUTS y la fuente del DA	En abordaje	Baja	Hacer una revisión más detallada de los cambios en los usos de la tierra del sector UTCUTS y las prácticas la laboreo con expertos sectoriales.
3.G. Encalado	Identificar en que cultivos se utiliza la cal y dolomita aplicado a los suelos	En abordaje	Baja	Consultar con expertos sectoriales, técnicos sobre el uso de la cal y la dolomita en cultivos agrícolas.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

10.2.4. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS

En este INGEI, producto de la implementación de un plan de mejoras, posterior a un proceso de control de calidad con expertos de la CMNUCC, se estimaron las emisiones y absorciones desde el 2000 hasta el 2021, recalculando toda la serie temporal con una metodología actualizada y consistente. Se aplicaron correcciones y mejoras en los datos y supuestos utilizados. Además, se contó igualmente con factores de emisión propios del país provenientes del INFC, lo que permitió implementar un método de Nivel 2 para algunas categorías en especial para tierras forestales que permanecen como tales y tierras forestales convertidas en otras categorías de uso de la tierra.

Tabla 10. 10.

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
UTCUTS			
4. General (sector UTCUTS)	Utilizar el capítulo 4 del <i>Suplemento de Humedales del IPCC de 2013</i> para su incorporación en futuros INGEI. Panamá establece este compromiso dentro de su CDN1 Actualizada.	Exhaustividad	Aspecto metodológico (Manglares)
4. General (sector UTCUTS)	Generar información de tierras convertidas a otra categoría por períodos de transición (20 años). Estimar las emisiones y absorciones para las categorías de tierras convertidas a otra categoría de tierras considerando el período de transición y los distintos depósitos de carbono.	Exactitud, Exhaustividad	Aspecto metodológico
4. General (sector UTCUTS)	Corrección de las estimaciones en los años que corresponda tanto para el uso de valores de biomasa después de la conversión, así como para los incrementos anuales.	Exactitud	Aspecto metodológico
4.A. Tierras forestales	Evaluar y corregir el uso de valores de existencias de bosques para asignar biomasa que se consideran cambios entre tipos de bosques	Exactitud	Aspecto metodológico
Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO ₂ de la Tierra	Incluir los antecedentes que justifican la distribución de DA de superficie de incendios entre distintas especies forestales de las plantaciones. Corregir información que describe aspectos metodológicos de las estimaciones de gases no-CO ₂ de incendios.	Exhaustividad	Aspecto metodológico
4. General (sector UTCUTS)	Los datos de existencia de madera muerta y hojarasca utilizados anteriormente para las series del 2020 y 2022, estaban en unidades de biomasa mientras que éstos debían usarse en unidades de carbono ton C ha ⁻¹ . En este sentido, este error, fue corregido en esta serie. No obstante, por falta de información en las plantaciones latifoliadas y coníferas, se optó por utilizar el valor por defecto de las <i>Directrices del IPCC 2006</i> .	Exactitud	Factores de emisión
4.A. Tierras forestales	Los valores de Fd nacionales, para estimar la emisión de CO ₂ producto de las perturbaciones, estaban fundados en la base de que el MOM es la proporción de la biomasa total que se consumen en un incendio. Sin embargo, producto de una mayor comprensión de las directrices, ahora se entiende que los cambios de MOM para emisiones de CO ₂ se asumen que están en balance. Por lo tanto, se utilizan valores por defecto del IPCC.	Exactitud	Factores de emisión
4. General (sector UTCUTS)	Se decidió utilizar un valor nacional para carbono orgánico del suelo (SOC) en manglares, que si bien, solo representa una porción de los manglares del país, resulta más exhaustivo usar el valor nacional que el valor del suplemento de humedales.	Exhaustividad	Factores de emisión
4.A. Tierras forestales	Los valores de promedio de crecimiento medio anual de biomasa para rastrojos se ajustaron a los valores por defecto, <i>Refinamiento de 2019</i> , (Cuadro	Exactitud	Factores de emisión

Categoría o área de mejora		Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
		4.9, valores de bosques menores a 20 años) en lugar de los valores anteriores (7 y 11 ton C ha-1. Ya que, si se aplicaba de esta manera, en aproximadamente dos años y medio, el rastrojo alcanzaría su biomasa promedio. De esta forma, se asume un enfoque más conservador del crecimiento de esta subcategoría, cuya permanencia se aborda en aproximadamente 5 años.		
4.A. forestales	Tierras	Los valores de promedio de crecimiento medio anual de biomasa para bosques secundarios se ajustaron a los valores por defecto del <i>Refinamiento de 2019</i> (Cuadro 4.9 valores de bosque secundarios mayores de 20 años).	Exactitud	Factores de emisión
4.A. forestales	Tierras	Los valores de promedio de crecimiento medio anual para bosques secundarios y rastrojos se ajustaron usando los valores nacionales del inventario nacional de carbono de Panamá.	Exactitud	Factores de emisión
4.A. forestales	Tierras	Los valores de promedio de crecimiento medio anual para plantaciones latifoliadas y coníferas también se ajustaron. Se corrigieron estos valores con base en la última versión del documento de la consultoría de Clementino Herrera corregido por Raúl Gutiérrez.	Exactitud	Factores de emisión
4. General (sector UTCUTS)		Los valores de las existencias de carbono de referencia de suelos (SOCref) fueron ajustados, utilizando los valores por defecto <i>Refinamiento de 2019</i> (Cuadro 2.3 suelos arcillosos de baja actividad).	Exactitud	FE
4.B. de cultivo	Tierras	Se determinó por primera vez los cambios anuales en las existencias de carbono de la biomasa de cultivos permanentes, utilizando valores por defecto del IPCC 2006. Como medida para iniciar esta estimación y futuro abordaje y mejoramiento.	Exhaustividad	Aspecto metodológico
4.B. de cultivo	Tierras	Revisar y evaluar información de FE que se usa desde el INFC para representar a las tierras de cultivo.	Exactitud	FE
4.B. de cultivo	Tierras	Entregar todos los antecedentes metodológicos para comprensión de los FE y contenidos de carbono utilizados en tierras de cultivo.	Transparencia	FE
4.C. Pastizales		Se logró conseguir un dato para pastos proveniente del Programa de actualización a especialistas IDIAP-MIDA suplemento pecuario 1992. Esto supone que ahora sí contabilizamos cambios que ocurren en pastos, dado que el dato anterior correspondía a biomasa leñosa ubicada en categorías de uso de la tierra "Pasto" proveniente del INFC.	Exhaustividad	Factores de emisión

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, el balance de GEI del sector UTCUTS se observa una tendencia a la absorción, al igual que la serie anterior; la cual es considerablemente menor en comparación con la serie del INGEI anterior durante la mayoría de los años comparados debido a las correcciones y mejoras implementadas. Para 2019, se registra una diferencia de 11.3% con respecto al inventario anterior. Panamá mantiene su perfil de GEI como un sumidero neto para toda la serie temporal 2000-2021 incluida en el presente inventario.

Tabla 10. 11.

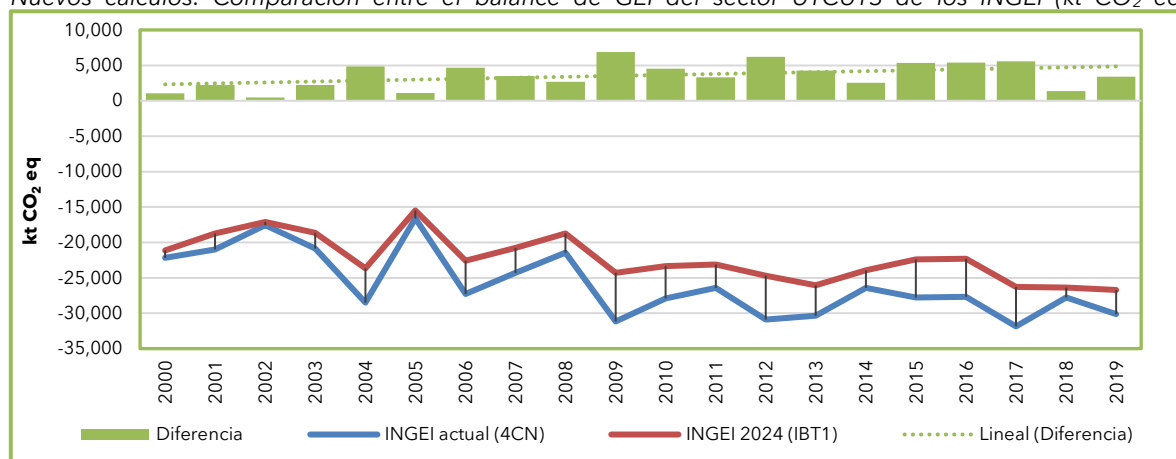
Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector UTCUTS de los INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2020	2021
INGEI 2022	-22,180.65	-27,894.96	-30,342.05	-31,866.58	-30,113.65		
INGEI actual (1IBT)	-21,145.95	-23,351.04	-26,075.11	-26,277.41	-26,717.91	-25,651.6	-27,324.6
Diferencia	-1,034.69	-4,543.91	-4,266.94	-5,589.17	-3,395.74		
Diferencia %	-4.7%	-16.3%	-14.1%	-17.5%	-11.3%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 10. 5.

Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector UTCUTS de los INGEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Cabe destacar que el trabajo de cálculo y estimación de las emisiones y absorciones del sector UTCUTS fue desarrollado con capacidades nacionales y se contó con asesoría técnica por parte de varios expertos internacionales en el sector. Adicional, producto de los resultados del ejercicio de garantía de la calidad por parte de la CMNUCC, se cuenta con un plan de mejoras, de las cuales, para esta serie de inventario se abordaron aquellas de "acción inmediata". Este ejercicio permitió identificar mejoras a futuro, de las cuales muchas fueron abordadas en esta serie de inventario, y las que no se pudieron implementar son parte del plan de acción para mejorar la compilación de los datos de actividad y factores de emisión.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector UTCUTS se ha considerado lo siguiente:

Tabla 10. 12.
Mejoras planificadas para el sector UTCUTS

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
UTCUTS				
4.G. Productos de madera recolectada	Estimación de la categoría de PMR	En abordaje	Alta	Se realizó entrenamiento al equipo nacional para dejar capacidades instaladas y dejar las nociones principales para levantar la hoja de ruta de cómo estimar esta categoría a nivel nacional. Con miras a estimar esta categoría para el segundo IBT o 5CN.
Representación de tierras	Definición de Bosques en Panamá	En abordaje	Media	Se realizan reuniones de coordinación con la DIFOR, así como la DIAM para lograr un acuerdo en cuanto la definición de rastrojos.
Representación de tierras	Mejora del proceso de generación de datos de actividad: Se debe aplicar un control de calidad por tres expertos con amplia experiencia en teledetección para que se analicen las parcelas analizadas en los procesos denominados Mapatones por medio de un muestreo de la población de parcelas fotointerpretadas.	No resuelto	Alta	Para el Mapatón 2021, más de tres participaron del muestreo de análisis para el control de calidad de las parcelas foto interpretadas. Para el Mapatón 2023, solo se contó con la participación de un experto en el ejercicio de análisis de las parcelas para control de calidad. Se debe buscar que como mínimo sean expertos en teledetección en futuros mapatones.
Representación de tierras	Mejora del proceso de generación de datos de actividad: Los procesos de asignación de categorías en Mapatón deben ser realizados por personal familiarizado con la representatividad de imágenes de satélites o que conozcan el comportamiento de las dinámicas de nuestra vegetación o de uso de suelo. Además, desarrollar giras de campo para adiestramiento.	En abordaje	Alta	Se hace convocatoria para que expertos en teledetección participen del Mapatón, por falta de recurso humano capacitado, se invitan a otras profesionales que tienen taller de SIG. Se realiza un taller de entrenamiento y visita de campo para familiarizar y entrenar con la herramienta. Se debe buscar profesional familiarizado y extender el entrenamiento por más días.
Representación de tierras	Mejora del proceso de generación de datos de actividad: Realizar análisis rápidos con mapas temáticos previos para verificar tendencias lógicas.	No resuelto	Alta	Este paso se realiza para los años que corresponden con el Mapatón analizados deberá ser realizado por los tres expertos en teledetección que realizan el control de calidad.
Representación de tierras	Elaborar protocolo para el proceso general de fotointerpretación denominado Mapatón	En abordaje	Alta	Se tiene un borrador de documento para el protocolo del proceso denominado Mapatón, donde ya se han pedido comentarios y revisión de las direcciones pertinentes.
4. General (sector UTCUTS)	Realiza verificación de comparación de métodos de Nivel 2 versus métodos de Nivel 1.	No resuelto	Alta	Para otros sectores, se ha realizado verificaciones específicas ejemplo Agricultura con emisiones reportadas por FAOSTAT.
4. General (sector UTCUTS)	Revisar el mapa de regiones climáticas de Panamá y re diseñar un nuevo mapa mejorado	No resuelto	Media	Se recibió recomendación interna de revisar el mapa de regiones climáticas homologado con las

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
				regiones climáticas del IPCC para su posterior rediseño.
4. General (sector UTCUTS)	Desagregación por tipos de suelo en el país. (Diseño de mapa de suelos)	No resuelto	Media	Resulta necesario re diseñar el mapa de suelos del país de modo que genere una menor incertidumbre para los análisis de cambio de uso de la tierra.
4. General (sector UTCUTS)	Cambios de existencias de carbono en categorías de tierras	En abordaje	Baja	Avanzar en levantamiento de información de crecimiento de bosques con el INFC, dado que tierras forestales es una categoría principal.
4. General (sector UTCUTS)	Información de incertidumbre del muestreo para obtención de los datos de superficie terrestre.	En abordaje	Baja	El equipo reporta la incertidumbre combinada (DA*FE).
Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Evaluar pertinencia de avanzar en el país con elaboración de factores de combustión que representen adecuadamente al país.	No resuelto	Baja	Se hizo un primer intento por estimar el % de biomasa que se quema producto de los incendios de masa vegetal. Se requiere un abordaje más profundo.
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	Mejorar la desagregación de la información de los tipos de cultivos permanentes en el país.	No resuelto	Media	Panamá no estimaba las emisiones de cultivos perennes que permanecen como tal. Sin embargo, en este inventario se estimaron con valores por defecto del IPCC 2006. Sería conveniente, que el equipo intentará identificar las superficies de cultivos perennes; así como investigar en reportes, artículos e investigaciones la información de biomasa promedio para cada tipo de cultivo.
4.D. Humedales que permanecen como tal	Aplicar el refinamiento de 2019 estimando la nueva fuente de emisiones de no-CO ₂ de tierras inundadas que permanecen tierras inundadas	No resuelto	Alta	Se debe desagregar la información de las tierras inundadas (humedales artificiales) con el fin de poder aplicar esta nueva fuente del refinamiento del IPCC 2019.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

10.2.5. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Residuos

Se llevaron a cabo nuevos cálculos en el sector para abarcar toda la serie temporal de 2000 a 2021. Estos cálculos implicaron mejoras en la clasificación de los datos de actividad, los cuales se emplearon en conjunto con la información del censo de población y vivienda más reciente disponible y el desarrollo de consultas a expertos del sector para la validación de supuestos. Además, se incluyó la estimación de la categoría de *incineración y quema abierta de residuos*. En la siguiente tabla se presenta un resumen de las mejoras realizadas.

Tabla 10. 12.

Recálculos y mejoras implementadas

Categoría o área de mejora	Título de la actividad o mejora	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
RESIDUOS			
5.A. Disposición de residuos sólidos	Revisión de la composición de los residuos del país para toda la serie temporal.	Exactitud	DA
	Homologación de las denominaciones nacionales de los sitios de disposición de residuos con las denominaciones de las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> .	Exactitud	DA
	Establecimiento de vías de eliminación de residuos sólidos utilizando datos de los censos de población y vivienda del país y se explican de manera detallada en el informe.	Transparencia	DA
	Desagregación de las estimaciones en SDRS no gestionados y SDRS no categorizados.	Exhaustividad	FE
	Ajuste del valor por defecto recomendado en las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> para el tiempo de retardo de seis meses.	Exhaustividad	FE
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Identificación de las vías o sistemas de tratamiento o eliminación en el país.	Exactitud	DA
	Homologación de las vías o sistemas de tratamientos nacionales con las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> .	Exactitud	DA
	Definición del método de desagregación para la fracción de grupo de ingresos.	Coherencia	DA
	Definición del método de desagregación para el grado de utilización de vía o sistema de tratamiento o eliminación según fracción de grupo de ingresos.	Coherencia	DA
	Ajuste al valor por defecto de factor de corrección para DBO industrial adicional (I) en las estimaciones de CH ₄ .	Exhaustividad	FE
	Adición del factor de nitrógeno adicional y factor de las proteínas no consumidas en las estimaciones de N ₂ O.	Exhaustividad	FE
	Mejora de la información sobre el cálculo de incertidumbre para el factor de emisión de N ₂ O.	Exhaustividad	DA

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

A raíz de lo mencionado anteriormente, se observa una disminución en las emisiones de GEI del sector Residuos en comparación con los datos del INGEI anterior, a lo largo de todos los años analizados. Sin embargo, la tendencia general del sector sigue siendo similar, dado que el crecimiento poblacional continúa siendo el principal factor influyente en las estimaciones. Por consiguiente, la tendencia del sector tiende a aumentar en línea con el crecimiento demográfico. Destaca que el año 2000 muestra la mayor discrepancia en comparación con el resto de los años. En promedio, se registra una reducción del 32.9 % en todas las comparaciones anuales.

Tabla 10. 13.

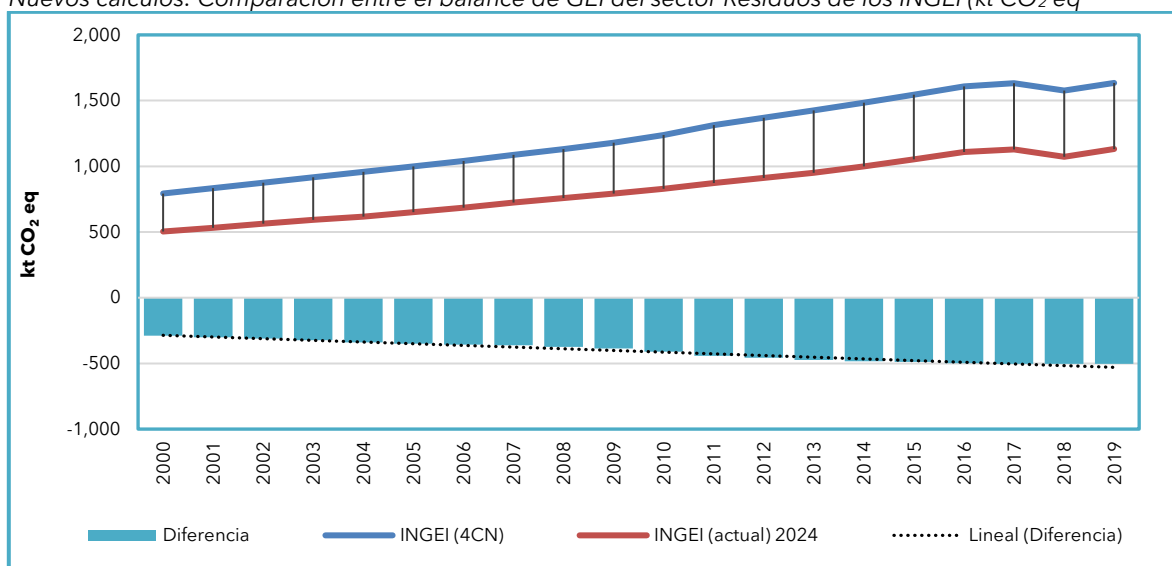
Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector UTCUTS de los INGEI (kt CO₂ eq)

INGEI	2000	2010	2013	2017	2019	2000	2021
INGEI (4CN)	792.8	1,238.5	1,426.1	1,631.9	1,634.6		
INGEI (1IBT) 2024	503.8	828.3	951.6	1,127.8	1,131.8		
Diferencia	-289.1	-410.2	-474.5	-504.1	-502.8		
Diferencia %	-36.5%	-33.1%	-33.3%	-30.9%	-30.8%		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Figura 10. 6.

Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector Residuos de los INGEI (kt CO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En el recálculo de las estimaciones, se consideraron las acciones identificadas durante revisiones externas de informes previos, así como las sugerencias recibidas durante las sesiones de trabajo con expertos del sector.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Residuos se ha considerado lo siguiente:

Tabla 10. 14.

Mejoras planificadas para la subcategoría

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
RESIDUOS				
5.A Disposición de residuos sólidos	Revisión de la distribución de residuos por tipo de sitio de disposición final para toda la serie temporal, considerando la entrada en operación y cierre de los distintos sitios.	En abordaje	ALTA	Se ha identificado parte de esta información en los anexos de los análisis realizados para el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos (PNGIR). Es necesario complementar esta información con la consulta a los municipios.
	Identificación de la disposición de lodos en loa SDRS e inclusión de esta información en las estimaciones.	En abordaje	ALTA	Se realizó un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar, en donde se confirmó la existencia de disposición de lodos en el vertedero de Cerro Patacón años

Categoría o área de mejora	Mejora planificada	Estado	Prioridad	Comentario o abordaje
				atrás. Se planea obtener información completa sobre esta actividad para incluirla en las estimaciones del próximo INGEI.
	Mejorar en lo posible, retrospectivamente hasta 1950, la serie de datos de la tasa de generación nacional de residuos sólidos aplicando las técnicas de empalme sugeridas en las Directrices del IPCC de 2006.	En abordaje	BAJA	Se realizará este análisis basado en las fechas de puesta en marcha de los diferentes sitios de disposición en el país en el siguiente informe.
	Valorar alternativas que posibiliten mejorar en lo posible la serie de datos de composición de los residuos sólidos.	En abordaje	BAJA	Para este ciclo de inventarios se mantendrá el supuesto de composición de residuos a lo largo de la serie temporal, el cual fue validado con expertos del sector.
	Estimar las emisiones/absorciones de los productos de madera recolectada depositados en los SDRS.	En abordaje	ALTA	Se recibió una capacitación técnica para la inclusión de los productos de madera recolectada en las estimaciones. Sin embargo, aún no se cuenta con información detallada para realizar esta inclusión.
	Realizar una corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.	En abordaje	ALTA	Se realizará esta mejora en el siguiente inventario.
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	Estimar las emisiones correspondientes a la subcategoría de incineración de residuos	En abordaje	ALTA	Se realizó un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar en las estimaciones del sector, en donde se confirmó la existencia de información detallada proveniente de las empresas dedicadas a esta actividad.
	Mejora de la información sobre la generación de lodos, su eliminación y usos.	En Abordaje	ALTA	A través de un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar, identificaron sitios de disposición de lodos y las normativas que rige la actividad.
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Inclusión de lodos en la estimación de las emisiones de CH ₄ derivadas del tratamiento de las aguas residuales.	En Abordaje	ALTA	A la fecha, no ha podido obtener datos de la actividad, pero se han identificado proveedores de datos.
	Realizar las gestiones para revisar y evaluar la información estadística sobre las aguas residuales industriales e involucrando a los actores claves para asegurar la calidad de los datos.	En Abordaje	ALTA	A través de un taller con actores claves del sector se identificaron posibles fuentes de emisión y proveedores de datos para la inclusión de la categoría.
	Realizar una corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos	En Abordaje	ALTA	Se trabaja con el Equipo Técnico para seleccionar un método que incorpore esta variable.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

REFERENCIAS

- CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Rio de Janeiro: Naciones Unidas.
- IPCC . (2021). *Sexto Informe de Evaluación del IPCC (AR6): Cambio Climático 2021: La Base de la Ciencia Física*. IPCC.
- MiAMBIENTE. (2022). *Manual de Procedimientos del Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero de Panamá*. Panamá.
- MiAMBIENTE. (2023). *Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá*. Panamá.
- UNDP. (2005). *Managing the National Greenhouse Gas Inventory Process*. United Nations Development Programme - GEF.

Sector Energía

- ACP. (2021). *Informe Anual 2021*. Panamá.
- AMP. (2021). *Embarque de combustible marino, según litoral y terminal*. Panamá.
- IEA. (2022). *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2: Energía*.
- OLADE. (2017). *Manual de Estadística Energética*.
- SNE . (2021). *Matriz Energética 2017, 2018, 2019, 2020, 2021*. Obtenido de Estadísticas Energía: <https://www.energia.gob.pa/archivos/?mdocs-cat=mdocs-cat-30>
- SNE. (2020). *Antecedentes Históricos de la Legislación Panameña en Materia Energética*. Obtenido de <https://www.energia.gob.pa/archivos/>
- SNE. (2022). *Balance Energético Nacional (2000-2021)*. Obtenido de <https://www.energia.gob.pa/archivos/?mdocs-cat=mdocs-cat-30>

Sector IPPU

- CAPAC. (2024). *Visión CAPAC 2024-2029*. Ciudad de Panamá.
- Cervantes V., K., & Rodríguez A., R. M. (2020). *GLASS-PTY: pasión por el vidrio*. Chile.
- IPCC. (2006). *Volumen 3 de las directrices del ipcc de 2006*. Bonn.
- IPCC. (2013). *Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* . Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Koch, D. (2003). *Cahier technique no. 188 - SF₆ properties, and use in MV and HV switchgear*. Francia.
- MEF. (2017). *Sector de la construcción en Panamá* . Ciudad de Panamá.
- MEF. (2022). *Informe Económico y Social - Al Tercer Trimestre 2021*. Panamá: Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección de Análisis Económico y Social.
- MINSAs. (2022). *Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021*. Panamá: PNUD.
- MINSAs. (2023). *Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021*. Ciudad de Panamá.

Sector Agricultura

- ACODECO. (24 de Marzo de 2024). Obtenido de Autoridad de Protección al Consumidor y Defensa de la Competencia (ACODECO): <https://acodeco.gob.pa/inicio/informes-destacados/>
- Bello, O. D., & Leda Peralta . (2022). *Evaluación de los efectos e impactos de la pandemia de COVID-19 en los sectores del turismo y el comercio de Panamá: aplicación de la metodología de evaluación de daños y pérdidas (DaLA)*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Cambra-López, M., & Paloma Garcia Rebollar, F. A. (2008). Estimación del Factor de Conversión de Metano. *ResearchGate*.
- Elmer, U., Grabarse, W., Shima, S., Goubeaud, M., & Thauer, R. (1997). Crystal structure of methyl-coenzyme M reductase: the key enzyme of biological methane formation. *Science*, 278:1457-1462. Obtenido de <https://doi.org/10.1126/science.278.5342.1457>
- Guzman, M., & Sager, R. (2013). Inventario de metano entérico de los sistemas de producción de carne para San Luis en el año 2009. *Revista de investigaciones agropecuarias*.
- Hungate, R. (1984). Microbes of nutritional importance in the alimentary tract. *Proceedings of the Nutrition Society*, 43:1-11.
- IBA. (2022). *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Paraguay*. Paraguay.
- IDIAP. (sf.). *Definiciones de subcategorías de ganado vacuno*. Panamá.
- INEC. (2024). Obtenido de https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default2.aspx?ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=13
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. . Obtenido de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Jiménez, E. S. (2014). *Emisiones de gases en el cultivo del arroz: efecto de la gestión de la paja*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. .
- MEF. (2022). *Informe Económico y Social, Primer Trimestre 2021*. Panamá.
- MIDA. (2021). *Año agrícola 2021-2022*. Obtenido de <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2022/11/CIERRE-2021-2022-ultimo-23-11.pdf>
- MIDA. (2022). *Informe mensual de los programas*. Panamá: MIDA.
- Nacional, A. (1969). *Asamblea Nacional, Decreto de Gabinete 229 del 16 de julio de 1969.*» *Gaceta Oficial del Estado 16,537 del 4 de febrero de 1970, 1969*. Obtenido de <https://docs.panama.justia.com/federales/decretos-de-gabinete/decreto-de-gabinete-229-de-1969-feb-4-1970.pdf>
- Olmedo, B. (2015). Obtenido de <https://docplayer.es/21111523-Estado-actual-de-las-condiciones-del-oceano-pacifico-y-su-posible-evolucion-durante-el-ano-2015-2016.html>
- SBP. (2013). *Superintendencia de Bancos de Panamá*. Obtenido de https://www.superbancos.gob.pa/superbancos/documentos/financiera_y_estadistica/estudios/Informe_sector_agropecuario.pdf

Sector UTCUTS

- Asamblea Nacional de Panamá. (2016). *Texto Único No. S/N de jueves 08 de septiembre de 2016 de la Ley No. 41 de 1 de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá que comprende las reformas aprobadas por la Ley No. 18 de 2003, la Ley No. 44 de 2006, la Ley No. 65 de 2010 y la Ley No. 8 de 2015.* Publicado en la Gaceta Oficial No. 28131-A de martes 04 de octubre de 2016. Disponible en https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28131_A/GacetaNo_28131a_20161004.pdf
- Aryal, D., De Jong, B., Ochoa-Gaona, S., Esparza-Olguin, L., & Mendoza-Vega, J. (2014). *Carbon stocks and changes in tropical secondary forest of southern Mexico. Agriculture, Ecosystems and Environment*, 220-230.
- Autoridad del Canal de Panamá (ACP). (2017). *Informe Anual 2017.* Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en <https://wpeus2sat01.blob.core.windows.net/micanaldev/informes%20anuales/Informe-Anual-2017.pdf>
- Catherine E. Lovelock, I. C. (2005). Variation in Mangrove Forest Structure and Sediment Characteristics in Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*, Vol. 41, No. 3, 456-464.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* Rio de Janeiro: Naciones Unidas. Disponible en https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf
- Fonseca, W., Rey Benayas, J. M., & Alice, F. (2011). Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 262 (2011) 1400-1408.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.* Eggeleston, S. Buendía, L. Miwa, K., Ngara, T. y Tanabe, K. (Eds.). Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales, Programa de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Guzmán H., P. A. (2005). *A Site Description of the CARICOMP Mangrove, Seagrass and Coral Reef Sites in Bocas del Toro, Panama.* Caribbean Journal of Science, Vol. 41, No 3, 430-440.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). (2020). Datos de estadísticas nacionales varias. Disponibles en <https://www.inec.gob.pa/>
- Landis, R., & Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33, 159-74.
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2015). *Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012.* Preparado por / en colaboración con: Castillo, M.; Samaniego, R. y Kindgard, A. Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques en los países en desarrollo (ONU-REDD). Programa Nacional Panamá. Disponible en https://www.unredd.net/index.php?view=download&alias=14898-mapa-de-cobertura-boscosa-y-uso-de-la-tierrainforme-final&category_slug=sistema-satelital-monitoreo&option=com_docman&Itemid=134

- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2018a). *Primer informe bienal de actualización de Panamá sobre cambio climático ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en <https://unfccc.int/documents/230880>
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2018b). *Niveles de referencia de emisiones forestales de Panamá*. Niveles de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) / Nivel de Referencia Forestal (NRF) para REDD+. Panamá. Disponible en https://redd.unfccc.int/files/2018_frel_submission_panama.pdf
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2020). *Decreto Ejecutivo No. 100 de martes 20 de octubre de 2020 que reglamenta el Capítulo II del Título V del Texto Único de la Ley 41 de 1 de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá, sobre la mitigación del cambio climático global, crea el Programa Nacional Reduce Tu Huella para la gestión y monitoreo del desarrollo económico y social bajo en carbono en la República de Panamá y dicta otras disposiciones*. Publicado en la Gaceta Oficial No. 29138-C de martes 20 de octubre de 2020. Disponible en https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29138_C/GacetaNo_29138c_20201_020.pdf
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2021). *Decreto Ejecutivo No. 125 de martes 02 de marzo de 2021 que establece la nueva estructura orgánica y el manual de organización y funciones del Ministerio de Ambiente, y dicta otras disposiciones*. Publicado en la Gaceta Oficial No. 29231-B de martes 2 de marzo de 2021. Disponible en https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29231_B/GacetaNo_29231b_20210_302.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2017). *Sector de la construcción en Panamá: años recientes y perspectivas*. Varela, M., Atencio, E., Lombardo, T. Panamá. Disponible en <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/Sector-de-la-Construccion-en-Panama-anos-recientes-y-perspectivas-DIC-2017.pdf>
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2017). *Resultados finales de la implementación del Protocolo de Medición de Carbono en Manglares de los Distritos de Remedios, San Félix y San Lorenzo. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá*. Panamá.
- Neumann-Cosel, L., Zimmermann, B., Hall, J., van Breugel, M., & Elsenbeer, H. (2010). Soil carbon dynamics under young tropical secondary forests on former pastures - A case study from Panama. *Forest Ecology and Management*, 261 (2011) 1625 - 1633.
- Olmedo, B. (2015). *Estado actual de las condiciones del Océano Pacífico y su posible evolución durante el año 2015-2016*. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A (ETESA), Gerencia de Climatología. Panamá. Disponible en <https://docplayer.es/21111523-Estado-actual-de-las-condiciones-del-oceano-pacifico-y-su-posible-evolucion-durante-el-ano-2015-2016.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005, hacia la ordenación forestal sostenible (FRA 2005)*. Roma, Italia. Disponible en <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2005/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos en Panamá*. FAO Country

- Reports. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGAInfo//programmes/en/genetics/documents/Interlaken/countryreports/Panama.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). Datos e indicadores estadísticos. Base de datos y estadísticas (FAOSTAT). Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2005). *Managing the National Greenhouse Gas Inventory Process. United Nations Development Programme - GEF.* Disponible en https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/low_emission_climate_resilient_development/managing-the-national-greenhouse-gas-inventory-process.html
- Sanchis, E. (2014). *Emisiones de gases en el cultivo del arroz: efecto de la gestión de la paja.* Trabajo fin de Máster Tipo B. Máster en Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47780/01-Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y%3Cbr>
- Schwendenmann, J. G. (2014). Stand Structure and Aboveground Biomass of a Pelliciera rhizophorae Mangrove Forest, Gulf of Montijo Ramsar Site, Pacific Coast, Panama. *Wetlands*, 34:55-65.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/index.html>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Geneva, Switzerland. Disponible en <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* [Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero]. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Villarreal, J., Agudo, L., Villalaz, J. (2010). *Clasificación de suelos de Panamá y sus equivalencias, 2010.* Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Disponible en https://www.researchgate.net/publication/301291244_CLASIFICACION_DE_SUELOS_DE_PANAMA_Y_SUS_EQUIVALENCIAS_2010_1/link/570fc7b108ae68dc79096a26/download
- Villarreal, J., Name, B., & García, R. (2013). *Zonificación de suelos de Panamá en base a niveles de nutrientes.* *Ciencia Agropecuaria*, (21), 71-89. Disponible en <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/184>
- Wright, S. J., and M. J. Samaniego. (2008). *Historical, demographic, and economic correlates of land use change in the Republic of Panama.* *Ecology and Society* 13(2): 17. Disponible en <https://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art17/>

Sector Residuos

- Augustin, M., Acero, J. L., Aguilera, A., & Lozano, M. (2018). *Estudio de la urbanización en Centroamérica: Oportunidades de una Centroamérica urbana* [Text/HTML]. Banco Mundial. <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/811611517808775995/Central-America-urbanization-review-making-cities-work-for-Central-America>
- Englande, A. J., Krenkel, P., & Shamas, J. (2015). Wastewater Treatment & Water Reclamation. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09508-7>
- Ingeniería y Economía del Transporte, INECO. (2017). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos, 2017* (Diagnostico, Tomo 1, Versión 3). Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario. <https://www.aaud.gob.pa/index.asp?id=anexos>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (1990). *IX Censo de Población y V de Vivienda de Panamá: 1990*. Redatam Panamá. <https://www.inec.gob.pa/panbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=1990>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2000). *X Censo de Población y VI de Vivienda de Panamá: 2000*. Redatam Panamá. <https://www.inec.gob.pa/panbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=LP2000>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2010). *XI Censo de Población y VII de Vivienda de Panamá: 2010*. Redatam Panamá. <https://www.inec.gob.pa/panbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=LP2010>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2014). *Distribución territorial y migración interna en Panamá: Censo 2010*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2021). *Hoja de Balance de Alimentos*. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P0579518620240129094017CUADRO-01.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). *XII Censo de Población y VIII de Vivienda de Panamá: 2023*. Redatam Panamá. <https://www.inec.gob.pa/panbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=LP2023>
- Ministerio de Ambiente. (2019). *INFORME DEL ESTADO DEL AMBIENTE 2019*. Ministerio de Ambiente de Panamá. https://fliphtml5.com/eebm/xnw/INFORME_DEL_ESTADO_DEL_AMBIENTE_2019/
- Ministerio de Comercio e Industrias. (2008). *DGNTI COPANIT 35: Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas*. <https://mici.gob.pa/wp-content/uploads/2021/12/39rt-dgnti-copanit-39-2000-1.pdf>
- Ministerio de Comercio e Industrias. (2019). *DGNTI COPANIT 39: Descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales*. <https://mici.gob.pa/wp-content/uploads/2021/12/35rt-dgnti-copanit-35-2019-1.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral. (2020). *Evolución del Salario Mínimo en Panamá*. https://www.youtube.com/watch?v=gL71dvnQEgY&t=184s&ab_channel=MitradelPma
- Montero, P. A. A., Acevedo, S. A., Correal, M., Piamonte, C., Rihm, A., Breukers, L., Durón, L., González, G., López, C. H., Sagasti, C., & Gutiérrez, A. R. (2023). Evaluación regional de flujo de materiales: Residuos sólidos municipales para América Latina y el Caribe EVAL 2023. *IDB Publications*. <https://doi.org/10.18235/0004841>

- Organización de las Naciones Unidas. (2018, May 16). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo | Noticias ONU. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2018/05/1433842>
- Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- Patiño Martínez, A. E., & Godoy O., C. A. (2023). Propuesta Económica de Ajuste al Salario Mínimo en Panamá: 2021. *D'Economía*, 3, 78-93. <https://doi.org/10.48204/2710-7744.4237>
- Ramírez-Melgarejo, M., & Stringer, T. (2024). Wastewater treatment, energy consumption, and greenhouse gas emissions: An operational approach to comparing Barcelona and Mexico City. *Journal of Environmental Management*, 353, 120175. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120175>

11 ANEXOS

Debido a la abundancia de los recursos hídricos en Panamá, este recurso forma parte esencial de la economía nacional y provee múltiples servicios básicos a la población panameña.

© Autoridad de Turismo de Panamá.



ANEXO 1. Categorías principales

En el presente anexo se describe la metodología aplicada para el cálculo de las categorías principales del inventario nacional de GEI de Panamá. Se ha tomado el texto directamente desde el Capítulo 4, Volumen 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Método 1 para identificar categorías principales

El Método 1 para identificar categorías principales evalúa la influencia que ejercen diversas categorías de fuentes y sumideros sobre el nivel y posiblemente la tendencia del inventario. Cuando hay estimaciones de inventario disponibles para varios años, constituye una buena práctica evaluar el aporte de cada categoría tanto al nivel como a la tendencia del inventario nacional. Si hay disponible un solo año de inventario, debe efectuarse una evaluación de nivel.

Evaluación de Nivel

El aporte de cada categoría de fuente o sumidero al nivel total del inventario nacional se calcula según la Ecuación 4.1:

Ecuación 4.1 Evaluación de Nivel (Método 1)

Evaluación de nivel de categoría principal = | estimación de la categoría de fuente o sumidero | / aporte total

$$L_{x,t} = |E_{x,t}| / \sum_y |E_{y,t}|$$

Donde:

$L_{x,t}$ = evaluación de nivel para x de fuente o sumidero del último año del inventario (año t)

$|E_{x,t}|$ = valor absoluto de la estimación de emisión o absorción de la categoría x de fuente o sumidero del año t

$\sum_y |E_{y,t}|$ = aporte total, que es la suma de los valores absolutos de emisiones y absorciones del año t, calculados según el nivel de agregación elegido por el país para el análisis de categorías principales. Puesto que se introducen tanto las emisiones como las absorciones con signo positivo, el aporte/nivel total puede ser mayor que el total de emisiones del país, menos las absorciones.

Las categorías principales, según la Ecuación 4.1, son aquellas que, al sumarse juntas en orden de magnitud descendente, totalizan el 95 por ciento de la suma de todos los $L_{x,t}$.

Evaluación de tendencia

El objeto de la evaluación de tendencia consiste en identificar las categorías que pueden no ser lo suficientemente grandes para identificarlas a través de la evaluación de nivel, pero cuya tendencia es significativamente diferente de la tendencia del inventario general y, por lo tanto, deben recibir especial atención. Es posible calcular la Evaluación de tendencia según la Ecuación 4.2 si están disponibles los datos correspondientes a más de un año de inventario.

Ecuación 4.2 Evaluación de Tendencia (Método 1)

$$T_{x,t} = \frac{|E_{x,0}|}{\sum_y |E_{y,0}|} x \left[\left| \frac{E_{x,t} - E_{x,0}}{E_{x,0}} \right| - \frac{(\sum_y E_{y,t} - \sum_y E_{y,0})}{|\sum_y E_{y,0}|} \right]$$

Donde:

$T_{x,t}$ = evaluación de tendencia de la categoría x de fuente o sumidero del año t, en comparación con el año de base (año 0)

$|E_{x,0}|$ = valor absoluto de la estimación de emisión o absorción de la categoría x de fuente o sumidero del año 0

$E_{x,t}$ y $E_{x,0}$ = valores reales de las estimaciones de la categoría x de fuente o sumidero de los años t y 0, respectivamente

$\sum_y E_{y,t}$ y $\sum_y E_{y,0}$ = estimaciones totales del inventario de los años t y 0, respectivamente

La tendencia de la categoría se refiere al cambio producido en las emisiones o absorciones de la categoría de fuente o sumidero a través del tiempo, calculado restando la estimación del año de base (año 0) para la categoría x de fuente o sumidero a la estimación del último año del inventario (año t) y dividiendo por el valor absoluto de la estimación del año de base.

La tendencia total se refiere al cambio producido en las emisiones (o absorciones) totales del inventario, calculado restando la estimación del año de base (año 0) para el inventario total de la estimación del último año (año t) y dividiendo por el valor absoluto de la estimación del año de base.

En aquellas circunstancias en las que las emisiones del año de base para una categoría dada son cero, la expresión puede reformularse para evitar el cero en el denominador (véase la Ecuación 4.3).

Ecuación 4.3 Evaluación de Tendencia con emisiones cero del año de base

$$T_{x,t} = \left| \frac{E_{x,t}}{\sum_y |E_{y,0}|} \right|$$

La evaluación de tendencia identifica las categorías cuya tendencia difiere de la tendencia del inventario total, independientemente de que la tendencia de la categoría aumente o disminuya, o se trate de un sumidero o de una fuente. Las categorías cuya tendencia es más divergente de la tendencia total deben identificarse como principales, cuando esta diferencia se pondera por el nivel de emisiones o absorciones de la categoría en el año de base.

Método 2 para identificar categorías principales

El Método 2 para identificar categorías principales de fuentes y sumideros se basa en los resultados del análisis de incertidumbre descrito en el Capítulo 3, Volumen 1, *Directrices del IPCC de 2006*. Se alienta a los compiladores del inventario a utilizar el Método 2 además del 1, de ser posible, porque aporta un conocimiento extra de los motivos por los cuales determinadas categorías son principales y ayuda a priorizar las actividades para mejorar la calidad del inventario y reducir la incertidumbre general. Por ejemplo, el orden de las categorías resultante del Método 2 puede brindar información útil para la priorización de las actividades de mejoramiento.

Aplicación de las estimaciones de incertidumbre para identificar categorías principales

Es posible potenciar el análisis de categorías principales incluyendo las estimaciones de incertidumbre de las categorías nacionales desarrolladas según los métodos provistos en el Capítulo 3. Las estimaciones de incertidumbre basadas en el Método 1 descrito en el Capítulo 3 son suficientes para este fin; no obstante, si están disponibles, deben utilizarse las estimaciones basadas en el Método 2 para la evaluación de incertidumbre. Se incluyen las incertidumbres de la categoría ponderando los resultados de la Evaluación de nivel y tendencia del Método 1, según el porcentaje de incertidumbre de la categoría. A continuación, se presentan las ecuaciones de categoría principal.

Evaluación de nivel

La Ecuación 4.4 describe la Evaluación de nivel del Método 2, incluida la incertidumbre.

Ecuación 4.4: Evaluación de Nivel (Método 2)

$$LU_{x,t} = (L_{x,t} \times U_{x,t}) / \sum_y [(L_{y,t} \times U_{y,t})]$$

Donde:

$LU_{x,t}$ = evaluación de nivel para la categoría x del último año del inventario (año t) con incertidumbre

$L_{x,t}$ = se computa como en la Ecuación 4.1

$U_{x,t}$ = porcentaje de incertidumbre de la categoría en el año t, calculado como se describe en el Capítulo 3 y se declara en la Columna G del Cuadro 3.3. Si la incertidumbre declarada en el Cuadro 3.3 es asimétrica, debe utilizarse la incertidumbre mayor. La incertidumbre relativa siempre tiene un signo positivo

Tras calcular la evaluación de nivel con incertidumbre, deben clasificarse los resultados por orden de magnitud descendente, de forma similar al Método 1. Las categorías principales son aquellas que totalizan el 90 por ciento de la suma de todas las $LU_{x,t}$. Este 90 por ciento fue la base de la derivación del umbral usado en el análisis del Método 1 (Rypdal y Flugsrud, 2001). Las categorías identificadas por la evaluación de nivel con Incertidumbre, que son diferentes de las categorías identificadas por el Método 1, también deben ser tratadas como categorías principales. Además, el orden de las categorías principales identificado por el Método 2 puede ser útil para quienes tienen pensado mejorar los inventarios.

Evaluación de tendencia

La Ecuación 4.5 muestra cómo se puede expandir la Evaluación de tendencia del Método 2 para incluir la incertidumbre.

Ecuación 4.5: Evaluación de Tendencia (Método 2)

$$TU_{x,t} = (T_{x,t} \times U_{x,t})$$

Donde:

$TU_{x,t}$ = evaluación de tendencia para la categoría x del último año del inventario (año t) con incertidumbre

$T_{x,t}$ = evaluación de tendencia computada como en la Ecuación 4.2

$U_{x,t}$ = porcentaje de incertidumbre de la categoría en el año t calculado como se describe en el Capítulo 3. Nótese que es la misma incertidumbre que en el total de la Columna G del Cuadro 3.3 del Capítulo 3, no la evaluación de incertidumbre para la tendencia. La incertidumbre relativa siempre tiene un signo positivo.

Después de computar la evaluación de tendencia con la incertidumbre, deben clasificarse los resultados por orden de magnitud descendente. Las categorías principales son aquellas que totalizan el 90 por ciento del valor total de $TU_{x,t}$. Este 90 por ciento fue la base para la derivación del umbral utilizado en el análisis del Método 1 (Rypdal y Flugsrud, 2001). Las categorías principales según la evaluación de tendencia con Incertidumbre deben ser tratadas como categorías principales y agregadas a la lista de categorías principales del Método 1, si son diferentes de las categorías identificadas por el Método 1. Además, el orden de las categorías principales identificado por el Método 2 puede resultar útil para quienes tienen pensado mejorar los inventarios.

A continuación, se presentan los análisis de categoría principales para el 2000 y 2021, aplicando el Método 1 para el nivel y tendencia con y sin el sector UTCUTS y aplicando el Método 2 para el nivel y tendencia con y sin el sector UTCUTS.

Tabla A.1. 1.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2000 incluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO2 eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO2 eq)		Evaluación de nivel Lx,t (Ec. 4.1)	Total acumulativo
		Ex,t		Ex,t			
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	-26,978.7		26,978.7		0.63	62.9%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO ₂	3,715.9		3,715.9		0.09	71.6%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH ₄	2,427.5		2,427.5		0.06	77.2%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO ₂	2,051.7		2,051.7		0.05	82.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	1,446.4		1,446.4		0.03	85.4%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO ₂	1,387.4		1,387.4		0.03	88.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO ₂	833.3		833.3		0.02	90.6%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH ₄	457.6		457.6		0.01	91.6%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO ₂	340.0		340.0		0.01	92.4%
2.A.1 Producción de cemento	CO ₂	312.3		312.3		0.01	93.2%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH ₄	300.7		300.7		0.01	93.9%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO ₂	276.0		276.0		0.01	94.5%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH ₄	228.7		228.7		0.01	95.0%
4.B.1.Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO ₂	-226.1		226.1		0.01	95.6%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N ₂ O	202.7		202.7		0.00	96.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO ₂	197.7		197.7		0.00	96.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO ₂	173.5		173.5		0.00	96.9%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N ₂ O	172.4		172.4		0.00	97.3%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO ₂	160.9		160.9		0.00	97.7%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH ₄	109.9		109.9		0.00	97.9%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH ₄	84.9		84.9		0.00	98.1%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N ₂ O	68.6		68.6		0.00	98.3%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO ₂	66.1		66.1		0.00	98.4%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH ₄	63.1		63.1		0.00	98.6%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH ₄	61.2		61.2		0.00	98.7%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH ₄	55.0		55.0		0.00	98.9%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH ₄	53.2		53.2		0.00	99.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N ₂ O	N ₂ O	46.4		46.4		0.00	99.1%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH ₄	43.6		43.6		0.00	99.2%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N ₂ O	37.7		37.7		0.00	99.3%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N ₂ O	34.3		34.3		0.00	99.4%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH ₄	33.7		33.7		0.00	99.4%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N ₂ O	26.6		26.6		0.00	99.5%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N ₂ O	19.4		19.4		0.00	99.6%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH ₄	18.3		18.3		0.00	99.6%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO2 eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO2 eq)		Evaluación de nivel Lx,t (Ec. 4.1)	Total acumulativo
		Ex,t		Ex,t			
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0		17.0		0.00	99.6%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6		15.6		0.00	99.7%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8		12.8		0.00	99.7%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	12.6		12.6		0.00	99.7%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6		12.6		0.00	99.8%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4		10.4		0.00	99.8%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0		10.0		0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6		8.6		0.00	99.8%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9		7.9		0.00	99.8%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8		7.8		0.00	99.9%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8		7.8		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7		6.7		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3		5.3		0.00	99.9%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8		4.8		0.00	99.9%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2		4.2		0.00	99.9%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	3.7		3.7		0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3		3.3		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7		2.7		0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4		2.4		0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1		2.1		0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1		2.1		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7		1.7		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5		1.5		0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4		1.4		0.00	100.0%
4.H.1.Otros (Emisiones N2O de Acuicultura)	N2O	1.0		1.0		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9		0.9		0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8		0.8		0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8		0.8		0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7		0.7		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7		0.7		0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6		0.6		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5		0.5		0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4		0.4		0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2		0.2		0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2		0.2		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1		0.1		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0		0.0		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0		0.0		0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO2 eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO2 eq)		Evaluación de nivel Lx,t (Ec. 4.1)	Total acumulativo
		Ex,t		Ex,t			
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0		0.0		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0		0.0		0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0		0.0		0.00	100.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0		0.0		0.00	100.0%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0		0.0		0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0		0.0		0.00	100.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0		0.0		0.00	100.0%
BALANCE			-11,525.8	42,883.774		1.000	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 2.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2000 excluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq) <i>E_{x,0}</i>	Valor absoluto de emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq) <i> E_{x,0} </i>	Evaluación de nivel <i>L_{x,0} (Ec. 4.1)</i>	Total acumulativo
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,427.456	0.25	25.2%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	2,051.661	0.21	46.6%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	1,387.436	0.14	61.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	833.329	0.09	69.6%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	457.644	0.05	74.4%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	340.003	0.04	77.9%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	312.309	0.03	81.2%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	300.693	0.03	84.3%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	202.663	0.02	86.4%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	197.663	0.02	88.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	173.467	0.02	90.3%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	172.430	0.02	92.1%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	109.946	0.01	93.2%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	84.896	0.01	94.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	63.063	0.01	94.7%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	61.230	0.01	95.4%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	53.230	0.01	95.9%
3.B.5. Emisiones indirectas de N ₂ O	N2O	46.4	46.413	0.00	96.4%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	43.637	0.00	96.9%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	37.661	0.00	97.3%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	34.306	0.00	97.6%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	33.667	0.00	98.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	26.602	0.00	98.2%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	18.350	0.00	98.4%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	16.984	0.00	98.6%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	15.551	0.00	98.8%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	12.829	0.00	98.9%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	12.567	0.00	99.0%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	10.371	0.00	99.1%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	9.982	0.00	99.3%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	8.648	0.00	99.3%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.931	0.00	99.4%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	7.840	0.00	99.5%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	7.776	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.651	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	5.270	0.00	99.7%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	4.802	0.00	99.8%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq)		Valor absoluto de emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de nivel L _{x,0} (Ec. 4.1)	Total acumulativo
		E _{x,0}		E _{x,0}			
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2		4.247		0.00	99.8%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3		3.323		0.00	99.8%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7		2.701		0.00	99.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1		2.120		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7		1.742		0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5		1.456		0.00	99.9%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4		1.381		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9		0.922		0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8		0.845		0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8		0.803		0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7		0.747		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7		0.729		0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6		0.603		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5		0.513		0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4		0.424		0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2		0.242		0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2		0.167		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1		0.138		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0		0.050		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0		0.032		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0		0.028		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0		0.000		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0		0.000		0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0		0.000		0.00	100.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0		0.000		0.00	100.0%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0		0.000		0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0		0.000		0.00	100.0%
TOTAL		9,620.2		9,620.168		1.000	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 3.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2021 incluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2021	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq) <i>E_{x,t}</i>	(kt CO ₂ eq) <i> E_{x,t} </i>		
				<i>L_{x,t}</i> (Ec. 4.1)	
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-35,071.0	35,070.968	0.54	53.9%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	4,944.0	4,943.962	0.08	61.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	4,656.8	4,656.779	0.07	68.6%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,680.8	2,680.798	0.04	72.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	2,481.5	2,481.518	0.04	76.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	2,414.0	2,414.006	0.04	80.3%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,890.0	1,890.025	0.03	83.2%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	1,371.0	1,371.036	0.02	85.3%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,160.6	1,160.627	0.02	87.1%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	1,074.8	1,074.810	0.02	88.7%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	955.1	955.068	0.01	90.2%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	867.0	866.990	0.01	91.5%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	737.6	737.571	0.01	92.6%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	-707.7	707.717	0.01	93.7%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	493.6	493.637	0.01	94.5%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	473.7	473.733	0.01	95.2%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	369.8	369.828	0.01	95.8%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	311.1	311.106	0.00	96.3%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	303.1	303.090	0.00	96.7%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	275.2	275.151	0.00	97.2%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	225.8	225.829	0.00	97.5%
4.B.1.Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	-168.2	168.203	0.00	97.8%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	151.8	151.762	0.00	98.0%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	138.2	138.151	0.00	98.2%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	81.8	81.807	0.00	98.3%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	76.3	76.260	0.00	98.5%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	73.3	73.264	0.00	98.6%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	71.3	71.316	0.00	98.7%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	67.6	67.590	0.00	98.8%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	66.3	66.296	0.00	98.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	60.6	60.574	0.00	99.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	58.3	58.283	0.00	99.1%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	49.8	49.769	0.00	99.1%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	47.9	47.863	0.00	99.2%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	43.1	43.128	0.00	99.3%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de nivel L _{x,t} (Ec. 4.1)	Total acumulativo
		E _{x,t}		E _{x,t}			
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	41.5		41.548		0.00	99.3%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	39.4		39.353		0.00	99.4%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	38.2		38.217		0.00	99.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	37.1		37.131		0.00	99.5%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	30.9		30.862		0.00	99.6%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	22.7		22.700		0.00	99.6%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	22.6		22.607		0.00	99.6%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	22.2		22.161		0.00	99.7%
3.H. Aplicación de urea	CO2	22.2		22.151		0.00	99.7%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	16.9		16.863		0.00	99.7%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	14.5		14.511		0.00	99.8%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	14.3		14.273		0.00	99.8%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	13.8		13.811		0.00	99.8%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	11.3		11.304		0.00	99.8%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	11.1		11.107		0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	10.3		10.311		0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	10.1		10.143		0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	9.4		9.377		0.00	99.9%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	8.1		8.116		0.00	99.9%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	7.9		7.884		0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.3		7.332		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	7.1		7.145		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.2		6.210		0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	5.3		5.325		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	4.9		4.921		0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	4.1		4.088		0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	3.1		3.123		0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	2.8		2.761		0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.7		2.699		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	2.7		2.688		0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.5		2.502		0.00	100.0%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	2.4		2.450		0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	2.1		2.118		0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	2.0		1.993		0.00	100.0%
4.H.1.Otros (Emisiones N2O de Acuicultura)	N2O	1.9		1.939		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.5		1.453		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	1.1		1.136		0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.8		0.837		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.7		0.701		0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de nivel L _{x,t} (Ec. 4.1)	Total acumulativo
		E _{x,t}		E _{x,t}			
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6		0.624		0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	0.6		0.580		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.6		0.579		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	0.6		0.572		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.5		0.548		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.3		0.309		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.3		0.308		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	0.3		0.302		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.2		0.164		0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.1		0.050		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0		0.022		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0		0.017		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0		0.008		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0		0.007		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0		0.007		0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0		0.000		0.00	100.0%
BALANCE			-6,805.3	65,088.460		1.000	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 4.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2021 excluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2021	Valor absoluto de emisiones de 2021	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq) E _{x,t}	(kt CO ₂ eq) E _{x,t}		
			L _{x,t} (Ec. 4.1)		
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	4,656.8	4,656.779	0.23	22.7%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,680.8	2,680.798	0.13	35.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	2,481.5	2,481.518	0.12	47.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	2,414.0	2,414.006	0.12	59.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	1,371.0	1,371.036	0.07	66.3%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,160.6	1,160.627	0.06	72.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	1,074.8	1,074.810	0.05	77.2%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	955.1	955.068	0.05	81.8%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	737.6	737.571	0.04	85.4%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	493.6	493.637	0.02	87.8%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	473.7	473.733	0.02	90.2%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	303.1	303.090	0.01	91.6%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	275.2	275.151	0.01	93.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	225.8	225.829	0.01	94.1%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	138.2	138.151	0.01	94.7%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	81.8	81.807	0.00	95.1%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	76.3	76.260	0.00	95.5%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	73.3	73.264	0.00	95.9%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	71.3	71.316	0.00	96.2%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	67.6	67.590	0.00	96.6%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	66.3	66.296	0.00	96.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	60.6	60.574	0.00	97.2%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	58.3	58.283	0.00	97.5%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	49.8	49.769	0.00	97.7%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	47.9	47.863	0.00	97.9%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	43.1	43.128	0.00	98.1%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	41.5	41.548	0.00	98.3%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	38.2	38.217	0.00	98.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	37.1	37.131	0.00	98.7%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	30.9	30.862	0.00	98.9%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	22.7	22.700	0.00	99.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	22.6	22.607	0.00	99.1%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	22.2	22.161	0.00	99.2%
3.H. Aplicación de urea	CO2	22.2	22.151	0.00	99.3%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	14.5	14.511	0.00	99.4%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	13.8	13.811	0.00	99.4%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	11.3	11.304	0.00	99.5%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	11.1	11.107	0.00	99.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Valor absoluto de emisiones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de nivel L _{x,t} (Ec. 4.1)	Total acumulativo
		E _{x,t}		E _{x,t}			
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	10.3		10.311		0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	10.1		10.143		0.00	99.6%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	9.4		9.377		0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	8.1		8.116		0.00	99.7%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.3		7.332		0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	7.1		7.145		0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.2		6.210		0.00	99.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	5.3		5.325		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	4.9		4.921		0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	4.1		4.088		0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	2.8		2.761		0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	2.7		2.688		0.00	99.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.5		2.502		0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	2.1		2.118		0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	2.0		1.993		0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.5		1.453		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	1.1		1.136		0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.8		0.837		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.7		0.701		0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6		0.624		0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	0.6		0.580		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.6		0.579		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	0.6		0.572		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.5		0.548		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.3		0.309		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.3		0.308		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	0.3		0.302		0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.2		0.164		0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.1		0.050		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0		0.022		0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0		0.017		0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0		0.008		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0		0.007		0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0		0.007		0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0		0.000		0.00	100.0%
TOTAL		20,519.3		20,519.318		1.000	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 5.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de tendencia incluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o	Emisiones o	Evaluación de	Aporte a la	Total
		absorciones de 2000	absorciones de 2021	tendencia		
		(kt CO ₂ eq)	(kt CO ₂ eq)	(nota 1)	tendencia	acumulativo
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$		
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-26,978.7	-35,071.0	1.661	0.56	56.1%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	2,481.5	0.191	0.06	62.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	2,414.0	0.188	0.06	68.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	4,656.8	0.153	0.05	74.1%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	275.2	0.146	0.05	79.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,160.6	0.101	0.03	82.4%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	1,074.8	0.093	0.03	85.5%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	160.9	-707.7	0.081	0.03	88.3%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	66.1	867.0	0.067	0.02	90.6%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,680.8	0.064	0.02	92.7%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	955.1	0.046	0.02	94.3%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	3,715.9	4,944.0	0.025	0.01	95.1%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	737.6	0.022	0.01	95.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	1,371.0	0.017	0.01	96.5%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	473.7	0.015	0.01	97.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,446.4	1,890.0	0.013	0.00	97.4%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	276.0	311.1	0.007	0.00	97.6%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	73.3	0.006	0.00	97.9%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	68.6	151.8	0.005	0.00	98.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	493.6	0.005	0.00	98.2%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	228.7	369.8	0.004	0.00	98.3%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	76.3	0.004	0.00	98.4%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	39.4	0.003	0.00	98.6%
4.B.1.Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	-226.1	-168.2	0.003	0.00	98.7%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	47.9	0.003	0.00	98.8%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0	30.9	0.003	0.00	98.8%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	58.3	0.003	0.00	98.9%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	49.8	0.002	0.00	99.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	41.5	0.002	0.00	99.1%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	60.6	0.002	0.00	99.1%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	81.8	0.002	0.00	99.2%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	66.3	0.002	0.00	99.3%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	67.6	0.002	0.00	99.3%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	303.1	0.002	0.00	99.4%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	225.8	0.001	0.00	99.4%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	138.2	0.001	0.00	99.5%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	22.2	0.001	0.00	99.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o	Emisiones o	Evaluación de	Aporte a la	Total
		absorciones de 2000	absorciones de 2021			
		(kt CO ₂ eq)	(kt CO ₂ eq)	(nota 1)		
		E _{x,0}	E _{x,t}	T _{x,t}		
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	14.3	0.001	0.00	99.6%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	37.1	0.001	0.00	99.6%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0	11.1	0.001	0.00	99.6%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	16.9	0.001	0.00	99.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	43.1	0.001	0.00	99.7%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	12.6	7.9	0.001	0.00	99.7%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	38.2	0.001	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7	10.1	0.001	0.00	99.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7	9.4	0.001	0.00	99.8%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2	13.8	0.001	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	7.1	0.001	0.00	99.8%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	46.4	71.3	0.001	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4	5.3	0.000	0.00	99.9%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	22.2	0.000	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.3	0.000	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7	0.6	0.000	0.00	99.9%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.7	0.000	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.2	0.000	0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	4.1	0.000	0.00	99.9%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	8.1	0.000	0.00	99.9%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	3.7	2.4	0.000	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	4.9	0.000	0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3	2.8	0.000	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	10.3	0.000	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2	2.0	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	0.3	0.000	0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4	0.6	0.000	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0	1.1	0.000	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8	2.1	0.000	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	22.6	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.6	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.5	0.000	0.00	100.0%
4.H.1.Otros (Emisiones N2O de Acuicultura)	N2O	1.0	1.9	0.000	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.7	0.000	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2	0.8	0.000	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1	2.5	0.000	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	14.5	0.000	0.00	100.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	11.3	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.3	0.000	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO ₂ eq)		Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		E _{x,0}		E _{x,t}				
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4		3.1		0.000	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0		0.3		0.000	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1		2.7		0.000	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7		2.7		0.000	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6		0.6		0.000	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9		1.5		0.000	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0		0.2		0.000	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0		0.1		0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0		0.0		0.000	0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0		0.0		0.000	0.00	100.0%
BALANCE			-11,525.8	-6,805.3		2.961	1.000	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 6.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de tendencia excluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Emisiones de 2021	Evaluación de	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq) <i>E_{x,0}</i>	(kt CO ₂ eq) <i>E_{x,t}</i>	tendencia (nota 1) <i>T_{x,t}</i>		
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	275.2	0.279	0.188	18.8%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,680.8	0.260	0.174	36.2%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	2,481.5	0.214	0.144	50.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	2,414.0	0.212	0.143	64.9%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,160.6	0.121	0.081	73.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	1,074.8	0.112	0.075	80.5%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	473.7	0.052	0.035	84.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	1,371.0	0.042	0.028	86.8%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	955.1	0.033	0.022	89.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	4,656.8	0.029	0.020	91.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	493.6	0.018	0.012	92.2%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	225.8	0.015	0.010	93.2%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	303.1	0.013	0.009	94.1%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	76.3	0.011	0.007	94.8%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	138.2	0.010	0.007	95.5%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	58.3	0.008	0.005	96.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	73.3	0.008	0.005	96.5%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	66.3	0.007	0.004	97.0%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	49.8	0.007	0.004	97.4%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	43.1	0.004	0.003	97.7%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	38.2	0.003	0.002	97.9%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0	30.9	0.003	0.002	98.1%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	46.4	71.3	0.003	0.002	98.3%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	47.9	0.003	0.002	98.5%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.7	0.002	0.001	98.6%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	41.5	0.001	0.001	98.7%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	737.6	0.001	0.001	98.8%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	22.2	0.001	0.001	98.9%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	81.8	0.001	0.001	99.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0	11.1	0.001	0.001	99.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	22.6	0.001	0.001	99.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.3	0.001	0.001	99.2%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	8.1	0.001	0.001	99.2%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7	10.1	0.001	0.001	99.3%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	10.3	0.001	0.001	99.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.2	0.001	0.001	99.4%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7	9.4	0.001	0.001	99.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de		Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		2000 (kt CO ₂ eq)	2021 (kt CO ₂ eq)			
		E _{x,0}	E _{x,t}	T _{x,t}		
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	14.5	0.001	0.000	99.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	4.9	0.001	0.000	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	7.1	0.001	0.000	99.6%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	67.6	0.001	0.000	99.6%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	11.3	0.001	0.000	99.7%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7	0.6	0.001	0.000	99.7%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2	13.8	0.000	0.000	99.8%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	22.2	0.000	0.000	99.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4	5.3	0.000	0.000	99.8%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3	2.8	0.000	0.000	99.8%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	60.6	0.000	0.000	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	0.3	0.000	0.000	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	4.1	0.000	0.000	99.9%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4	0.6	0.000	0.000	99.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1	2.5	0.000	0.000	99.9%
3.G. Encalado	CO2	0.2	2.0	0.000	0.000	99.9%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0	1.1	0.000	0.000	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7	2.7	0.000	0.000	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	37.1	0.000	0.000	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6	0.6	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.6	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.5	0.000	0.000	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9	1.5	0.000	0.000	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.7	0.000	0.000	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2	0.8	0.000	0.000	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8	2.1	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.3	0.000	0.000	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.3	0.000	0.000	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.2	0.000	0.000	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.1	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.000	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0	0.0	0.000	0.000	100.0%
TOTAL		9,620.2	20,519.3	1.488	1.000	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 7.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2000 incluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO ₂ eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		$E_{x,0}$	$ E_{x,0} $	$L_{x,0}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,0}$	$LU_{x,0}$ (Ec. 4.4)	
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-26,978.7	26,978.7	0.629	350.19%	0.583	62.9%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	3,715.9	3,715.9	0.087	7.21%	0.002	71.6%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,446.4	1,446.4	0.034	2.37%	0.000	74.9%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,427.5	0.057	0.66%	0.000	80.6%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	300.7	0.007	3.02%	0.000	81.3%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	197.7	0.005	3.33%	0.000	81.8%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	66.1	66.1	0.002	3.29%	0.000	81.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	2,051.7	0.048	0.08%	0.000	86.7%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	34.3	0.001	2.78%	0.000	86.8%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	160.9	160.9	0.004	0.38%	0.000	87.2%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	173.5	0.004	0.32%	0.000	87.6%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	202.7	0.005	0.27%	0.000	88.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	833.3	0.019	0.06%	0.000	90.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	172.4	0.004	0.22%	0.000	90.4%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	312.3	0.007	0.07%	0.000	91.1%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	228.7	228.7	0.005	0.05%	0.000	91.6%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	26.6	0.001	0.44%	0.000	91.7%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	276.0	276.0	0.006	0.04%	0.000	92.4%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	457.6	0.011	0.02%	0.000	93.4%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	109.9	0.003	0.08%	0.000	93.7%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	17.0	0.000	0.38%	0.000	93.7%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	340.0	0.008	0.01%	0.000	94.5%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	43.6	0.001	0.04%	0.000	94.6%
4.B.1.Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	-226.1	226.1	0.005	0.01%	0.000	95.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	63.1	0.001	0.01%	0.000	95.3%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	68.6	68.6	0.002	0.01%	0.000	95.4%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	46.4	46.4	0.001	0.01%	0.000	95.6%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	61.2	0.001	0.00%	0.000	95.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	37.7	0.001	0.00%	0.000	95.8%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	84.9	0.002	0.00%	0.000	96.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	1,387.4	0.032	0.00%	0.000	99.2%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	53.2	0.001	0.00%	0.000	99.3%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	55.0	0.001	0.00%	0.000	99.5%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	10.4	0.000	0.01%	0.000	99.5%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	19.4	0.000	0.00%	0.000	99.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO ₂ eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		E _{x,0}	E _{x,0}	L _{x,0} (Ec. 4.1)	U _{x,0}				
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	4.8	0.000	0.00%	0.000	99.6%		
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.9	0.000	0.00%	0.000	99.6%		
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	33.7	0.001	0.00%	0.000	99.6%		
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	10.0	0.000	0.00%	0.000	99.7%		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.7	0.000	0.00%	0.000	99.7%		
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2	4.2	0.000	0.00%	0.000	99.7%		
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	18.3	0.000	0.00%	0.000	99.7%		
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	12.6	0.000	0.00%	0.000	99.8%		
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	8.6	0.000	0.00%	0.000	99.8%		
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	15.6	0.000	0.00%	0.000	99.8%		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7	0.7	0.000	0.00%	0.000	99.8%		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	5.3	0.000	0.00%	0.000	99.8%		
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7	0.7	0.000	0.00%	0.000	99.8%		
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	7.8	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4	0.4	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	0.5	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	12.8	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	7.8	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	12.6	12.6	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7	1.7	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1	2.1	0.000	0.00%	0.000	99.9%		
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3	3.3	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
4.H.1.Otros (Emisiones N2O de Acuicultura)	N2O	1.0	1.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7	2.7	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8	0.8	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	0.8	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9	0.9	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	3.7	3.7	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4	2.4	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1	2.1	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4	1.4	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2	0.2	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.5	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
3.G. Encalado	CO2	0.2	0.2	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.1	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO ₂ eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		$E_{x,0}$	$ E_{x,0} $	$L_{x,0}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,0}$				
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	0.0	0.000	0.01%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	0.0	0.000	2.72%	0.000	100.0%		
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.000	100.0%		
BALANCE		-11,525.8	42,883.8	1.000	378.11%	0.585			

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 8. Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2000 excluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq)	Valor absoluto de emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		E _{x,0}	E _{x,0}	L _{x,0} (Ec. 4.1)	U _{x,0}	LU _{x,0} (Ec. 4.4)	
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,427.5	0.252	0.66%	0.01	25.2%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	300.7	0.031	3.02%	0.01	28.4%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	197.7	0.021	3.33%	0.00	30.4%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	2,051.7	0.213	0.08%	0.00	51.7%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	34.3	0.004	2.78%	0.00	52.1%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	173.5	0.018	0.32%	0.00	53.9%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	202.7	0.021	0.27%	0.00	56.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	833.3	0.087	0.06%	0.00	64.7%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	172.4	0.018	0.22%	0.00	66.5%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	312.3	0.032	0.07%	0.00	69.7%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	26.6	0.003	0.44%	0.00	70.0%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	457.6	0.048	0.02%	0.00	74.7%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	109.9	0.011	0.08%	0.00	75.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	17.0	0.002	0.38%	0.00	76.1%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	340.0	0.035	0.01%	0.00	79.6%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	43.6	0.005	0.04%	0.00	80.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	63.1	0.007	0.01%	0.00	80.7%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	46.4	46.4	0.005	0.01%	0.00	81.2%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	61.2	0.006	0.00%	0.00	81.8%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	37.7	0.004	0.00%	0.00	82.2%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	84.9	0.009	0.00%	0.00	83.1%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	1,387.4	0.144	0.00%	0.00	97.5%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	53.2	0.006	0.00%	0.00	98.1%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	10.4	0.001	0.01%	0.00	98.2%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	4.8	0.000	0.00%	0.00	98.2%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.9	0.001	0.00%	0.00	98.3%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	33.7	0.003	0.00%	0.00	98.7%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	10.0	0.001	0.00%	0.00	98.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.7	0.001	0.00%	0.00	98.8%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2	4.2	0.000	0.00%	0.00	98.9%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	18.3	0.002	0.00%	0.00	99.1%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	12.6	0.001	0.00%	0.00	99.2%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	8.6	0.001	0.00%	0.00	99.3%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	15.6	0.002	0.00%	0.00	99.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7	0.7	0.000	0.00%	0.00	99.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	5.3	0.001	0.00%	0.00	99.5%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7	0.7	0.000	0.00%	0.00	99.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq)	Valor absoluto de emisiones de 2000 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		E _{x,0}	E _{x,0}	L _{x,0} (Ec. 4.1)	U _{x,0}	LU _{x,0} (Ec. 4.4)	
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	7.8	0.001	0.00%	0.00	99.6%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4	0.4	0.000	0.00%	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	0.5	0.000	0.00%	0.00	99.6%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	12.8	0.001	0.00%	0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	7.8	0.001	0.00%	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7	1.7	0.000	0.00%	0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1	2.1	0.000	0.00%	0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3	3.3	0.000	0.00%	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7	2.7	0.000	0.00%	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8	0.8	0.000	0.00%	0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	0.8	0.000	0.00%	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9	0.9	0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4	1.4	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2	0.2	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.5	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2	0.2	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.1	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	0.0	0.000	0.01%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	0.0	0.000	2.72%	0.00	100.0%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
BALANCE		9,620.2	9,620.2	1.000	14.55%	0.03	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 9.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2021 incluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2021 con incertidumbre	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,t}$	$LU_{x,t}$ (Ec. 4.4)	
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-35,071.0	35,071.0	0.539	350.19%	0.50	53.9%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	4,944.0	4,944.0	0.076	7.21%	0.00	61.5%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	2,481.5	2,481.5	0.038	3.33%	0.00	65.3%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,890.0	1,890.0	0.029	2.37%	0.00	68.2%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	1,074.8	1,074.8	0.017	2.72%	0.00	69.8%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	955.1	955.1	0.015	3.02%	0.00	71.3%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	867.0	867.0	0.013	3.29%	0.00	72.6%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,680.8	2,680.8	0.041	0.66%	0.00	76.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	2,414.0	2,414.0	0.037	0.32%	0.00	80.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	4,656.8	4,656.8	0.072	0.08%	0.00	87.6%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	-707.7	707.7	0.011	0.38%	0.00	88.7%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	67.6	67.6	0.001	2.78%	0.00	88.8%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	303.1	303.1	0.005	0.27%	0.00	89.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	1,371.0	1,371.0	0.021	0.06%	0.00	91.4%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	225.8	225.8	0.003	0.22%	0.00	91.7%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	493.6	493.6	0.008	0.07%	0.00	92.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	60.6	60.6	0.001	0.44%	0.00	92.6%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	369.8	369.8	0.006	0.05%	0.00	93.2%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	37.1	37.1	0.001	0.38%	0.00	93.2%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	311.1	311.1	0.005	0.04%	0.00	93.7%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	473.7	473.7	0.007	0.02%	0.00	94.4%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	138.2	138.2	0.002	0.08%	0.00	94.6%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	737.6	737.6	0.011	0.01%	0.00	95.8%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,160.6	1,160.6	0.018	0.01%	0.00	97.5%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	81.8	81.8	0.001	0.04%	0.00	97.7%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	151.8	151.8	0.002	0.01%	0.00	97.9%
4.B.1.Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	-168.2	168.2	0.003	0.01%	0.00	98.2%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	71.3	71.3	0.001	0.01%	0.00	98.3%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	58.3	58.3	0.001	0.01%	0.00	98.4%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	47.9	47.9	0.001	0.01%	0.00	98.4%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	66.3	66.3	0.001	0.00%	0.00	98.5%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	43.1	43.1	0.001	0.00%	0.00	98.6%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	76.3	76.3	0.001	0.00%	0.00	98.7%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	49.8	49.8	0.001	0.00%	0.00	98.8%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	30.9	30.9	0.000	0.00%	0.00	98.8%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2021 con incertidumbre	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,t}$	$LU_{x,t}$ (Ec. 4.4)	
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	39.4	39.4	0.001	0.00%	0.00	98.9%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	22.2	22.2	0.000	0.00%	0.00	98.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	275.2	275.2	0.004	0.00	0.00	99.4%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	16.9	16.9	0.000	0.00%	0.00	99.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	10.1	10.1	0.000	0.00%	0.00	99.4%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	13.8	13.8	0.000	0.00%	0.00	99.4%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	14.5	14.5	0.000	0.00%	0.00	99.4%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	38.2	38.2	0.001	0.00%	0.00	99.5%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.3	7.3	0.000	0.00%	0.00	99.5%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	9.4	9.4	0.000	0.00%	0.00	99.5%
3.H. Aplicación de urea	CO2	22.2	22.2	0.000	0.00%	0.00	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	73.3	73.3	0.001	0.00%	0.00	99.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	22.7	22.7	0.000	0.00%	0.00	99.7%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	22.6	22.6	0.000	0.00%	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.2	6.2	0.000	0.00%	0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	10.3	10.3	0.000	0.00%	0.00	99.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	5.3	5.3	0.000	0.00%	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	7.1	7.1	0.000	0.00%	0.00	99.8%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	41.5	41.5	0.001	0.00%	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	4.9	4.9	0.000	0.00%	0.00	99.9%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	11.3	11.3	0.000	0.00%	0.00	99.9%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	8.1	8.1	0.000	0.00%	0.00	99.9%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	7.9	7.9	0.000	0.00%	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	2.7	2.7	0.000	0.00%	0.00	99.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.5	2.5	0.000	0.00%	0.00	99.9%
4.H.1.Otros (Emisiones N2O de Acuicultura)	N2O	1.9	1.9	0.000	0.00%	0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	2.8	2.8	0.000	0.00%	0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	4.1	4.1	0.000	0.00%	0.00	99.9%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	1.1	1.1	0.000	0.00%	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	2.1	2.1	0.000	0.00%	0.00	99.9%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	11.1	11.1	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.5	1.5	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	2.0	2.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	3.1	3.1	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.8	0.8	0.000	0.00%	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.7	2.7	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)		Evaluación de nivel <i>L_{x,t}</i> (Ec. 4.1)	Porcentaje de incertidumbre en 2021 (nota 1) <i>U_{x,t}</i>	Evaluación de nivel para 2021 con incertidumbre <i>LU_{x,t}</i> (Ec. 4.4)	Total acumulativo
		<i>E_{x,t}</i>		<i> E_{x,t} </i>					
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	2.4		2.4		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.6		0.6		0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.7		0.7		0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6		0.6		0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	0.6		0.6		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.3		0.3		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.5		0.5		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.3		0.3		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	0.3		0.3		0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.2		0.2		0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.1		0.1		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0		0.0		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0		0.0		0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0		0.0		0.000	0.00%	0.00	100.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	14.3		14.3		0.000	0.00%	0.00	100.0%
BALANCE		-6,805.3		65,088.5		1.000	378.11%	0.50	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 10. Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2021 excluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2021	Valor absoluto de emisiones de 2021	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021	Evaluación de nivel para 2021 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq)	(kt CO ₂ eq)	de nivel	(nota 1)	para 2021 con incertidumbre	
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,t}$	$LU_{x,t}$ (Ec. 4.4)	
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	955.1	955.1	0.047	350.19%	0.05	4.7%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	2,481.5	2,481.5	0.121	3.33%	0.00	16.7%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	1,074.8	1,074.8	0.052	2.72%	0.00	22.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,680.8	2,680.8	0.131	0.66%	0.00	35.1%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	2,414.0	2,414.0	0.118	0.32%	0.00	46.8%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	4,656.8	4,656.8	0.227	0.08%	0.00	69.5%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	67.6	67.6	0.003	2.37%	0.00	69.8%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	303.1	303.1	0.015	0.27%	0.00	71.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	1,371.0	1,371.0	0.067	0.06%	0.00	78.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	225.8	225.8	0.011	0.22%	0.00	79.1%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	493.6	493.6	0.024	0.07%	0.00	81.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	60.6	60.6	0.003	0.44%	0.00	81.8%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	47.9	47.9	0.002	0.38%	0.00	82.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	37.1	37.1	0.002	0.38%	0.00	82.2%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	473.7	473.7	0.023	0.02%	0.00	84.5%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	737.6	737.6	0.036	0.01%	0.00	88.1%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,160.6	1,160.6	0.057	0.01%	0.00	93.8%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	71.3	71.3	0.003	0.01%	0.00	94.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	58.3	58.3	0.003	0.01%	0.00	94.4%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	81.8	81.8	0.004	0.01%	0.00	94.8%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	66.3	66.3	0.003	0.00%	0.00	95.1%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	43.1	43.1	0.002	0.00%	0.00	95.3%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	76.3	76.3	0.004	0.00%	0.00	95.7%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	49.8	49.8	0.002	0.00%	0.00	96.0%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	30.9	30.9	0.002	0.00%	0.00	96.1%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	275.2	275.2	0.013	0.00	0.00	97.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	10.1	10.1	0.000	0.00%	0.00	97.5%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	13.8	13.8	0.001	0.00%	0.00	97.6%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	14.5	14.5	0.001	0.00%	0.00	97.6%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	38.2	38.2	0.002	0.00%	0.00	97.8%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.3	7.3	0.000	0.00%	0.00	97.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	9.4	9.4	0.000	0.00%	0.00	97.9%
3.H. Aplicación de urea	CO2	22.2	22.2	0.001	0.00%	0.00	98.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	73.3	73.3	0.004	0.00%	0.00	98.4%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	22.7	22.7	0.001	0.00%	0.00	98.5%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	22.6	22.6	0.001	0.00%	0.00	98.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.2	6.2	0.000	0.00%	0.00	98.6%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2021	Valor absoluto de emisiones de 2021	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2021	Evaluación de nivel para 2021 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq)	(kt CO ₂ eq)	de nivel	(nota 1)	para 2021 con incertidumbre	
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,t}$	$LU_{x,t}$ (Ec. 4.4)	
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	10.3	10.3	0.001	0.00%	0.00	98.7%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	5.3	5.3	0.000	0.00%	0.00	98.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	7.1	7.1	0.000	0.00%	0.00	98.7%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	138.2	138.2	0.007	0.00%	0.00	99.4%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	41.5	41.5	0.002	0.00%	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	4.9	4.9	0.000	0.00%	0.00	99.6%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	11.3	11.3	0.001	0.00%	0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	8.1	8.1	0.000	0.00%	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	2.7	2.7	0.000	0.00%	0.00	99.7%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.5	2.5	0.000	0.00%	0.00	99.7%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	2.8	2.8	0.000	0.00%	0.00	99.8%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	4.1	4.1	0.000	0.00%	0.00	99.8%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	1.1	1.1	0.000	0.00%	0.00	99.8%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	2.1	2.1	0.000	0.00%	0.00	99.8%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	22.2	22.2	0.001	0.00%	0.00	99.9%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	11.1	11.1	0.001	0.00%	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.5	1.5	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	2.0	2.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.8	0.8	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.7	0.7	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.3	0.3	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.5	0.5	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.3	0.3	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	0.3	0.3	0.000	0.00%	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.2	0.2	0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.1	0.1	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	100.0%
BALANCE		20,519.3	20,519.3	1.000	361.58%	0.05	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 11.

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de tendencia incluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2021	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2021	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq)	(kt CO ₂ eq)	(nota 1)	(nota 2)	TU _{x,t}		
		E _{x,0}	E _{x,t}	T _{x,t}	U _{x,t}	TU _{x,t}		
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-26,978.7	-35,071.0	1.661	350.19%	5.82	1.00	99.7%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	2,481.5	0.191	3.33%	0.01	0.00	99.8%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	1,074.8	0.093	2.72%	0.00	0.00	99.9%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	66.1	867.0	0.067	3.29%	0.00	0.00	99.9%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	3,715.9	4,944.0	0.025	7.21%	0.00	0.00	99.9%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	955.1	0.046	3.02%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	2,414.0	0.188	0.32%	0.00	0.00	100.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,680.8	0.064	0.66%	0.00	0.00	100.0%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	160.9	-707.7	0.081	0.38%	0.00	0.00	100.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,446.4	1,890.0	0.013	2.37%	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	4,656.8	0.153	0.08%	0.00	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	67.6	0.002	2.78%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	1,371.0	0.017	0.06%	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	60.6	0.002	0.44%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,160.6	0.101	0.01%	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	37.1	0.001	0.38%	0.00	0.00	100.0%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	303.1	0.002	0.27%	0.00	0.00	100.0%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	473.7	0.015	0.02%	0.00	0.00	100.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	225.8	0.001	0.22%	0.00	0.00	100.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	493.6	0.005	0.07%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	737.6	0.022	0.01%	0.00	0.00	100.0%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	276.0	311.1	0.007	0.04%	0.00	0.00	100.0%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	228.7	369.8	0.004	0.05%	0.00	0.00	100.0%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	138.2	0.001	0.08%	0.00	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	81.8	0.002	0.04%	0.00	0.00	100.0%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	68.6	151.8	0.005	0.01%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	58.3	0.003	0.01%	0.00	0.00	100.0%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	47.9	0.003	0.01%	0.00	0.00	100.0%
4.B.1.Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	-226.1	-168.2	0.003	0.01%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	275.2	0.146	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0	30.9	0.003	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	66.3	0.002	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	76.3	0.004	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	39.4	0.003	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	46.4	71.3	0.001	0.01%	0.00	0.00	100.0%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	49.8	0.002	0.00%	0.00	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2021	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2021	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq) <i>E_{x,0}</i>	(kt CO ₂ eq) <i>E_{x,t}</i>	(nota 1) <i>T_{x,t}</i>	(nota 2) <i>U_{x,t}</i>	<i>TU_{x,t}</i>		
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	43.1	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	22.2	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	16.9	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7	10.1	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7	9.4	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2	13.8	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	73.3	0.006	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4	5.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	7.1	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	38.2	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.2	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	22.2	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	10.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.7	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	41.5	0.002	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	4.9	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	14.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	22.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	12.6	7.9	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	8.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0	1.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3	2.8	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	4.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	11.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0	11.1	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.H.1. Otros (Emisiones N2O de Acuicultura)	N2O	1.0	1.9	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1	2.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8	2.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7	2.7	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2	2.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2	0.8	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	3.7	2.4	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.7	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	0.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2021	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2021	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq) <i>E_{x,0}</i>	(kt CO ₂ eq) <i>E_{x,t}</i>	(nota 1) <i>T_{x,t}</i>	(nota 2) <i>U_{x,t}</i>	<i>TU_{x,t}</i>		
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9	1.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4	3.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1	2.7	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.2	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	14.3	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
BALANCE		-11,525.8	-6,805.3	2.961	378.11%	5.83		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Tabla A.1. 2. Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de tendencia excluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Emisiones de 2021	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2021	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq)	(kt CO ₂ eq)	(nota 1)	(nota 2)	(TU _{x,t})		
		E _{x,0}	E _{x,t}	T _{x,t}	U _{x,t}	TU _{x,t}		
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	955.1	0.015	350.19%	0.05	0.88	87.6%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	2,481.5	0.100	3.33%	0.00	0.05	93.1%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	1,074.8	0.112	2.72%	0.00	0.05	98.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,680.8	0.122	0.66%	0.00	0.01	99.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	2,414.0	0.100	0.32%	0.00	0.01	99.9%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	303.1	0.006	0.27%	0.00	0.00	99.9%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	225.8	0.007	0.22%	0.00	0.00	99.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	4,656.8	0.014	0.08%	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	1,371.0	0.020	0.06%	0.00	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,160.6	0.121	0.01%	0.00	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	67.6	0.000	2.37%	0.00	0.00	100.0%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	473.7	0.024	0.02%	0.00	0.00	100.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	493.6	0.008	0.07%	0.00	0.00	100.0%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	47.9	0.001	0.38%	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	60.6	0.000	0.44%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	58.3	0.004	0.01%	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	37.1	0.000	0.38%	0.00	0.00	100.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	46.4	71.3	0.001	0.01%	0.00	0.00	100.0%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	66.3	0.003	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	275.2	0.131	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	76.3	0.005	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0	30.9	0.003	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	737.6	0.001	0.01%	0.00	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	43.1	0.002	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	49.8	0.003	0.00%	0.00	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	81.8	0.001	0.01%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7	10.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	73.3	0.008	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	38.2	0.002	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7	9.4	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	14.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.2	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2	13.8	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.7	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	10.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4	5.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Emisiones de 2021	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2021	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO ₂ eq)	(kt CO ₂ eq)	(nota 1)	(nota 2)	(TU _{x,t})		
		E _{x,0}	E _{x,t}	T _{x,t}	U _{x,t}	TU _{x,t}		
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	7.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	22.6	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	22.2	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	138.2	0.005	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	4.9	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	41.5	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	11.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	8.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0	1.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3	2.8	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1	2.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0	11.1	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7	2.7	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	4.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	22.2	0.001	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2	2.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8	2.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9	1.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2	0.8	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.5	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	0.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6	0.6	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.7	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.3	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.1	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.2	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00%	0.00	0.00	100.0%
		-1,924.5						
BALANCE		9,620.2	20,519.3	0.828	361.58%	0.06		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

ANEXO 2. Evaluación de la incertidumbre

En el presente anexo se describe la metodología aplicada para la combinación de la incertidumbre del inventario nacional de GEI de Panamá. Se ha tomado el texto directamente desde el Capítulo 3, Volumen 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, salvo para la sección que describe la metodología aplicada para combinar la incertidumbre del sector UTCUTS.

Método 1: propagación del error

El Método 1 se basa en la propagación de errores y se lo utiliza para estimar la incertidumbre en las categorías individuales, en todo el inventario, y en las tendencias entre un año de interés y el año de base. Aquí se describen las hipótesis, los requisitos y los procedimientos principales.

Hipótesis principales del Método 1

En el Método 1, se puede propagar la incertidumbre de las emisiones o absorciones a partir de las incertidumbres de los datos de la actividad, el factor de emisión y otros parámetros de estimación, a través de la ecuación de propagación del error (Mandel, 1984, Bevington y Robinson, 1992). Si hay correlaciones, se la puede incluir de forma explícita o se pueden agregar datos a un nivel adecuado, de forma tal que las correlaciones sean menos importantes. Teóricamente, el Método 1 también exige que la desviación estándar dividida por el valor medio sea inferior a 0,3. En la práctica, no obstante, el método arroja resultados informativos, aunque no se cumpla estrictamente este criterio y subsistan algunas correlaciones. El Método 1 presupone que los rangos relativos de incertidumbre de los factores de emisión y actividad son iguales en el año de base y en el año t. Esta hipótesis suele ser correcta o aproximadamente correcta. Si no se aplica ninguna de las hipótesis principales del Método 1, se puede desarrollar una versión alternativa del Método 1 o, en su lugar, se puede utilizar el Método 2.

Requisitos principales del Método 1

Para cuantificar la incertidumbre siguiendo el Método 1, se necesitan las estimaciones de la media y la desviación estándar para cada entrada, así como la ecuación a través de la cual se combinan todas las entradas para estimar una salida. Entre las ecuaciones más simples se incluyen las entradas estadísticamente independientes (no correlacionadas). Una vez determinadas las incertidumbres de las categorías, el factor de emisión o las emisiones para una categoría, se los puede combinar para lograr estimaciones de incertidumbre para todo el inventario en cualquier año, y la incertidumbre de la tendencia del inventario general a través del tiempo. Tal como se explica a continuación, es posible combinar estas estimaciones de incertidumbre mediante dos reglas convenientes de combinación de las incertidumbres no correlacionadas bajo la suma y la multiplicación.

Procedimiento del Método 1

El análisis del Método 1 estima las incertidumbres mediante la ecuación de propagación del error en dos pasos. Primero, se utiliza la aproximación de la Ecuación 3.1 para combinar el factor de emisión, los datos de la actividad y otros rangos de parámetros de estimación por categoría y GEI. Segundo, se utiliza la aproximación de la Ecuación 3.2 para llegar a la incertidumbre general de las emisiones nacionales y la tendencia de las emisiones nacionales entre el año de base y el año actual.

Incertidumbre de una estimación anual

La ecuación de propagación del error arroja dos reglas convenientes para combinar las incertidumbres no correlacionadas bajo la suma y la multiplicación.

En los casos en los que se deben combinar las cantidades inciertas por multiplicación, la desviación estándar de la suma es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman, con las desviaciones estándar expresadas como coeficientes de variación, que son las relaciones de las desviaciones estándar con los valores medios adecuados. Esta regla es aproximada para todas las variables aleatorias. En circunstancias típicas, esta regla tiene una exactitud razonable, mientras el coeficiente de variación sea inferior a aproximadamente 0,3. Esta regla no es aplicable a la división.

Luego se puede derivar una ecuación simple (Ecuación 3.1) para la incertidumbre del producto, expresada en términos porcentuales:

Ecuación 3.1 Combinación de incertidumbres - Método 1 - multiplicación

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

Donde:

U_{total} = el porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95 por ciento, dividido por el total y expresado como porcentaje)

U_i = el porcentaje de incertidumbre asociado con cada una de las cantidades

En los casos en los que se deben combinar las cantidades inciertas por suma o resta, la desviación estándar de la suma es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman con las desviaciones estándar, todas expresadas en términos absolutos (esta regla es exacta para las variables no correlacionadas).

Tomando esta interpretación, se puede derivar una ecuación simple (Ecuación 3.2) para la incertidumbre de la suma, expresada en términos porcentuales:

Ecuación 3.2 Combinación de incertidumbres - Método 1 - suma y resta

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

Donde:

U_{total} = el porcentaje de incertidumbre de la suma de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95 por ciento, dividido por el total (es decir, la media) y expresado como porcentaje).

Este término «incertidumbre» se basa en el intervalo de confianza del 95 por ciento

x_i y U_i = las cantidades inciertas y el porcentaje de incertidumbres asociado, respectivamente.

El inventario de GEI es, principalmente, la suma de los productos de los factores de emisión, los datos de la actividad y otros parámetros de estimación. Por lo tanto, es posible usar en forma repetida las Ecuaciones 3.1 y 3.2 para estimar la incertidumbre del inventario total. En la práctica, las incertidumbres que se encuentran en las categorías del inventario varían de un porcentaje menor hasta órdenes de magnitud, y pueden estar correlacionadas. Ello no es coherente con las hipótesis de las Ecuaciones 3.1 y 3.2 acerca de la no correlación de las variables, ni con la hipótesis de la Ecuación 3.2 acerca del coeficiente de variación menor que un 30 por ciento, pero en estas circunstancias, aún se pueden usar las Ecuaciones 3.1 y 3.2 para obtener un resultado aproximado.

Incertidumbre en la tendencia

Se estiman las incertidumbres de la tendencia por medio de dos sensibilidades:

- Sensibilidad del tipo A: el cambio en la diferencia de las emisiones totales entre el año de base y el año actual, expresado como porcentaje, resultado de un incremento del 1 por ciento de las emisiones o absorciones de una categoría dada y el gas en el año de base y en el año actual.
- Sensibilidad del tipo B: el cambio en la diferencia de las emisiones totales entre el año de base y el año actual, expresado como porcentaje, resultado de un incremento del 1 por ciento de las emisiones o absorciones de una categoría dada y el gas solamente en el año actual.

Las sensibilidades de tipo A y B son simplemente variables intermedias que simplifican el procedimiento de cálculo. Los resultados del análisis no se limitan a un cambio de uno por ciento únicamente, sino que dependen del rango de incertidumbre de cada categoría.

Conceptualmente, la sensibilidad de tipo A surge de las incertidumbres que afectan igualmente a las emisiones o absorciones del año de base y del año actual, y la sensibilidad de tipo B surge de las incertidumbres que afectan únicamente a las emisiones o absorciones del año actual. Las incertidumbres que están totalmente correlacionadas entre los años se asocian con las sensibilidades de tipo A, y las incertidumbres no correlacionadas entre los años se asocian con las sensibilidades de tipo B. Las incertidumbres del factor de emisión (y otros parámetros de estimación) tienden a tener sensibilidades del tipo A, y las incertidumbres de los datos de la actividad tienden a tenerlas del tipo B. Sin embargo, esta asociación no siempre se sostiene y es posible aplicar las sensibilidades del tipo A a los datos de la actividad, y las del tipo B a los factores de emisión, para reflejar las circunstancias nacionales particulares. Las sensibilidades de tipo A y B son simplificaciones incluidas para el análisis aproximado de la correlación.

Una vez calculadas las incertidumbres incluidas en el inventario nacional por sensibilidades de tipo A y B, se las puede sumar por medio de la ecuación de propagación del error (Ecuación 3.1) para obtener la incertidumbre general de la tendencia.

Nivel de desagregación

Con respecto al nivel de desagregación, este se determinó siguiendo el nivel de agregación sugerido en el <Cuadro 4.1> del Volumen 1, Capítulo 4, pero se tuvieron en cuenta las circunstancias nacionales.

Cuando el sector UTCUTS es incluido, el análisis se basa en un total de 90 categorías desagregadas mientras que cuando el sector UTCUTS es excluido, el análisis se basa en 73 categorías desagregadas.

Combinación de la incertidumbre del sector UTCUTS

A diferencia de los demás sectores, los datos de actividad para el sector UTCUTS, derivados del *Mapatón 2021* y *Mapatón 2023*, fueron calculados mediante un muestreo estratificado aleatorio, por lo tanto, el error de muestreo aleatorio o estadístico constituye la principal causa de incertidumbre de los datos de actividad. Dado esto, se aplicó una metodología propia (basada en las *Directrices del IPCC de 2006*) para estimar la incertidumbre de cada fuente y sumidero del sector UTCUTS incluyendo los datos de actividad, parámetros y factores de emisión como un valor único valor de incertidumbre combinada.

El error de muestreo de los datos de actividad se calculó usando la ecuación siguiente:

Ecuación Margen de error (Error de muestreo)

$$ME = Z \times EEM$$

Donde:

ME = margen de error (error de muestreo)

Z=1.960 para un intervalo de confianza de 95 por ciento

EEM = error estándar de la media

La Tabla siguiente presenta la incertidumbre calculada de los datos de actividad derivados del *Mapatón 2023* para el año 2021.

Tabla A.2. 1.

Incertidumbre calculada de los datos de actividad por región climática para el año 2021

Uso y cambios de uso de la tierra	Región climática		
	TMH	TM	TH
F_F	0,03	0,04	0,15
S_S	0,02	0,02	0,26
M_M	0,11	0,18	0,30
R_R	0,03	0,04	0,36
L_L	0,18	0,31	0,63
C_C	0,65	1,21	0,00
F_R	0,97	0,00	0,00
S_R	0,29	0,09	5,36
M_R	1,39	0,00	0,00
R_S	0,19	0,10	8,37
R_M	0,00	0,00	0,00
L_S	0,00	0,00	0,00
C_R	0,00	0,00	0,00
A_R	0,85	1,25	1,96
A_L	0,00	0,00	0,00
P_S	1,96	0,00	0,00
P_R	0,00	1,96	0,00
G_M	1,40	1,96	0,00
G_R	0,17	0,28	0,40
G_L	0,00	0,00	0,00
G_C	0,00	0,00	0,00
I_R	0,83	1,14	0,00
O_M	1,96	0,00	0,00
O_R	1,96	0,00	0,00
W_M	0,00	0,00	0,00
F_A	0,00	0,00	0,00
F_P	0,00	0,00	0,00
S_A	0,31	0,00	0,00
S_P	0,00	0,00	0,00
L_A	0,00	0,00	0,00
R_A	0,65	0,87	0,00
R_P	0,00	1,96	0,00
F_G	0,62	1,31	0,00

Uso y cambios de uso de la tierra	Región climática		
	TMH	TM	TH
S_G	0,11	0,16	1,34
M_G	1,13	1,96	0,00
L_G	1,96	1,96	0,00
C_G	1,96	0,00	0,00
R_G	0,14	0,20	0,38
F_W	0,00	1,96	0,00
S_W	0,00	0,00	0,00
M_W	1,39	0,00	1,96
R_W	0,00	0,00	0,00
F_I	0,00	0,00	0,00
S_I	0,19	3,80	2,60
R_I	0,69	0,72	1,20
S_O	0,00	0,00	0,00
M_O	0,00	0,00	0,00
R_O	0,00	1,96	0,00
A_A	0,10	0,13	0,15
A_G	0,64	0,68	1,23
A_I	1,96	0,00	0,00
A_P	0,00	0,00	0,00
A_W	0,00	0,00	0,00
G_A	0,49	0,63	1,09
G_G	0,03	0,04	0,05
G_I	0,43	0,74	0,91
G_O	1,96	1,96	0,00
G_P	0,00	1,39	0,00
G_W	0,82	1,96	1,32
I_G	0,92	1,96	1,43
I_I	0,10	0,16	0,18
I_P	0,00	0,00	0,00
I_W	0,00	0,00	0,00
O_O	0,31	0,46	0,62
O_W	1,96	0,00	1,44
P_A	0,00	0,00	0,00
P_G	1,96	0,00	0,00
P_I	0,00	0,00	0,00
P_P	0,28	0,26	0,83
W_A	0,00	0,00	0,00
W_G	0,75	1,08	4,03
W_R	0,00	0,00	0,00
W_I	0,00	0,00	0,00
W_O	0,00	0,00	0,00
W_W	0,06	0,10	0,61

Nota: F= Bosque Maduro, S = Bosque Secundario, C = Bosque Plantado de Coníferas, L = Bosque Plantado de Latifoliadas, R = Rastrojo, G= Pasto, I = Asentamientos,

A = Cultivos anuales, P = Cultivos permanentes, W = Humedales, O = Otras Tierras, M = Bosque de mangle

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

Los datos de incendios, y extracción de madera provienen de estadísticas nacionales, sin embargo, las hojas de trabajo no reportan datos de incertidumbre. Por lo tanto, se usó el criterio de experto para definir la incertidumbre de estos valores. Al tratarse de estadísticas nacionales se espera que estos valores tengan una baja incertidumbre.

A continuación, se reporta la incertidumbre del inventario nacional de GEI de Panamá, aplicando el Método 1 de propagación del error, tanto para el análisis de nivel como de tendencia.

Tabla A.2. 2.

Reporte de la incertidumbre del inventario de Panamá 2000-2021 aplicando el método 1 (Propagación del error)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2021	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada en % de emisiones en 2021	Sensibilidad del tipo A	Sensibilidad del tipo B	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por FE	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en el total de emisiones sectoriales
		Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada Nota A (*)	Datos de entrada Nota A (*)	$RAIZ(E^2+F^2)$	$(G \cdot D)^2 / (\sum D)^2$	Nota B (*)	$ABS(D/\sum C)$	$I \cdot F$ Nota C (*)	$J \cdot E \cdot RAIZ(2)$ Nota D (*)	$K^2 + L^2$
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%	%			%	%	%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,387.4	275.15	1.5%	1.6%	2.2%	0.0%	4.7%	2.4%	0.1%	0.1%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	0.30	1.5%	106.1%	106.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.7	0.57	1.5%	165.0%	165.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	73.26	2.0%	5.4%	5.8%	0.0%	0.6%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.02	2.0%	150.0%	150.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.31	2.0%	233.3%	233.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,160.63	2.0%	3.9%	4.4%	0.0%	10.1%	10.1%	0.4%	0.3%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.58	2.0%	150.0%	150.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.55	2.0%	95.0%	95.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.01	2.0%	150.0%	150.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.01	2.0%	200.0%	200.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	833.3	1,371.04	11.0%	4.0%	11.7%	0.1%	7.6%	11.9%	0.3%	1.9%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	0.9	1.45	11.0%	63.6%	64.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.7	2.69	11.0%	101.2%	101.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	173.5	2,414.01	15.0%	5.4%	15.9%	0.3%	20.1%	20.9%	1.1%	4.4%	0.2%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	7.15	15.0%	150.0%	150.7%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.7	10.14	15.0%	233.3%	233.8%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.3	4.92	46.8%	106.1%	115.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.7	6.21	46.8%	194.5%	200.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2021	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada en % de emisiones en 2021	Sensibilidad del tipo A	Sensibilidad del tipo B	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por FE	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en el total de emisiones sectoriales
		Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada Nota A (*)	Datos de entrada Nota A (*)	$RAIZ(E^2+F^2)$	$(G^*D)^2/(\sum D)^2$	Nota B (*)	$ABS(D/\sum C)$	I^*F Nota C (*)	$J^*E^*RAIZ(2)$ Nota D (*)	K^2+L^2
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%	%			%	%	%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	12.8	41.55	4.2%	2.9%	5.2%	0.0%	0.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.01	4.2%	70.7%	70.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.31	4.2%	106.1%	106.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,051.7	4,656.78	3.6%	2.3%	4.2%	0.1%	29.9%	40.4%	0.7%	2.0%	0.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.0	37.13	3.6%	1124.9%	1125.0%	0.4%	0.2%	0.3%	2.6%	0.0%	0.1%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	26.6	60.57	3.6%	741.1%	741.1%	0.4%	0.4%	0.5%	2.9%	0.0%	0.1%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CO2	0.0	11.11	5.0%	2.0%	5.4%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	CH4	0.0	0.02	5.0%	150.6%	150.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A3c Transporte - Ferrocarriles	N2O	0.0	1.14	5.0%	200.0%	200.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	197.7	2,481.52	50.0%	2.0%	50.0%	3.33%	20.5%	21.5%	0.4%	15.2%	2.3%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.7	9.38	50.0%	150.0%	158.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.4	5.32	50.0%	233.3%	238.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	340.0	737.57	10.6%	1.8%	10.8%	0.0%	4.7%	6.4%	0.1%	1.0%	0.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.8	2.12	10.6%	77.3%	78.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.2	0.84	10.6%	128.1%	128.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	63.1	58.28	59.6%	108.2%	123.5%	0.0%	0.2%	0.5%	0.2%	0.4%	0.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	N2O	7.9	7.33	59.6%	223.6%	231.4%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	493.64	2.2%	36.0%	36.1%	0.1%	2.7%	4.3%	1.0%	0.1%	0.0%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.0	0.00	5.0%	60.0%	60.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.3	2.76	28.3%	50.1%	57.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.D.2 Uso de las ceras de parafina	CO2	1.4	0.58	20.0%	100.1%	102.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	1,074.81	29.9%	100.0%	104.4%	2.7%	9.3%	9.3%	9.3%	3.9%	1.0%
2.F.2 Agentes espumantes	HFC	0.0	30.86	50.0%	100.0%	111.8%	0.0%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.05	29.9%	100.0%	104.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2.G.1 Equipos eléctricos	SF6	4.2	13.81	100.0%	36.1%	106.3%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	457.6	473.73	10.0%	20.0%	22.4%	0.0%	1.8%	4.1%	0.4%	0.6%	0.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,427.5	2,680.80	5.0%	20.0%	20.6%	0.7%	10.8%	23.3%	2.2%	1.6%	0.1%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	4.09	5.0%	30.0%	30.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	11.30	5.0%	30.0%	30.4%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.9	76.26	20.0%	30.0%	36.1%	0.0%	0.2%	0.7%	0.1%	0.2%	0.0%

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2021	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada en % de emisiones en 2021	Sensibilidad del tipo A	Sensibilidad del tipo B	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por FE	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en el total de emisiones sectoriales
		Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada Nota A (*)	Datos de entrada Nota A (*)	$RAIZ(E^2+F^2)$	$(G+D)^2/(\sum D)^2$	Nota B (*)	$ABS(D/\sum C)$	I^*F Nota C (*)	$J^*E^*RAIZ(2)$ Nota D (*)	K^2+L^2
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%	%			%	%	%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.8	8.12	10.0%	30.0%	31.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.6	0.62	52.9%	75.0%	91.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	38.22	5.0%	20.0%	20.6%	0.0%	0.2%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.16	5.0%	30.0%	30.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.70	59.4%	75.0%	95.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	22.61	5.0%	30.0%	30.4%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	10.0	14.51	55.0%	75.0%	93.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.70	5.0%	30.0%	30.4%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	37.7	43.13	61.8%	75.0%	97.2%	0.0%	0.2%	0.4%	0.1%	0.3%	0.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	46.4	71.32	62.4%	75.0%	97.6%	0.0%	0.4%	0.6%	0.3%	0.5%	0.0%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	53.2	49.77	5.0%	60.5%	60.7%	0.0%	0.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	61.2	66.30	5.0%	63.2%	63.4%	0.0%	0.3%	0.6%	0.2%	0.0%	0.0%
3.D.1. Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	202.7	303.09	43.8%	107.0%	115.6%	0.3%	1.6%	2.6%	1.7%	1.6%	0.1%
3.D.2. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas	N2O	172.4	225.83	130.2%	58.2%	142.6%	0.2%	1.1%	2.0%	0.6%	3.6%	0.1%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	8.6	10.31	66.4%	63.7%	92.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.1	2.50	66.4%	62.7%	91.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2	1.99	25.0%	30.0%	39.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3.H. Aplicación de urea	CO2	12.6	22.15	15.0%	30.0%	33.5%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-26,978.7	-35,070.97	IE	36.3%	36.3%	350.2%	162.3%	304.3%	58.9%	0.0%	34.7%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	12.6	7.88	IE	21.7%	21.7%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	3.7	2.45	IE	18.5%	18.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	160.9	-707.72	IE	59.6%	59.6%	0.4%	7.0%	6.1%	4.1%	0.0%	0.2%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	-226.1	-168.20	IE	30.8%	30.8%	0.0%	0.3%	1.5%	0.1%	0.0%	0.0%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,446.4	1,890.02	IE	55.5%	55.5%	2.4%	9.0%	16.4%	5.0%	0.0%	0.2%

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2021	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada en % de emisiones en 2021	Sensibilidad del tipo A	Sensibilidad del tipo B	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por FE	Incertidumbre en la tendencia en total de emisiones por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en el total de emisiones sectoriales
		Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada Nota A (*)	Datos de entrada Nota A (*)	$RAIZ(E^2+F^2)$	$(G^*D)^2/(\sum D)^2$	Nota B (*)	$ABS(D/\sum C)$	I^*F Nota C (*)	$J^*E^*RAIZ(2)$ Nota D (*)	K^2+L^2
		kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%	%			%	%	%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	39.35	IE	71.3%	71.3%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	16.86	IE	134.4%	134.4%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4	3.12	IE	17.9%	17.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1	2.70	IE	18.4%	18.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	3,715.9	4,943.96	IE	37.0%	37.0%	7.2%	23.9%	42.9%	8.8%	0.0%	0.8%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	228.7	369.83	IE	42.9%	42.9%	0.1%	2.0%	3.2%	0.9%	0.0%	0.0%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	68.6	151.76	IE	38.4%	38.4%	0.0%	1.0%	1.3%	0.4%	0.0%	0.0%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	276.0	311.11	IE	44.5%	44.5%	0.0%	1.3%	2.7%	0.6%	0.0%	0.0%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	66.1	866.99	IE	142.4%	142.4%	3.29%	7.2%	7.5%	10.2%	0.0%	1.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	14.27	IE	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
4.H.1.Otros (Emisiones N2O de Acuicultura)	N2O	1.0	1.94	IE	124.9%	124.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5.A.2 Eliminación de desechos sólidos en sitios no gestionados	CH4	300.7	955.07	90.0%	85.1%	123.8%	3.0%	6.7%	8.3%	5.7%	10.5%	1.4%
5.A.3 Eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizado	CH4	109.9	138.15	90.0%	102.2%	136.2%	0.1%	0.6%	1.2%	0.6%	1.5%	0.0%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CO2	4.8	22.16	90.0%	40.0%	98.5%	0.0%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.0%
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	CH4	10.4	47.86	90.0%	100.0%	134.5%	0.0%	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%	0.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	43.6	81.81	155.1%	83.7%	176.2%	0.0%	0.5%	0.7%	0.4%	1.6%	0.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	34.3	67.59	909.2%	1411.7%	1679.1%	2.78%	0.4%	0.6%	5.8%	7.5%	0.9%
Total		-11,525.8	-6,805.3				378.1%					43.5%
						Porcentaje de incertidumbre del inventario total:	194.5%				Incertidumbre de la tendencia:	65.9%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

ANEXO 3. Descripción del método de referencia y comparación de estimaciones

El cálculo del Método de Referencia para estimar las emisiones de CO₂ se realizó siguiendo la metodología de las *Directrices del IPCC de 2006*. Los datos de consumo aparente de combustible fueron obtenidos en su totalidad del Balance Energético Nacional (BEN).

Para el cálculo del Método de referencia, se realizaron los siguientes pasos:

- Estimación del consumo aparente de combustible en unidades originales del BEN (kbep): se consideraron los datos de producción, importación, exportación y cambios en las existencias de los combustibles, según lo definido en el BEN (Tabla 3. 10). En la

- Tabla A.3. **61.** se detalla la hoja de trabajo utilizada para realizar este paso con los datos de 2021.
- Conversión a una unidad común de energía: se transformó de kbep a TJ utilizando el factor de conversión 5.81 TJ/kbep, obtenido del Manual de Estadística de la OLADE 2017 (ver Sección 3.2.3.1.1 para más información).
- Cálculo del contenido de carbono total: se multiplicó el consumo de energía por los contenidos de carbono específicos de cada combustible (Tabla 3. 11).
- Cálculo del carbono excluido: no aplica en este caso.
- Corrección del carbono no oxidado y conversión a emisiones de CO₂: se aplicaron el factor de oxidación del carbono (1) y la relación del peso molecular del CO₂ a C (44/12).

En la Tabla A.3. 62. se presenta la hoja de trabajo utilizada para completar los pasos del 2 al 5 con los datos de 2021.

Tabla A.3. 61.

Método de Referencia: consumo aparente 2021 (KBEP)

Tipo de combustible	Combustible	Producción	Importaciones	Exportaciones	Tanques internacionales	Cambio en las existencias	Consumo aparente
Combustibles líquidos	Petróleo crudo						-
	Orimulsión						-
	Gas natural licuado (GNL)						-
	Gasolina		6,365.5	-	-	233.4	6,132.1
	Queroseno para motor a reacción		3,600.3	2,946.8	-	-655.3	1,308.8
	Otro queroseno						-
	Esquisto bituminoso						-
	Gas/diesel oil		6,827.1	-	-	1,177.3	5,649.8
	Fuelóleo residual		266.2	-	-	-76.2	342.4
	Gases licuados de petróleo (GLP)		1,655.6	1.7		-57.3	1,711.2
	Etano						-
	Nafta						-
	Alquitrán						-
	Lubricantes						-
	Coque de petróleo						-
	Sustancia para alimentación a procesos de refinerías						-
	Otros productos del petróleo						-
Combustibles sólidos	Antracita						-
	Carbón de coque						-
	Otro carbón bituminoso		4,580.8	-	-	55.5	4,525.3
	Carbón subbituminoso						-
	Lignito						-
	Esquisto bituminoso y arena impregnada de alquitrán						-
	Briquetas de carbón de lignito y combustible evidente						-
	Horno de coque y coque de gas						-
Alquitrán de hulla						-	
Gas natural	Gas natural (seco)		3,560.8	-	-	-	3,560.8
Otros	Desechos municipales (fracción no biomasa)						-
	Desechos industriales						-
	Óleos de desecho						-

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla A.3. 62.

Método de Referencia: consumo aparente 2021 (KBEP)

Tipo de combustible	Combustible	Consumo aparente (KBEP)	Factor de conversión (TJ/KBEP)	Consumo aparente (TJ)	Contenido de carbono (t C/TJ)	Carbono total (kt C)	Carbono excluido (kt C)	Emisiones de carbono netas (kt C)	Fracción de carbono excluido	Emisiones de CO ₂ reales (kt CO ₂)
Combustibles líquidos	Petróleo crudo							-		-
	Orimulsión							-		-
	Gas natural licuado (GNL)							-		-
	Gasolina	6,132.1	5.8	35,627.5	18.9	673.4		673.4	1.0	2,469.0
	Queroseno para motor a reacción	1,308.8	5.8	7,603.9	19.5	148.3		148.3	1.0	543.7
	Otro queroseno							-		-
	Esquisto bituminoso							-		-
	Gas/diesel oil	5,649.8	5.8	32,825.3	20.2	663.1		663.1	1.0	2,431.3
	Fuelóleo residual	342.4	5.8	1,989.6	21.1	42.0		42.0	1.0	153.9
	Gases licuados de petróleo (GLP)	1,711.2	5.8	9,942.1	17.2	71.0		171.0	1.0	627.0
	Etano							-		-
	Nafta							-		-
	Alquitrán							-		-
	Lubricantes							-		-
	Coque de petróleo							-		-
	Sustancia para alimentación a procesos de refinerías							-		-
	Otros productos del petróleo							-		-
Combustibles sólidos	Antracita (a)							-		-
	Carbón de coque							-		-
	Otro carbón bituminoso	4,525.3	5.8	26,291.9	25.8	678.3		678.3		-
	Carbón subbituminoso							-		-
	Lignito							-		-
	Esquisto bituminoso y arena impregnada de alquitrán							-		-
	Briquetas de carbón de lignito y combustible evidente							-		-
	Horno de coque y coque de gas							-		-
	Alquitrán de hulla							-		-
	Gas natural	Gas natural (seco)	3,560.8	5.8	20,688.5	15.3	316.5		316.5	1.0
Otros	Desechos municipales (fracción no biomasa)							-		-
	Desechos industriales							-		-
	Óleos de desecho							-		-

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

La Tabla A.3.63. resume las diferencias entre el Método Sectorial y el Método de Referencia en la estimación total de emisiones de CO₂ del sector energía. Para la interpretación y justificación de las diferencias, consultar la Sección 3.2.4.

Tabla A.3.63.

Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 2000-2021 (kt CO₂) (kt) para 2021

Año	Método Sectorial	Método de Referencia	Diferencia	%
2000	4,934.5	5,046.4	-112.0	-2.2%
2001	5,834.4	7,962.3	-2,127.8	-26.7%
2002	5,134.5	6,053.3	-918.9	-15.2%
2003	5,596.2	5,297.1	299.1	5.6%
2004	5,334.7	1,782.2	3,552.5	199.3%
2005	5,393.4	5,367.0	26.5	0.5%
2006	5,963.3	5,484.1	479.2	8.7%
2007	6,725.8	6,431.6	294.2	4.6%
2008	6,678.0	6,522.5	155.5	2.4%
2009	7,823.7	7,599.0	224.7	3.0%
2010	8,322.5	8,415.7	-93.2	-1.1%
2011	9,324.9	9,726.2	-401.3	-4.1%
2012	9,399.0	9,880.4	-481.4	-4.9%
2013	9,244.2	9,602.7	-358.4	-3.7%
2014	9,424.4	10,157.6	-733.1	-7.2%
2015	10,081.2	9,911.8	169.4	1.7%
2016	10,146.3	10,499.4	-353.1	-3.4%
2017	9,589.5	10,584.0	-994.4	-9.4%
2018	9,564.9	10,813.6	-1,248.7	-11.5%
2019	13,177.4	12,731.8	445.5	3.5%
2020	9,649.0	9,287.7	361.3	3.9%
2021	10,943.7	7,385.5	3,558.2	48.2%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Nota: este anexo se elaboró tras completar el balance de emisiones nacional y el capítulo de energía. Durante su redacción, se detectó un error en el cálculo del método de referencia para el combustible *Otro carbón bituminoso* exclusivamente para el año 2021. Se observó que la hoja de trabajo no estaba multiplicando las emisiones de CO₂ reales, como se puede apreciar en la Tabla A.3. 62. Es relevante señalar que, al corregir este error, la diferencia entre los métodos para el año 2021 se redujo del 48.2% al 10.8%. Para el próximo NIR, se realizará la corrección de este dato.

ANEXO 4. Plan de aseguramiento de la calidad y control de calidad.

El principal objetivo de este plan es contribuir al cumplimiento de los objetivos del Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI) de Panamá, acorde con lo establecido en sus líneas de trabajo, específicamente: *Calidad y mejoramiento*. El plan tiene por objetivo garantizar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de los inventarios según se define en las Directrices del IPCC de 2006. Su función se basa en establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo de las actividades apropiadas para la garantía y control de la calidad y verificación (GCCV) del inventario y los productos pertinentes, como el plan de calidad y el plan de mejoramiento del inventario.

La implementación de controles de calidad en los inventarios de gases de efecto invernadero es crucial. Un plan de garantía y control de calidad permite identificar áreas de mejora en la transparencia, precisión, consistencia, comparabilidad e integridad de estos inventarios nacionales. Esto a su vez, genera confianza en la información reportada. Contar con un documento que les dé seguimiento a estos procesos mejora la gestión del inventario y la presentación de informes a largo plazo. (U.S. Environmental Protection Agency, 2021)

A continuación, se presentan en las tablas ejemplo de las plantillas de control de calidad para la estimación de emisiones con métodos de Nivel 1 (Tabla A.4. 1) y Nivel 2 (Tabla A.4. 2.)

Tabla A.4. 1.

Lista de actividades generales de control de la calidad (método de Nivel 1)

Actividades y procedimientos	2.A.	2.B.	2.C.	2.D.	2.E.	2.F.	2.G.	2.H.
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.								
Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.								
Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna (informe de la plantilla de MDD).	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:								
o Evitar la programación de factores como fórmulas.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
o Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
o Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.	No	N/A	N/A	No	N/A	No	No	N/A
o Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.	No	N/A	N/A	No	N/A	No	No	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar que las emisiones/absorciones se estimen correctamente.								
Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/absorciones.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar que las unidades de emisiones/absorciones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.								
Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo y (el informe de la plantilla de MDD).	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que los factores de conversión sean correctos.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Verificar la integridad de los archivos de base de datos.								
Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.								
Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/absorciones.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.								
Verificar que los datos de emisiones/absorciones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que los datos de emisiones/absorciones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Revisar el archivo y la documentación interna.								
Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación).	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.								
Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar la coherencia de la serie temporal.								
Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	No	N/A	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar la exhaustividad.								
Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el período del inventario actual.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
En relación a las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/absorciones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación al total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Revisión de tendencias								
Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o absorciones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/absorciones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o absorciones?	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.	Sí	N/A	N/A	Sí	N/A	Sí	Sí	N/A
Otros (especificar):	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla A.4. 2.

Lista de procedimientos de control de la calidad de categoría específica (método de Nivel 2 o superior)

Actividades y procedimientos	3.A.
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	
Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.	Sí
Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.	Sí
Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.	Sí
Documentar los resultados de esta evaluación.	Parcial
Otros (especificar):	N/A
Revisar los factores específicos del país.	
Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.	Sí
Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1.	Parcial
Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa.	Sí
Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio.	No
Comparar los factores de los otros países (utilizando la Base de datos de factores de emisión del IPCC).	Sí
Documentar los resultados de esta evaluación.	No
Documentar los factores de emisiones país específico en la Base de datos de factores de emisión del IPCC (ver archivo específico para ello)	No
Otros (especificar):	N/A
Revisar las mediciones.	
Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones.	Parcial
Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente.	Parcial
Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.	Parcial
Otros (especificar):	N/A
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	
Revisar cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías.	No
Comparar estimaciones realizadas con enfoques "top-down" y "bottom-up" para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes.	No
Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.	No
Otros (especificar):	N/A
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	
Determinar el nivel de CC obtenido por la agencia de recolección de datos. Si no fuera apropiado, considerar las fuentes de datos alternativas, tales como los conjuntos de datos internacionales o factores por defecto del IPCC. Ajustar la incertidumbre relevante de manera apropiada.	Parcial
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	Sí
Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.	Sí
Otros (especificar):	N/A
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	
Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones.	No
Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales.	Sí
Comparar los datos de sitios similares.	Sí
Comparar estimaciones realizadas con enfoques "top-down" y "bottom-up" para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes	N/A
Otros (especificar):	N/A
Estimaciones de incertidumbre de CC.	
Aplicar las técnicas de CC para las estimaciones de incertidumbre.	Parcial
Revisar los cálculos de incertidumbre.	Parcial
Documentar las hipótesis de incertidumbre y las cualidades de algunos expertos consultados.	Parcial
Otros (especificar):	N/A
Verificar las estimaciones de GEI.	
Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.	Sí
Otros (especificar):	N/A

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

En cuanto a la garantía de calidad, el inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá del año base 2013 fue sometido a una rigurosa revisión por pares. Esta revisión, realizada del 19 al 23 de noviembre de 2018 en Ciudad de Panamá, estuvo a cargo de un equipo de expertos convocado por la Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI) y se llevó a cabo siguiendo las "Guías para la revisión por pares de la RedINGEI".

El Sistema de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI) de Panamá se caracteriza por su compromiso con la mejora continua. Por esto, en julio de 2022, tanto el Sistema como el Informe del Inventario Nacional 2020 se sometieron voluntariamente a un riguroso proceso de garantía y control de calidad supervisado por expertos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Esta iniciativa permitió identificar las principales fortalezas y áreas de oportunidad de mejoras

del SSINGEI. Se recibieron valiosas sugerencias y se identificaron las principales brechas que requerían atención inmediata en el inventario. Las acciones priorizadas se enfocaron principalmente en mejorar la transparencia de la información, un aspecto fundamental para la credibilidad del sistema.

Adicionalmente, se definieron acciones a mediano y largo plazo para fortalecer aún más el SSINGEI. Estas acciones se implementarán a través del plan de mejora del inventario, el cual tiene como objetivo optimizar la preparación de los futuros informes bienales de transparencia, programados para su presentación a partir del año 2024.

El SSINGEI de Panamá implementa un subsistema de calidad para garantizar la mejora continua de sus inventarios de gases de efecto invernadero. Este subsistema abarca actividades de control de calidad, garantía de calidad y verificación, siguiendo las directrices del IPCC y adaptando las plantillas de oportunidades de mejora de la US EPA como parte de su manual para la creación de Sistemas de Inventarios Nacionales.

Para identificar y priorizar las oportunidades de mejora, el Equipo Coordinador de Inventarios (ECI) consideró los hallazgos de las revisiones a la que ha sido sometido el inventario y el sistema de gestión del INGEI, independientemente que hayan sido revisiones internas o externa como: procesos de revisión por pares y los procesos de garantía y control de la calidad dictados por la CMNUCC. Dichos hallazgos fueron compilados en hojas de ruta.

Las hojas de ruta establecidas, compilarán la siguiente información para cada uno de los sectores del inventario y para las actividades transversales del sistema de gestión:

- Determinar oportunidades de mejorar por fuente.
- Describir el problema identificado y el listado de mejoras
- Los medios de implementación necesarios para llevar cabo las mejoras identificadas: tecnología, capacidad técnica, financiamiento.
- El nivel de priorización
- De dónde proviene la recomendación.
- Qué se está haciendo al respecto.
- Periodo de implementación de la mejora.

A continuación, se presentan las recomendaciones recibidas, junto con su estado de abordaje y nivel de prioridad las cuales han sido la base para el desarrollo de los planes de mejora de cada sector.

Tabla A.4. 3

Estado de aplicación de las cuestiones y recomendaciones para asegurar la garantía de la calidad del inventario.

ID#	Sector	Clasificación de la cuestión y/o subsector	Tipo de cuestión	Recomendación	Estado	Prioridad	Comentario o acción correctiva
QA-G.1	0. Generalidades	Sistema nacional	No es una cuestión	El ERE recomienda a Panamá Incluir información sobre los canales formales que permiten la recopilación de datos del inventario acorde a lo descrito en el Manual de Procedimientos de SSINGEI.	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.2	0. Generalidades	Sistema nacional	Exhaustividad	El ERE recomienda revisar si se están incluyendo a todos los proveedores de datos	Resuelto	BAJA	Se cuenta con los datos del INEC y del MIDA. Se presentará en el 1BT 2024.
QA-G.3	0. Generalidades	Sistema nacional	Transparencia	Actualizar la información en el próximo IIN acorde con el sistema de inventarios nacionales (Manual de procedimientos).	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.4	0. Generalidades	Sistema nacional	Transparencia	Incluir en el próximo IIN la información de organización y procesos para la recopilación de datos, cálculo y aprobación de la información del inventario acorde a lo indicado en la implementación del sistema nacional de inventarios.	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.5	0. Generalidades	Sistema nacional	Transparencia	Considerar incluir en la extensión posible y gradualmente manuales de procedimientos para asuntos transversales con instrucciones simples practicas entre otros sobre análisis de incertidumbres, organización de elicitaciones de expertos etc.	No resuelto	MEDIA	Será incluido en la actualización del manual de procedimientos previsto para 2024 mayores detalles se presentarán en el 2IBT
QA-G.6	0. Generalidades	Sistema nacional	Transparencia	Incluir mayor descripción de los alcances del marco legal en el próximo IIN.	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.7	0. Generalidades	Sistema nacional	Transparencia	Incluir información del avance en la formalización de acuerdos con los proveedores de datos en el próximo IIN.	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.8	0. Generalidades	Sistema nacional	Transparencia	Incorporar mayores detalles de los arreglos relacionados con el inventario acorde a la descripción que se encuentra en el Manual de procedimientos del futuro SSINGEI.	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.9	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Incluir mayor detalle del plan de CC acorde a lo descrito en el manual de procedimientos del futuro SSINGEI y la información aportada durante la revisión.	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.10	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Incluir mayor descripción de los pasos de CC que han seguido en la elaboración del inventario.	Resuelto	ALTA	Se incluyó en la 4CN, pero se presentaron mayores detalles en el 1IBT
QA-G.11	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Incorporar métodos de verificación para detectar errores e inconsistencias.	Resuelto	ALTA	Incluido en el 1IBT
QA-G.12	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Corregir la información de que se realiza verificación de comparación de métodos de nivel 2 versus métodos de nivel 1, si es algo no implementado en el IIN. Realizar verificación de sector UTCUTS para tener una comparación de resultados.	Resuelto	ALTA	Se incluyen verificaciones de nivel dos en IPPU. Esto se incluyó en la 4CN. Adicional se verifica con estadísticas internacionales: Energía y Agricultura. Por el momento no se han realizado verificaciones para UTCUTS y Residuos.
QA-G.13	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Ver G.27	Resuelto	ALTA	Se ha incluido en los aspectos metodológicos de cada sector
QA-G.14	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Mejorar en futuras compilaciones del IIN la información sobre los resultados obtenidos de la retroalimentación entre los procedimientos aplicados de GC/CC y el análisis de incertidumbre. Precisar cómo estos procedimientos y análisis van contribuyendo a mejorar la calidad general del inventario de una compilación a otra ejemplificando mejoras derivadas de esa retroalimentación.	Resuelto	MEDIA	Incluido en el 1IBT
QA-G.15	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Consiguar y documentar los procedimientos de GC implementados en cada nueva versión del IIN especificando tipo (pares de expertos / auditorías), el nivel a que fueron implementados (interno / externo) y si fueron realizados para el inventario total o partes de este.	Resuelto	ALTA	Incluido en el 1IBT

QA-G.16	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Exhaustividad	Priorizar las actividades a acometer como parte de la GC del borrador final del IIN y decidir sobre las categorías y elementos del inventario que exigen una revisión más detallada por pares de expertos o auditorías teniendo en cuenta los criterios para ese objetivo incluidos en las Directrices del IPCC de 2006 (Vol. 1_Ch6, página 7).	Resuelto	ALTA	Incluido en el 1IBT
QA-G.17	0. Generalidades	Análisis de categorías principales	Exactitud	Realizar para cada compilación del inventario el análisis de categorías principales para el año base además de para el último año inventario y comparar sus resultados como vía para evaluar / reflejar los cambios de importancia / prioridades que se observan en las categorías / subcategorías del inventario con el transcurso de los años. Analizar con mayor detalle, tomando en cuenta la evolución observada en la serie, las categorías que fueron identificadas como principal en el año base pero no en el año inventario más reciente, para decidir identificarlas o no como principal en este último.	Resuelto	ALTA	Se incluye análisis para año base y último año de reporte en 4CN, se incluyeron más detalles en el 1IBT
QA-G.18	0. Generalidades	Análisis de categorías principales	Exhaustividad	Realizar para la próxima compilación del inventario, en la extensión posible y en base a la disponibilidad de datos y desagregación de categorías / subcategorías utilizadas, la identificación de subcategorías y depósitos significativos en las categorías principales del inventario donde esto es indicado en las Directrices del IPCC de 2006 como parte de las consideraciones especiales para acometer el ACP (Tabla 4.1, Vol. 1, Capítulo 4, página 4.8 Directrices del IPCC de 2006). Incluir los resultados de esta identificación en el IIN.	Resuelto	ALTA	Se incluye con el mayor nivel de desagregación posible desde la 4CN y se mejoró el análisis en el 1IBT
QA-G.18	0. Generalidades	Análisis de categorías principales	Exhaustividad	Complementar el análisis de categorías principales en la próxima compilación del inventario aplicando criterios cualitativos a las categorías situadas en el umbral del 95-97% de las emisiones acumuladas para la determinación / identificación potencial adicional de categorías principales.	No resuelto	ALTA	No se abordó en el 1IBT por falta de tiempo.
QA-G.19	0. Generalidades	Análisis de incertidumbre	Exhaustividad	Elaborar / diseñar el formato y contenido de la información concisa a ser proporcionada en el IIN para garantizar la transparencia de los valores de incertidumbre utilizados en el inventario que fueron obtenidos / seleccionados mediante elicitación de expertos.	En abordaje	MEDIA	Se abordó parcialmente en el 1IBT, pero se presentarán mejoras en el 2IBT
QA-G.19	0. Generalidades	Análisis de incertidumbre	Exhaustividad	Mejorar la documentación e información proporcionada en el IIN sobre los valores de incertidumbre utilizados en el inventario que fueron obtenidos / seleccionados mediante elicitación de expertos.	En abordaje	MEDIA	Se abordó parcialmente en el 1IBT, pero se presentarán mejoras en el 2IBT
QA-G.19	0. Generalidades	Análisis de incertidumbre	Exhaustividad	Describir en el informe del inventario el procedimiento utilizado para convertir a valores porcentuales los valores de incertidumbre para los DA y FE proporcionados en las Directrices del IPCC de 2006.	En abordaje	ALTA	Se abordó parcialmente en el 1IBT, pero se presentarán mejoras en el 2IBT
QA-G.20	0. Generalidades	Plan de mejora	Comparabilidad	Incluir información detallada del plan de mejora, frecuencia de actualización y diseño de acuerdo a lo informado durante la revisión.	Resuelto	ALTA	Se abordó en el 1IBT
QA-G.21	0. Generalidades	Plan de mejora	Exhaustividad	Utilizar el análisis de categoría clave y la evaluación de incertidumbre para priorizar el plan de mejora.	Resuelto	ALTA	Se abordó en el 1IBT
QA-G.22	0. Generalidades	Plan de mejora	Exhaustividad	Considerar incluir, entre los análisis a realizar sobre la correcta gestión de la información en los diferentes formatos, seguir desarrollando y fortaleciendo el establecimiento / funcionamiento del archivo general del inventario.	Resuelto	MEDIA	Se ha desarrollado el archivo de metadatos que permite tener mayores detalles 1IBT
QA-G.23	0. Generalidades	Plan de mejora	Exhaustividad	Seguir desarrollando e implementando los arreglos de procedimientos para el establecimiento y funcionamiento del archivo general del inventario.	En abordaje	ALTA	Se incluirá en la nueva versión del manual de procedimientos, sin embargo, para el 1IBT se mejoró el proceso de archivo y documentación
QA-G.24	0. Generalidades	Archivo y documentación	Exhaustividad	El ERE sugiere seguir trabajando para lograr el funcionamiento del subsistema y mantener registrado los procesos del inventario.	Resuelto	ALTA	Se está archivando la información de manera correcta

QA-G.25	0. Generalidades	Métodos	Exhaustividad	Utilizar métodos de nivel superior para las categorías clave.	En abordaje	ALTA	Se están desarrollando factores de emisión específico para agricultura
QA-G.26	0. Generalidades	Métodos	Exhaustividad	Utilizar métodos de nivel superior para las categorías clave.	En abordaje	ALTA	Se trabaja en la mejora de la metodología en la medida que la información disponible lo permite
QA-G.27	0. Generalidades	Métodos	Transparencia	Utilizar métodos de nivel superior para las categorías clave. Si no es posible se documenta porqué la elección de la metodología.	En abordaje	ALTA	Se está documentando los motivos por el cual no ha sido posible aumentar los niveles superiores
QA-G.28	0. Generalidades	Métodos	Exactitud	Utilizar el análisis de categoría clave y la evaluación de incertidumbre para priorizar el plan de mejora.	Resuelto	ALTA	Se están priorizando las mejoras de acuerdo a si son categorías principales. Si se considera en el Plan de mejora a partir del 1IBT
QA-G.29	0. Generalidades	Métodos	Transparencia	Adoptar o preparar un protocolo o procedimiento para la realización de las elicitaciones de expertos en el inventario.	En abordaje	ALTA	Esta en desarrollo y será incluido en la nueva versión del manual de procedimientos
QA-G.29	0. Generalidades	Métodos	Transparencia	Considerar adicionar en una nueva versión del Manual de Procedimientos SSINGEI de Panamá el protocolo o procedimiento a utilizar para las elicitaciones de expertos en el inventario.	En abordaje	MEDIA	Esta en desarrollo y será incluido en la nueva versión del manual de procedimientos
QA-G.30	0. Generalidades	Métodos	Exhaustividad	Considerar adicionar en una nueva versión del Manual de Procedimientos SSINGEI de Panamá una sección sobre los métodos utilizados para la estimación.	En abordaje	ALTA	Esta en desarrollo y será incluido en la nueva versión del manual de procedimientos
QA-G.31	0. Generalidades	Métodos	Exhaustividad	Considerar adicionar en una nueva versión del Manual de Procedimientos SSINGEI de Panamá una sección sobre la transparencia en la documentación del inventario.	Resuelto	ALTA	El inventario está siendo archivado adecuadamente junto con sus métodos y datos
QA-G.32	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Exhaustividad	Continuar los esfuerzos por mejorar la exhaustividad de los DA necesarios para estimar las emisiones en esta subcategoría considerando además de la producción comercial, la producción artesanal y posibles producciones en industrias para consumo propio.	En abordaje	MEDIA	Mas detalle será incluido en el próximo inventario
QA-G.33	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Exhaustividad	Mejorar en lo posible la exhaustividad de la serie temporal de datos en la subcategoría 2.D.1 Uso de Lubricantes utilizando datos que puedan captarse para los sectores Transporte, Industrial, Comercial y servicios, Agro, pesca y minería para el período 1994 - 2001 complementados con la aplicación de técnicas de empalme proporcionadas en las Directrices del IPCC de 2006 y otras opciones incluyendo la elicitación de expertos del sector. Analizar si una fracción de los consumos asignados a 2.D.1 deberían ser considerados / asignados a la subcategoría 1.A.3b como quema de combustibles en motocicletas y vehículos todoterreno de dos tiempos.	No resuelta	BAJA	En conversaciones con el equipo de sectorial de Energía y la Secretaría Nacional de Energía se han llegado a las siguientes conclusiones: -Actualmente, la información no se encuentra en un nivel de desagregación necesario para incluir las emisiones que se están reportando en IPPU como 1.A.3b quema de combustibles en motocicletas. -La información proviene de las estaciones de combustibles, por lo cual es más complicado llevar esta desagregación a niveles más detallados. -Las emisiones por uso de lubricantes se pueden considerar como insignificantes. Por esto, no se ha proporcionado la debida prioridad, ya que, al desagregar más la información las emisiones serán menores.
QA-G.34	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Exhaustividad	Mejorar en lo posible, retrospectivamente hasta 1950, la serie de datos de la tasa de generación nacional de residuos sólidos aplicando las técnicas de empalme sugeridas en las Directrices del IPCC de 2006, especialmente extrapolación basada en drivers, combinadas con otras opciones incluyendo elicitación de expertos y datos de soporte que pudieran captarse para ese objetivo.	En abordaje	BAJA	Se realizó un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar, en donde se confirmó la existencia de disposición de lodos en el vertedero de Cerro Patacón años atrás. Sin embargo, no se ha podido obtener el dato de cantidad de lodos dispuestos para cada año.
QA-G.35	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Exhaustividad	Documentar todos los vacíos de información en el próximo IIN.	En abordaje	ALTA	Se incluirán con mayor detalle en el IBT
QA-G.36	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Coherencia	Categoría 2.A.1 Chequear la coherencia de las series temporales de emisiones y DA y si se detectan valores anómalos, sesgos etc. Analizar con las fuentes de los datos las posibles causas, explicaciones y aplicar los procedimientos indicados en las Directrices del IPCC de 2006 para mejorar la coherencia.	Resuelto	ALTA	La serie es coherente y no se presentan sesgos de información. 1IBT

QA-G.37	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Transparencia	Explicar en el informe del inventario los procedimientos / criterios etc. utilizados para garantizar la coherencia de los DA utilizados en la estimación de emisiones de la categoria 5. A.	Resuelto	MEDIA	Se ajusto el valor a I=1.25. tomando en consideración que las descargas de comercios como restaurantes, hoteles, centros comerciales, van al sistema de descarga de las aguas residuales domésticas.
QA-G.38	0. Generalidades	Garantía y control de calidad y verificación	Comparabilidad	Mejorar, en la extensión posible, la asignación de consumos de combustibles siguiendo las indicaciones de las Directrices del IPCC de 2006 y decisiones de la CMNUCC de acuerdo con el tipo de actividad / viaje nacional o internacional en las subcategorías 1A3di Navegación marítima y fluvial internacional, 1A3dii Navegación marítima y fluvial nacional y 1A4ciii Pesca (combustión móvil).	En abordaje	MEDIA	Se inició con conversaciones con la Autoridad Marítima de Panamá y la Secretaría Nacional de Energía para aclarar la asignación de los combustibles consumidos en la navegación y la pesca. Para el próximo ciclo se trabajará en la desagregación de la información.
QA-G.39	0. Generalidades	Otros	Transparencia	Buscar y evaluar la información país sobre el tratamiento del estiércol en los digestores anaeróbicos para incluir en el reporte del próximo inventario.	En abordaje	BAJA	Se cuenta con la plantilla, y se han documentado los juicios del 2023. En cuanto a la evaluación no se contempla en este nuevo ciclo.
QA-E.1	1. Energía	Métodos	Exactitud	Desarrollar acciones para obtener o estimar el consumo de lubricantes utilizados en motocicletas y vehículos de dos tiempos y estimar / informar las emisiones derivadas de esos consumos en las subcategorías correspondientes de 1A.	No resuelto	MEDIA	El Balance Energético reporta de manera agregada el uso para fines no energéticos (incluyendo lubricantes, grasas y asfaltos) en el sector transporte, en la industria y en comercial, servicios y público. La Dirección de Hidrocarburos cuenta con información agregada, pero no desglosada si es para uso energético o no energético. Se asume todo como "no energético".
QA-E.2	1. Energía	Archivo y documentación	Transparencia	Continuar profundizando en las causas de las discrepancias entre los métodos. De referencia y sectorial. Acometer las actividades necesarias para mejorar la atribución de los consumos de combustibles a las subcategorías apropiadas de 1A indicadas en las Directrices del IPCC de 2006 y muy especialmente distinguiendo los consumos correspondientes a la navegación nacional e internacional y los derivados de las actividades internacionales de pesca.	Resuelto	MEDIA	Se detectaron errores en la asignación de los signos para reportar la variación de stock en algunos años del BEN, los cuales se corrigieron en conjunto con la SNE.
QA-E.3	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Exhaustividad	Analizar opciones, incluyendo elicitación de expertos, para desagregar en la extensión posible la información de consumos agregada en la subcategoría de segundo orden 1.A.3b y posibilitar la estimación de emisiones de los vehículos todoterreno y otra maquinaria en las diferentes subcategorías de 1.A que ocurren en el país.	No resuelto	BAJA	Actualmente no se ha priorizado esta acción.
QA-E.3	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Exhaustividad	Hasta que esta situación no mejore, informar las emisiones de esos vehículos y maquinaria utilizando la clave de notación IE y precisando la subcategoría en la que se están informando las emisiones (1.A.3.b).	Resuelto	ALTA	Se tomó en cuenta desde la elaboración del Segundo Informe Bienal de Actualización. Se trabajó en conjunto con la Secretaría Nacional de Energía. Se recibió apoyo del proyecto del Segundo Informe Bienal de Actualización y la Cuarta Comunicación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
QA-E.4	1. Energía	1.A.3.b. Transporte terrestre	Exhaustividad	Mejorar en el IIN la información sobre el uso de biogasolina en el inventario precisando brevemente también su procedencia, características de su uso o estado puro (totalmente biogénico) y de las mezclas con otras gasolinas. Comentar brevemente en el informe del inventario la causa de la no inclusión en los totales del sector y el inventario de las emisiones de CO2 derivadas del uso de la biogasolina.	Resuelto	ALTA	Se abordó en el I1BT
QA-E.5	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Exhaustividad	Incluir nota al pie de la Tabla 3.32 aclarando brevemente la causa del sombreado utilizado para el FE CO2. Informar de la misma forma sobre este FE en las diferentes secciones del informe.	Resuelto	ALTA	Se abordó en el I1BT

QA-E.6	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Adherencia a los lineamientos de la RedINGE/CMNUCC	Analizar e implementar acciones posibles a implementar para excluir los consumos de los vehículos todoterreno o la maquinaria de la subcategoría 1.A.3.b y atribuirlos a las subcategorías indicadas en las Directrices del IPCC de 2006.	No resuelto	MEDIA	Ver #GC-E.16
QA-E.7	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Exhaustividad	Analizar este asunto con los expertos de sector y decidir si es posible realizar al menos una estimación aproximada del porcentaje que pudieran representar esos consumos con relación al consumo total del país.	No resuelto	BAJA	Esta acción no representa una mejora significativa al inventario, por lo que al momento no ha sido priorizada.
QA-E.8	1. Energía	1.A.3.b. Transporte terrestre	Exhaustividad	Implementar acciones para excluir consumos atribuidos a 1.A.3b que no corresponden a esta subcategoría. Desagregar los consumos de combustibles atribuidos a 1.A.3b por tipos /categorías principales de vehículos utilizando elicitación de expertos e informaciones que pudieran estar disponibles. Realizar, cuando los datos mencionados arriba estén disponibles una estimación de nivel 2 de las emisiones de N2O en la subcategoría 1.A.3.b. Transporte de carretera sobre la base de los datos de la flota vehicular del país, los consumos de combustibles estimados por tipos de vehículos /categorías de vehículos en esta y utilizando FE específicos para estos.	No resuelto	BAJA	Ver #GC-E.16
QA-E.9	1. Energía	1.A.3.b. Transporte terrestre	Exhaustividad	Analizar alternativas (incluyendo elicitación de expertos) para (si procede) estimar y reasignar una fracción del consumo de lubricantes informado en la subcategoría 2.D.1 del sector PIUP a la categoría 1.A especialmente en las subcategorías 1A3biv Motocicletas y 1A3eii Todo terreno. Rehacer las estimaciones de emisiones en las categorías involucradas en los cambios de datos de consumo / uso. Si el consumo de lubricantes en esas subcategorías y las emisiones derivada se consideran insignificantes, informarlas utilizando la clave de notación NE (no estimado) y proporcionar en el IIN una justificación sobre este asunto basada por ejemplo en el nivel probable de emisiones de acuerdo con el párrafo 37(b) de las directrices de informes de inventario de las Partes Anexo I de la CMNUCC.	No resuelto	MEDIA	Se utilizó la connotación de IE.
QA-E.10	1. Energía	1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	Exhaustividad	Explorar si existen posibilidades reales de desagregar los consumos de combustibles de las embarcaciones involucradas en la pesca internacional de los consumos de las otras embarcaciones involucradas en la navegación internacional o implementar otras acciones para proceder a estimarlos.	En abordaje	MEDIA	Ver #GC-E.13
QA-E.11	1. Energía	1.A.3.e.i Transporte por ductos - combustibles fósiles - CO2, CH4 y N2O	Exhaustividad	Implementar acciones para captar los datos de la actividad necesarios para estimar las emisiones derivadas de la quema de combustibles en esta subcategoría. Estos datos se refieren a los combustibles utilizados para la operación / funcionamiento del oleoducto.	No resuelto	BAJA	No se realizaron acciones correctivas para este ciclo. En el próximo ciclo se iniciará con las investigaciones pertinentes para su reporte.
QA-E.12	1. Energía	1A3di Navegación marítima y fluvial internacional (bunkers internacionales).	Exhaustividad	Priorizar los esfuerzos en la implementación de las mejoras planificadas y otras acciones posible para asignar los consumos correctos de diésel marino, y otros combustibles si procede, a las subcategorías 1A3di Navegación marítima y fluvial internacional y 1A3dii Navegación marítima y fluvial nacional.	En abordaje	MEDIA	Ver #GC-E.13
QA-E.12	1. Energía	1A3di Navegación marítima y fluvial internacional (bunkers internacionales).	Exhaustividad	Priorizar los esfuerzos en la implementación de las acciones planificadas referentes a la extensión retrospectiva (1994-2008) de la serie de datos de consumo de combustibles en la subcategoría 1A3di Navegación marítima y fluvial internacional utilizando las técnicas de empalme proporcionadas en las Directrices del IPCC de 2006.	Resuelto	BAJA	Se aplicaron métodos de empalme (datos sustitos y extrapolación) para el reporte de los años 2000 a 2008).

QA-E.13	1. Energía	1A3di Navegación marítima y fluvial internacional (bunkers internacionales).	Exactitud	Implementar acciones adicionales a las ya realizadas para atribuir correctamente los consumos de combustibles correspondientes a 1A3di Navegación marítima y fluvial internacional y 1A3dii Navegación marítima y fluvial nacional?	En abordaje	MEDIA	Ver #GC-E.13
QA-E.14	1. Energía	1A4ciii Pesca (combustión móvil)	Exhaustividad	Analizar si la información disponible en el balance de energía sobre el consumo de combustibles para la subcategoría 1A4ciii Pesca (combustión móvil) incluye apropiadamente los consumos de combustibles de las embarcaciones menores de la pesca. Si los consumos de las embarcaciones menores de la pesca se consideran subestimados explorar que acciones o procedimientos adicionales pudieran implementarse para mejorar la exhaustividad de esos datos incluyendo, de ser necesario, estimaciones basadas en juicios de expertos. Atribuir esos consumos a la subcategoría indicada en las Directrices del IPCC de 2006 (1A4ciii Pesca (combustión móvil))	En abordaje	MEDIA	Ver #GC-E.13
QA-E.15	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Exactitud	Precisar en el IIN el criterio seguido para estimar/ seleccionar el valor de incertidumbre utilizado en los FE con rangos asimétricos en los valores por defecto proporcionados en las Directrices del IPCC de 2006 para las subcategorías de la categoría 1.A.	Resuelto	MEDIA	Se abordó en el 1IBT
QA-E.16	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Exactitud	Precisar en el IIN la vía o método utilizado para obtener / convertir a valores porcentuales los valores por defecto proporcionados en las Directrices del IPCC de 2006 para los FE y PE.	No resuelto	MEDIA	Se realizó redacción explicativa, sin embargo, no se incluyó el cálculo directo. Se tomará en consideración para el próximo ciclo.
QA-E.17	1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustible	Exhaustividad	Estimar las emisiones de gases precursores en las subcategorías de 1.A que posibiliten los DA disponibles. Considerar utilizar para ese objetivo la orientación técnica EEA/EMEP 2019 y su base de datos 2019 o una versión más actualizada si ya está disponible al momento de realizar las estimaciones.	No resuelto	BAJA	No se realizaron acciones correctivas para este ciclo.
QA-E.18	1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Exhaustividad	Crear condiciones para obtener los datos de la actividad necesarios para acometer la estimación de emisiones fugitivas de las actividades de las fuentes identificadas en el país.	En abordaje	MEDIA	Ver #GC-E.12
QA-I.1	2. IPPU	2. General (sector IPPU)	Exhaustividad	Chequear con las empresas de producción de cemento y cal si tienen implementado un sistema de GC/CC y si este satisface los requerimientos establecidos para el inventario. Continuar los esfuerzos por mejorar la exhaustividad de los datos de producción de cal captando en lo posible datos de la producción artesanal de cal.	En abordaje	ALTA	Se contactará de manera formal para hacer la consulta pertinente sobre si tienen implementado un sistema de GC/CC que satisfaga los requerimientos establecidos para el inventario.
QA-I.2	2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	Exhaustividad	Implementar acciones para obtener los datos necesarios para estimar las emisiones de CO2 de las subcategorías 2.A.3 y 2.A.4.	En abordaje	BAJA	Se lograron implementar acciones para obtener los datos necesarios para estimar las emisiones de CO2 de la subcategoría 2.A.3, sin embargo, no se han realizado los esfuerzos necesarios para la estimación de la subcategoría 2. A.4.
QA-I.3	2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	Exhaustividad	Incluir en el informe del inventario a información acerca de cómo fueron obtenidos los datos de producción de clínker en las industrias consideradas en la estimación realizada.	Resuelta	ALTA	Se realizará la consulta formal para incluir la información acerca de cómo fueron obtenidos los datos de producción de clínker en la industria cementera. CEMEX comunicó que los datos de producción de clínker utilizados en la serie temporal fueron obtenidos mediante el cálculo de la materia prima que alimenta el proceso
QA-I.4	2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	Exactitud	Analizar con la empresa productora la posibilidad de expandir los arreglos para obtener datos necesarios para la aplicación del método de Nivel 2 garantizándose que estos otros datos se	No resuelta	ALTA	En conjunto con la empresa productora de clínker se han realizado múltiples acercamientos al respecto para obtener los datos necesarios para la aplicación

				mantendrán también con carácter confidencial. Priorizar el desarrollo de factores de emisión de CO2 específicos del país para la producción de cemento dado tomando en cuenta la recomendación previa arriba.			del método de Nivel 2 garantizando la confidencialidad de los mismos, no obstante, solo se han tenido respuestas negativas. Se intentarán proponer nuevos métodos que hagan ceder a la realización de un factor de emisión país para producción de clinker.
QA-I.5	2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	Exactitud	Mejorar en el inventario la información sobre las fuentes de carbonato y no carbonato de CaO utilizadas para la producción de clínker de cemento en el país.	Resuelta	ALTA	Se elevará la consulta a los actores claves pertinentes para incluir esta información en el NIR a modo de transparencia y exactitud. Según CEMEX la principal fuente de carbonato y no carbonato de CaO proviene de una cantera propia de CEMEX.
QA-I.6	2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	Exactitud	Ver I.13	En abordaje	ALTA	Ver GC-I.9
QA-I.7	2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	Exactitud	Continuar mejorando la aplicación del método de Nivel 2 mediante la sustitución de valores por defecto utilizados por valores específicos del país en la medida que estos puedan obtenerse de la empresa productora.	No resuelta	ALTA	Ver GC-I.8
QA-I.8	2. IPPU	2.A.2. Producción de cal	Exhaustividad	Implementar acciones para mejorar la información disponible sobre la producción de cal no comercial en el país incluyendo precisión acerca de los tipos de cal producidos.	No resuelta	MEDIA	Se tiene previsto incluir esta recomendación para próximos inventarios. Se tomó esta decisión, ya que, en la presentación del último INGEI de la 4CN, la subcategoría 2.A.2 producción de cal se excluyó por varios motivos que dieron pie a despriorizar la mejora de la información disponible.
QA-I.9	2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	Exactitud	Analizar con la empresa productora la posibilidad de expandir los arreglos para obtener datos necesarios para la aplicación del método de Nivel 2 garantizándose que estos otros datos se mantendrán también con carácter confidencial.	No resuelta	ALTA	Ver GC-I.8
QA-I.10	2. IPPU	2.A.2. Producción de cal	Coherencia	Priorizar la verificación de si no existe o existió horno en la producción de cal del país. Si no existió horno reconsiderar las emisiones estimadas e informadas para esta subcategoría en el inventario que entonces no ocurrieron.	No resuelta	ALTA	Hasta la fecha solo se cuenta con la información de la posibilidad de existencia de esta actividad en el país. Se realizará la consulta al actor clave pertinente. De ser positiva, se harán los esfuerzos para futuros inventarios.
QA-I.11	2. IPPU	2.A.2. Producción de cal	Coherencia	Ver recomendaciones arriba en I.18	No resuelta	ALTA	Ver GC-I.14
QA-I.12	2. IPPU	2.A.2. Producción de cal	Exhaustividad	Continuar los esfuerzos por verificar si definitivamente ocurrió o no producción comercial de cal antes de 2016 en adición a otras producciones por ejemplo la artesanal que pudo haber ocurrido.	No resuelta	ALTA	Ver GC-I.14
QA-I.13	2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	Exhaustividad	Reanalizar el dato de incertidumbre seleccionado / utilizado para los DA de la categoría 2.A agregada considerando la falta de exhaustividad del dato de producción nacional de cal en la subcategoría 2.A.2. Mejorar en la extensión posible la exhaustividad del dato de producción nacional de cal incluyendo las producciones para autoconsumo de otras industrias y la producción artesanal.	No resuelta	ALTA	Se tiene previsto la mejora del cálculo de la incertidumbre agregada considerando la falta de exhaustividad de datos de producción nacional de otras subcategorías.
QA-I.14	2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	Exhaustividad	Reanalizar el dato de incertidumbre seleccionado / utilizado para los DA de la categoría 2.A agregada considerando la falta de exhaustividad /disponibilidad de los datos de producción en sus subcategorías 2.A.2, 2.A.3 y 2.A.4.	No resuelta	ALTA	Ver GC-I.17
QA-I.14	2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	Exhaustividad	Mejorar en la extensión posible la exhaustividad de los datos de producción nacional en las subcategorías 2.A.2, 2.A.3 y 2.A.4.	En abordaje	MEDIA	Ver GC-1.6
QA-I.15	2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	Transparencia	Precisar en el IIN de forma resumida como se calculó / estimó / seleccionó el valor de incertidumbre general utilizado en el análisis para el FE - CO2 de la categoría 2.A.	Resuelta	ALTA	Se tiene mapeado incluir la información de cómo seleccionó el valor de incertidumbre general utilizado en el análisis para el FE- CO2 de la categoría 2.A. Se

								incluyó un cuadro en cada subcategoría la información resumida de cómo se estimó el valor de incertidumbre.
QA-I.16	2. IPPU	2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	Exhaustividad	Implementar acciones y establecer los arreglos necesarios para obtener los datos de actividad requeridos para estimar las emisiones derivadas de los usos de productos de combustibles y de solventes informadas como no estimadas. Utilizar para la estimación de las emisiones de gases precursores la orientación técnica EEA/EMEP 2019 y su base de datos 2019 o versiones posteriores si están disponibles al momento de la estimación.	No resuelta	MEDIA		Se planean coordinar capacitaciones con respecto a la orientación técnica EEA/EMEP 2019 para que de esta manera se puedan implementar las acciones y los arreglos necesarios para estimar las emisiones derivadas de los usos de productos de combustibles y solventes informadas como NE.
QA-I.17	2. IPPU	2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	Exhaustividad	Ver I.82	No resuelta	MEDIA		Ver GC-1.21
QA-I.18	2. IPPU	2.D.1. Uso de lubricantes	Exhaustividad	Analizar alternativas (incluyendo elicitación de expertos) para (si procede esto) estimar y reasignar parte del consumo de lubricantes informado en la subcategoría 2.D.1 del sector IPPU a la categoría 1.A especialmente en las subcategorías 1A3biv Motocicletas y 1A3eii Todo terreno. Rehacer las estimaciones de emisiones en las categorías involucradas en los cambios de datos de consumo / uso. Si el consumo de lubricantes en esas subcategorías y las emisiones derivada se consideran insignificantes, informarlas utilizando la clave de notación NE (no estimado) y proporcionar en el IIN una justificación sobre este asunto basada por ejemplo en el nivel probable de emisiones de acuerdo con el párrafo 37(b) de las directrices de informes de inventario de las Partes Anexo I de la CMNUCC.	No resuelta	MEDIA		Ver GC-I.4
QA-I.19	2. IPPU	2.D.1. Uso de lubricantes	Exhaustividad	Mejorar en lo posible la exhaustividad de la serie temporal de datos en la subcategoría 2.D.1 Uso de Lubricantes utilizando datos que puedan captarse para los sectores Transporte, Industrial, Comercial y servicios, Agro, pesca y minería para el período 1994 - 2001 complementados con la aplicación de técnicas de empalme proporcionadas en las Directrices del IPCC de 2006 y otras opciones incluyendo la elicitación de expertos del sector. Analizar si una fracción de los consumos asignados a 2.D.1 deberían ser considerados / asignados a la subcategoría 1.A.3b como quema de combustibles en motocicletas y vehículos todoterreno de dos tiempos.	No resuelta	BAJA		Ver GC-I.4
QA-I.20	2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Exhaustividad	Considerar aplicar un método de orden superior para la subcategoría cuando las condiciones lo posibiliten tomando en cuenta que esta es una Categoría principal del inventario.	En abordaje	BAJA		Actualmente, se está trabajando fuertemente en generar la información necesaria para poder aplicar un método de orden superior para la subcategoría. Se tienen mapeada varias vías de acceso que posibiliten la mejora de esta subcategoría.
QA-I.21	2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Exhaustividad	Priorizar para esta categoría identificada como principal del inventario, la captación de datos de DA previos a 2012 y extender en lo posible la serie retrospectivamente aplicando también si resulta necesario los métodos de empalme proporcionados en las Directrices del IPCC de 2006 combinados con elicitaciones de expertos.	No resuelta	MEDIA		Actualmente, se sigue trabajando con los datos a partir de 2012, pero se piensa realizar en conjunto con aduanas y la UNO la sin investigaciones pertinentes para conocer la posibilidad de ingreso de los gases más comunes y aplicar técnicas de empalme en estos para generar la data faltante. Esto en conjunto con la realización de esfuerzos para recaudar la data estadística real.
QA-I.22	2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Exhaustividad	Mejorar la información en el IIN sobre el destino (o destinos) de los gases en los equipos que terminan su vida útil.	En abordaje	ALTA		Se plantea realizar la consulta a los actores claves pertinentes para este periodo.

QA-I.23	2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Exhaustividad	Desarrollar acciones para mejorar, en la extensión posible, la estimación realizada considerando en esta a los bancos y destrucción.	No resuelta	BAJA	Ver GC-1.25
QA-I.24	2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Exactitud	Reanalizar el dato de incertidumbre seleccionado / utilizado para los DA de la Subcategoría 2.F.1., considerando la falta de exhaustividad /disponibilidad de otros DA incluidos en el método de estimación.	En abordaje	ALTA	Ver GC-1.17
QA-I.24	2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Exactitud	Mejorar en la extensión de lo posible la exhaustividad de los DA referentes a los bancos y la destrucción.	No resuelta	BAJA	Ver GC-1.25
QA-I.25	2. IPPU	2.H. Otros (especificar)	Exhaustividad	Incrementar los esfuerzos para obtener los datos de la actividad necesarios para estimar las emisiones de las subcategorías 2H1 y 2H2 de esta categoría.	No resuelta	MEDIA	Esta recomendación no fue priorizada para este ciclo de inventario.
QA-A.1	3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	Exhaustividad	Evaluar periódicamente la caracterización del ganado para detectar cambios y necesidades de cada categoría fuente durante el proceso de estimación de emisiones.	En abordaje	ALTA	En ambos casos se avanza ya en la revisión y diseño de las plantillas para un nivel 2 utilizando las ecuaciones del IPCC 2006 y refinamiento del 2019. Se presentará en el IBT 2024.
QA-A.2	3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	Exhaustividad	Reportar la categoría principal de fermentación entérica de Otros vacunos en método nivel 2. Reportar la categoría principal de fermentación entérica Vacas lecheras en método nivel 2. Buscar capacitación técnica para reportar estas estimaciones en un nivel 2.	No resuelto	ALTA	Para continuar con el proceso de mejora del INGEI, se solicitará apoyo en financiamiento para levantar datos más específicos por región agroclimática.
QA-A.3	3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	Exhaustividad	Ver. A.10	En abordaje	ALTA	Se cuenta con: 1. Definición de cada una de las subcategorías de ganado vacuno, incluye el lechero. 2. Estadísticas desagregadas por subcategoría 3. Plantilla del nivel 2 requiere datos de peso promedio, ganancia de peso, litros de leche, porcentaje de grasa, todos estos datos se tienen promedios. Se presentará en el IBT 2024.
QA-A.4	3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	Exactitud	Mejorar la información de datos de actividad de población animal utilizando fuentes de datos de distintos proveedores.	En abordaje	ALTA	Se cuenta con los datos del INEC y del MIDA. Se presentará en el IBT 2024.
QA-A.5	3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	Transparencia	Incluir información detallada del juicio experto empleado para completar datos de actividad faltantes de población animal.	En abordaje	ALTA	Se cuenta con la plantilla, y se han documentado los juicios del 2023. Se presentará en el IBT 2024.
QA-A.6	3. Agricultura	3.A.1. Vacunos	Exhaustividad	Ver. A.10	En abordaje	ALTA	En ambos casos se avanza ya en la revisión y diseño de las plantillas para un nivel 2 utilizando las ecuaciones del IPCC 2006 y refinamiento del 2019. Se presentará en el IBT 2024.
QA-A.7	3. Agricultura	3.A.1. Vacunos	Transparencia	Ver A.18	En abordaje	ALTA	Se cuenta con la plantilla, y se han documentado los juicios del 2023. Se presentará en el IBT 2024.
QA-A.8	3. Agricultura	3.A.1. Vacunos	Transparencia	Incluir mayor detalle de la justificación del juicio experto para asignar los sistemas de gestión del estiércol que ocurren en el país. Evaluar e incluir información de actualización periódica que refleje los cambios de los sistemas de gestión del estiércol.	En abordaje	ALTA	Se cuenta con la plantilla, y se han documentado los juicios del 2023.
QA-A.9	3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	Exhaustividad	Buscar y evaluar la información país sobre el tratamiento del estiércol en los digestores anaeróbicos para incluir en el reporte del próximo inventario.	No resuelto	ALTA	En cuanto a la evaluación periódica no se contempla en este nuevo ciclo, prioridad baja.
QA-A.10	3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	Exhaustividad	Ver A.43	En abordaje	ALTA	Se reportará un pequeño porcentaje en el próximo IBT 2024.
QA-A.11	3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	Exhaustividad	Ver A.43	En abordaje	ALTA	Se reportará un pequeño porcentaje en el próximo IBT 2024.

QA-A.12	3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	Transparencia	Ver A.37	No aplica	ALTA	En el país las quema de estiércol no es una práctica que ocurra.
QA-U.1	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Exhaustividad	Mejorar la transparencia de la información entregada en el IIN sobre los alcances del sector UTCUTS.	Resuelto	ALTA	Se desarrolló el capítulo de UTCUTS en el IIN presentado como anexo del IBA2. Se presenta toda la información relacionada de manera transparente.
QA-U.2	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Exactitud	Ver A.61	En abordaje	ALTA	El equipo contó con la asesoría técnica de un especialista del sector UTCUTS para comprender de qué manera aplicar la regla de los 20 años para MOM y Suelos. De esta forma ya el equipo tiene claro cómo debe proceder para aplicar esta medida en la siguiente serie del INGEI para este sector.
QA-U.3	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Transparencia	Verificar y corregir la información en el IIN para reflejar transparentemente las definiciones de tipos de bosques que usa el país.	En abordaje	ALTA	Se revisan las definiciones de bosques de la legislación nacional (Ley Forestal y su reglamentación) así como las normativas que aprueban que el uso de mapa de cobertura boscosa a nivel nacional. También se revisa que guarde consistencia con las definiciones previamente presentadas por el país en el marco del mecanismo REDD+
QA-U.4	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Exhaustividad	Generar información de tierras convertidas a otra categoría por periodos de transición (20 años). Estimar las emisiones y absorciones para las categorías de tierras convertidas a otra categoría de tierras considerando el período de transición y los distintos depósitos de carbono. Buscar apoyo y capacitación técnica del equipo para reportar adecuadamente la representación de tierras y las subcategorías de conversiones y tierras que permanecen como tal.	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.15
QA-U.5	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Exhaustividad	Ver A. 61	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.15
QA-U.6	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Exactitud	Evaluar la pertinencia de la información utilizada para reportar los cambios de existencias de carbono en las distintas categorías de las tierras.	En abordaje	ALTA	Se revisa la información de los factores de emisión y datos de actividad, en especial, la biomasa antes de la conversión.
QA-U.7	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Transparencia	Incluir la información de incertidumbre del muestreo para obtención de los datos de superficie terrestre.	En abordaje	ALTA	Se cuenta con la información del error para cada dato de actividad proveniente de la fotointerpretación.
QA-U.8	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Coherencia	Revisar y corregir información de matrices de cambio de uso de la tierra. Corregir la información de superficie por usos, zonas climáticas y tipo de suelo en la serie temporal para tener información coherente en la serie temporal.	Resuelto	ALTA	Al cambiar la metodología del Mapatón, y levantar los datos año a año, se aplicó esta mejora.
QA-U.9	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Exactitud	Mejorar la documentación de definiciones de tipos de bosques (Ver A.57)	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.16
QA-U.10	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Transparencia	Proveer información de las definiciones de los depósitos/sumideros de carbono, incluyendo si corresponden a las definidas en las Directrices del IPCC de 2006.	En abordaje	ALTA	Se trabajará en la redacción del próximo IIN.
QA-U.11	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Transparencia	Incluir información del inventario forestal incluyendo información de levantamiento, ciclos de actualización, tipo de información que se registra y que se utiliza en el INGEI.	En abordaje	ALTA	No existe información sobre la metodología
QA-U.12	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Transparencia	Incorporar información para comprender la coherencia de las tierras convertidas a otra categoría y su permanencia antes de pasar a tierras que permanecen como tal (Ver A.61).	En abordaje	ALTA	Se tuvo una capacitación para entender este abordaje, es trata de hacer el control desde la compilación de los datos de actividad. Se planifica realizar el ajuste en las tablas que vienen de las matrices de cambios de uso de la tierra.
QA-U.13	4. UTCUTS	4. General (sector UTCUTS)	Exhaustividad	Reportar la información de incertidumbre asociada a la representación de tierras en forma separada de los factores de emisión. Mejorar las capacidades del equipo en temas de análisis de incertidumbre del INGEI.	En abordaje	ALTA	Se presentarán como anexos en el próximo inventario.
QA-U.14	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exhaustividad	Ver A.61	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.15

QA-U.15	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exhaustividad	Se proporciona información adecuada para aquellas categorías omitidas.	Resuelto	ALTA	Se revisa y se actualiza las tablas de nomenclaturas (tablas de exhaustividad).
QA-U.16	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exhaustividad	Ver A.61	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.15
QA-U.17	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exhaustividad	Ver A.61	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.15
QA-U.18	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Transparencia	Ver A.57	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.16
QA-U.19	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Transparencia	(Ver A.72) Incluir información detallada de la justificación del contenido de carbono utilizado para tierras forestales. Incluir información más detallada para explicar la obtención de DA asociados a pérdidas de biomasa por cosecha.	En abordaje	ALTA	Los datos de actividad de pérdida de biomasa por cosecha provienen de los permisos de aprovechamiento forestal, permisos de tala, poda, domésticos y plantaciones, así como de uso de leña de la Secretaría de Energía. Se incorpora más explicación en el IIN futuro.
QA-U.20	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Transparencia	Mantener actualizaciones periódicas de las matrices de cambio de uso de la tierra para reportar sector AFOLU	Resuelto	ALTA	Se realizó un segundo Mapatón para obtener la información más actualizada como los cambios de uso de la tierra hasta el cambio de año 2021-2022.
QA-U.21	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Transparencia	Ver A.91	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.32
QA-U.22	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exactitud	Evaluar y corregir el uso de valores de existencias de bosques para asignar biomasa que se encuentra inmediatamente después de la conversión cuando se consideran cambios entre tipos de bosques	En abordaje	ALTA	Se realizó capacitación con una especialista internacional de UTCUTS para entender este proceso con el fin de aplicar medidas correspondientes; se nos asesoró de colocar la biomasa después de la conversión como cero, como medida conservadora; ya que el país no posee las medidas para determinar el valor de biomasa inmediato después de la conversión.
QA-U.23	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exactitud	Revisar los períodos de tiempo de las conversiones de cambios entre tipos de bosque, considerando que hay cambios que ocurren en el año de la conversión y otros que ocurren en el período de transición de los 20 años.	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.15
QA-U.24	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exactitud	Ver A.96	En abordaje	ALTA	Ver GC-U.35
QA-U.25	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exactitud	Ver A.103	En abordaje	ALTA	Se trabajará en esto en el próximo inventario. Ver GC-U.35
QA-U.26	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exactitud	Revisar la información de biomasa que se considera inmediatamente después de la conversión para no sobreestimar cambios en las existencias de carbono. Revisar y corregir las estimaciones, utilizando para la biomasa antes de la conversión el contenido de carbono que corresponde a la tierra antes de la conversión y para la biomasa después de la conversión el contenido de carbono de la tierra forestal que corresponde al que está después de la conversión	En abordaje	ALTA	Se trabajará en esto en el próximo inventario. Ver GC-U.36
QA-U.27	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exhaustividad	Avanzar en levantamiento de información de crecimiento de bosques con el INFC, dado que tierras forestales es una categoría principal.	No resuelto	BAJA	Se espera recibir información del INFC de DIFOR, se conoce que las remediciones cuentan con atrasos para falta de financiamiento en el desarrollo de estos inventarios. Adicionalmente, el equipo de DIFOR cambió la metodología de muestro, eliminando dos parcelas de cada Unidad de Muestreo (UM).
QA-U.28	4. UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Exactitud	Ver A.103	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.
QA-U.29	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Corregir las estimaciones en los años que corresponda tanto para el uso de valores de biomasa después de la conversión, así como para los incrementos anuales.	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.
QA-U.30	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Transparencia	Ver A.130	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.

QA-U.31	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Ver A.66	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de actividad para la serie temporal completa con datos desagregados por regiones climáticas. Los DA ya no se desagrega por tipo de suelo ya el que el diseño de muestreo para la recolecta de DA no es representativo por tipos de suelo. Presentado en la 4CN.
QA-U.32	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Transparencia	Ver A.130	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.
QA-U.33	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Ver A.92	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de actividad para la serie temporal 2000 al 2021. Presentado en la 4CN.
QA-U.34	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Transparencia	Entregar todos los antecedentes metodológicos para comprensión de los FE y contenidos de carbono utilizados en tierras de cultivo.	En abordaje	ALTA	Se cuenta con las bases de datos de FE y contenidos de carbono reportados por el INFC
QA-U.35	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Revisar y evaluar información de FE que se usa desde el INFC para representar a las tierras de cultivo	En abordaje	ALTA	Se revisarán los criterios para usar la información de biomasa estimada para tierras de cultivo por el INFC
QA-U.36	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Ver A.125	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R. Se mantendrá la estimación del incremento anual.
QA-U.37	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Ver A.125	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R. Se mantendrá la estimación del incremento anual.
QA-U.38	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Ver A.125	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R. Se mantendrá la estimación del incremento anual.
QA-U.39	4. UTCUTS	4.B. Tierras de cultivo	Exactitud	Ver A.125	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R. Se mantendrá la estimación del incremento anual.
QA-U.40	4. UTCUTS	4.C. Pastizales	Exhaustividad	Evaluar la pertinencia de avanzar en métodos de representación de tierras que les permitan distinguir los distintos tipos de pastizales para generar estimaciones más precisas.	No resuelto	MEDIA	Se debe incluir en un plan de mejoras del monitoreo de uso y cambio de uso de la tierra (Mapatón)
QA-U.41	4. UTCUTS	4.C. Pastizales	Coherencia	Ver A.66	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de actividad para la serie temporal completa con datos desagregados por regiones climáticas. Los DA ya no se desagrega por tipo de suelo ya el que el diseño de muestreo para la recolecta de DA no es representativo por tipos de suelo. Presentado en la 4CN
QA-U.42	4. UTCUTS	4.C. Pastizales	Transparencia	Incorporar la información detallada en Pastizales definidos en el INGEI para comprender los distintos tipos de pastizales y el uso de FE asociados a estos.	No resuelto	ALTA	Se debe incluir en un plan de mejoras del monitoreo de uso y cambio de uso de la tierra (Mapatón)
QA-U.43	4. UTCUTS	4.C. Pastizales	Exactitud	Ver A.92	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de actividad para la serie temporal 2000 al 2021. Presentado en la 4CN
QA-U.44	4. UTCUTS	4.C. Pastizales	Transparencia	Incorporar información más detallada de la metodología para la definición de los tipos de pastizales y su participación en las conversiones de tierras.	No resuelto	ALTA	Se debe incluir en un plan de mejoras del monitoreo de uso y cambio de uso de la tierra (Mapatón)
QA-U.45	4. UTCUTS	4.C. Pastizales	Transparencia	Ver A.72	En abordaje	ALTA	Incluir información del inventario forestal incluyendo información de levantamiento, ciclos de actualización, tipo de información que se registra y que se utiliza en el INGEI.
QA-U.46	4. UTCUTS	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	Exhaustividad	Ver A.61	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.

QA-U.47	4. UTCUTS	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	Exhaustividad	Ver A.61	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.
QA-U.48	4. UTCUTS	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	Exhaustividad	Ver A.61	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.
QA-U.49	4. UTCUTS	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	Exhaustividad	Ver A.61	En abordaje	ALTA	Se recibió asesoría por experto del sector para realizar las correcciones en las hojas de trabajo. Taller con Yasna R.
QA-U.50	4. UTCUTS	4.D. Humedales	Exhaustividad	Mejorar el levantamiento de los datos de actividad geoespaciales para detectar todas las conversiones de tierras inundadas en la toda la serie temporal del INGEI.	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de actividad para la serie temporal 2000 al 2021. Presentado en la 4CN
QA-U.51	4. UTCUTS	4.D. Humedales	Exhaustividad	Ver A. 183	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de uso y cambio de para la serie temporal 2000 al 2021. Presentado en la 4CN
QA-U.52	4. UTCUTS	4.D. Humedales	Exhaustividad	Ver A. 183	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de uso y cambio de para la serie temporal 2000 al 2021. Presentado en la 4CN
QA-U.53	4. UTCUTS	4.D. Humedales	Coherencia	Ver A.66	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de actividad para la serie temporal completa con datos desagregados por regiones climáticas. Los DA ya no se desagrega por tipo de suelo ya el que el diseño de muestreo para la recolecta de DA no es representativo por tipos de suelo.
QA-U.54	4. UTCUTS	4.D. Humedales	Transparencia	Ver A.92	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de uso y cambio de para la serie temporal 2000 al 2021. Presentado en la 4CN
QA-U.55	4. UTCUTS	4.E. Asentamientos	Transparencia	Ver A.92	Resuelto	ALTA	Ya se cuenta con matrices de uso y cambio de para la serie temporal 2000 al 2021. Presentado en la 4CN
QA-U.56	4. UTCUTS	4.E. Asentamientos	Transparencia	Mejorar la información entregada en el IIN para mayor transparencia.	En abordaje	ALTA	Se incluirá en el siguiente inventario
QA-U.57	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Evaluar pertinencia de datos de empresa productora de cal para considerar esta información en las estimaciones de las emisiones.	En abordaje	ALTA	Se contactará a la empresa para definir años de producción y el uso en el sector agrícola.
QA-U.58	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Reportar las emisiones directas de N2O por incorporación de residuos de cultivos a los suelos y mineralización o inmovilización de N asociada con la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo. Buscar capacitación técnica para avanzar en estas estimaciones.	En abordaje	ALTA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.
QA-U.59	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Reportar las emisiones indirectas asociadas a incorporación de residuos de cultivos a los suelos y mineralización o inmovilización de N asociada con la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo.	En abordaje	ALTA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.
QA-U.60	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Revisar la información y metodología de cálculo de emisiones no-CO2 de incendios para reflejar adecuadamente la biomasa que es afectada por los incendios y el factor de combustión utilizado.	Resuelto	ALTA	Se revisaron los valores propuestos con experto internacional. Reunión con Yasna R.
QA-U.61	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Evaluar pertinencia de avanzar en el país con elaboración de factores de combustión que representen adecuadamente al país.	En abordaje	BAJA	Los valores que se tienen son estimaciones por criterio de experto.
QA-U.62	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones	Transparencia	Incluir los antecedentes que justifican la distribución de DA de superficie de incendios entre distintas especies forestales de las	En abordaje	ALTA	Preparar un informe por criterio de experto. Ing. Raúl G.

		de gases no-CO2 de la Tierra		plantaciones. Corregir información que describe aspectos metodológicos de las estimaciones de gases no-CO2 de incendios.			
QA-U.63	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exactitud	Revisar y corregir la información para determinar la biomasa afectada por incendios en pastizales Ver A. 274	No resuelto	ALTA	Se debe incorporar en el plan de mejoras
QA-U.64	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exactitud	Ver A. 283	No resuelto	ALTA	Se debe incorporar en el plan de mejoras
QA-U.65	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Avanzar en incorporar información del balance de masas para determinar la biomasa quemada en el campo.	No resuelto	ALTA	Se debe incorporar en el plan de mejoras
QA-U.66	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Reportar en forma separada las emisiones que corresponden a la quema de arroz y a la quema de maíz utilizando los FE por defecto en forma diferenciada.	En abordaje	ALTA	Se abordó en la 4CN
QA-U.67	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Ver A.266	En abordaje	ALTA	Se contactará a la empresa para definir años de producción y el uso en el sector agrícola.
QA-U.68	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Ver A.270	En abordaje	ALTA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.
QA-U.69	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Ver A.270	En abordaje	ALTA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.
QA-U.70	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Ver A.270	En abordaje	MEDIA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.
QA-U.71	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Ver A.271	En abordaje	ALTA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.
QA-U.72	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Ver A.271	En abordaje	ALTA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.

QA-U.73	4. UTCUTS	Fuentes agregadas y fuentes de emisiones de gases no-CO2 de la Tierra	Exhaustividad	Ver A.271	En abordaje	ALTA	Se está avanzando en el proceso: 1. N de residuos agrícolas (FCR), plantilla y definición de los DA. 2. Mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (FSOM), pendiente.
QA-U.74	4. UTCUTS	4.H. Otros (especificar)	Exhaustividad	Estimar la contribución de los PMR. Mejorar las capacidades para poder reportar la contribución de los PMR	En abordaje	ALTA	Ya se recibió entrenamiento con experto en PMR para reportar en próximo inventario.
QA-W.1	5. Residuos	5. General (sector Residuos)	Exhaustividad	Mejorar la información sobre las categorías de residuos utilizadas en el país indicando si difieren de las utilizadas en las Directrices del IPCC de 2006. Precisar específicamente sobre los lodos si estos forman parte de otra categoría p. ej. RSM o constituyen una categoría aparte. Acometer acciones para colectar / estimar los datos de la actividad y oras informaciones necesarias para estimar las emisiones derivadas del tratamiento biológico y la incineración abierta.	Resuelto	ALTA	En la última serie temporal se utilizó el supuesto que el 100% de los residuos generados van a un sitio de disposición final. En esta nueva serie temporal se consideró hacer una distribución con base a los datos proporcionados en los Censos Nacional de Población y Vivienda de 1990, 2000, 2010 2023.
QA-W.2	5. Residuos	5. General (sector Residuos)	Exhaustividad	Acometer acciones para colectar / estimar los datos de la actividad y oras informaciones necesarias para estimar las emisiones derivadas del tratamiento biológico y la incineración abierta. Incineración en plantas acción inmediata	Resuelto	MEDIA	Se realizó una reunión con representantes del INEC y del IDAAN para homologar estas definiciones para este ciclo de inventario.
QA-W.3	5. Residuos	5. General (sector Residuos)	Exhaustividad	Emprender acciones para obtener los datos necesarios para estimar las emisiones derivadas del tratamiento y eliminación de las aguas residuales industriales.	Resuelto	MEDIA	Para la serie temporal del 2000-2019 se definieron grados de utilización de los sistemas de tratamiento para cada año de la serie. La metodología de definición del grado de utilización fue validada con expertos del sector de tratamiento de aguas residuales del IDAAN y del Departamento de Demografía del INEC.
QA-W.4	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Mejorar en el IIN la fundamentación y documentación de que los datos obtenidos de la tasa de generación de residuos y disposición de residuos son similares.	En abordaje	ALTA	Se realizó un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar, en donde se confirmó la existencia de disposición de lodos en el vertedero de Cerro Patacón años atrás. Sin embargo, no se ha podido obtener el dato de cantidad de lodos dispuestos para cada año.
QA-W.5	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Precisar mejor en el IIN a que corresponde el dato de población utilizado en la estimación de emisiones realizada en la categoría 5.A (total del país, urbana, con servicios de recolección de residuos, otra).	No resuelto	ALTA	No se ha logrado identificar estadísticas sobre las diferentes prácticas de tratamiento biológico que se desarrollan en el país.
QA-W.6	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Mejorar en lo posible, retrospectivamente hasta 1950, la serie de datos de la tasa de generación nacional de residuos sólidos aplicando las técnicas de empalme sugeridas en las Directrices del IPCC de 2006, especialmente extrapolación basada en drivers, combinadas con otras opciones incluyendo elicitación de expertos y datos de soporte que pudieran captarse para ese objetivo	Resuelto	BAJA	Con la distribución con base a los datos proporcionados en el censo 2023 sobre la disposición final de los desechos en las viviendas, se estimó la actividad de quema a cielo abierto de residuos.
QA-W.7	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exhaustividad	Utilizar el valor por defecto recomendado en las Directrices del IPCC de 2006 (seis meses). Precisar esta información en el IIN	No resuelto	ALTA	La incineración controlada no será incluida en esta nueva serie, ni el tratamiento biológico de los residuos por falta de información disponible.
QA-W.8	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exhaustividad	Implementar acciones para mejorar, en la extensión posible, la información sobre la ocurrencia de incineración abierta / incendios en los SDRS del país. De esta forma facilitar en futuras compilaciones del inventario estimar las emisiones de la subcategoría 4C2 y obtener alguna	No resuelto	BAJA	Esta actividad no podrá ser incluida en esta nueva serie temporal. Se espera abordar el tema y la metodología a utilizar para la siguiente serie.

				aproximación, aunque sea preliminar, sobre sus efectos en los volúmenes estimados de residuos dispuestos en SDRS.			
QA-W.9	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Emprender acciones para mejorar la información disponible sobre el destino o destinos de los residuos sólidos generados en cruceros que potencialmente son descargados en el país.	Resuelto	ALTA	Los datos de actividad utilizados se encuentran desagregados en las hojas 2024_CDB_05RE y 2024_CDA_05RE.
QA-W.10	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Mejorar la recopilación de datos de residuos sólidos industriales en lo posible desagregados por tipos de industrias.	Resuelto	MEDIA	Los datos de población utilizados y los métodos de empalme utilizados para completar los datos se encuentran desagregados en las hojas 2024_CDB_05RE y 2024_CDA_05RE. Se utilizaron los porcentajes de población urbana y rural definidos en los Censos Nacionales de Población y vivienda de 1990, 2000, 2010 y 2023. Además, se realizó una reunión con el INEC para validar los supuestos sobre ingresos de la población para definición de fracción urbana media y urbana alta.
QA-W.11	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exhaustividad	Continuar buscando alternativas para mejorar la estimación realizada incluyendo la aplicación del modelo de residuos del IPCC como está concebido y separando en la extensión posible las corrientes de residuos abordadas en este.	En abordaje	MEDIA	Esto de cumplió parcialmente para esta serie del inventario 2000-2021. Se mejoró la serie desde 1990 en cuanto a la definición de residuos que van a vertedero, que se queman, etc. Pero no se realizará el cálculo respectivo hasta 1950 por falta de datos sobre la puesta en operación de los SEDS en el país. Sin embargo, para esta serie se pudo validar con expertos del sector que la tasa de disposición provincial utilizada en ciclo anterior es representativa para las estimaciones realizadas.
QA-W.12	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Transparencia	Incrementar, en la extensión posible, la transparencia con relación a la disposición de residuos industriales en los SDRS en el país considerando alternativas para mejorar la información / estimación sobre las cantidades generadas, cantidades dispuestas y su composición.	Resuelto	MEDIA	Este valor se tomó en cuenta en las estimaciones.
QA-W.13	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Transparencia	Aclarar en el IIN si los lodos del tratamiento de las aguas residuales se consideran en el país una categoría de residuos o forman parte de otra categoría.	Resuelto	ALTA	Con la distribución con base a los datos proporcionados en el censo 2023 sobre la disposición final de los desechos en las viviendas, se calculó la actividad de quema a cielo abierto de residuos. La incineración controlada no será incluida en esta nueva serie, ni el tratamiento biológico de los residuos por falta de información disponible.
QA-W.14	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exhaustividad	Desarrollar alternativas para mejorar en la extensión posible la información disponible sobre lodos de aguas residuales dispuestos en SDRS incluyendo los derivados del tratamiento centralizado en plantas de las aguas residuales domésticas colectadas, los sistemas sépticos y letrinas para las aguas domésticas no colectadas y los procedentes del tratamiento de las aguas residuales industriales.	No resuelto	MEDIA	No se ha evaluado
QA-W.15	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Mejorar la información sobre la generación de lodos derivados del tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales en el país precisando las fracciones de estos tratados / utilizados en los destinos que potencialmente pudieran ocurrir en el país (dispuestos en SDRS, aplicados en suelos agrícolas, incinerados o tratados de otra forma).	No resuelto	ALTA	No hay datos disponibles para hacer esta segregación
QA-W.16	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Valorar alternativas que posibiliten mejorar en lo posible la serie de datos de composición de los residuos sólidos utilizada en la estimación realizada en la categoría 5.A en el IIN 2020. La limitada información disponible en el país para otros años de la serie además del utilizado en el inventario, combinada con juicios de expertos y métodos de empalme pudieran ayudar a obtener una visión mejorada, aunque sea aproximada de la evolución de la	No resuelto	BAJA	No se ha tomado en cuenta hacer una separación en esta serie 2000-2021

				composición de los residuos sólidos en el período requerido para la aplicación del modelo.			
QA-W.17	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Transparencia	Incluir en el IIN los datos de COD utilizados para desechos industriales y lodos del tratamiento de aguas residuales utilizados en la estimación de emisiones de CH ₄ en la categoría 5.A. El contenido de DOC en los lodos varía según el método de tratamiento de las aguas servidas que produce el lodo y también es diferente en el caso de los lodos domésticos e industriales.	No resuelto	MEDIA	No se ha tomado en cuenta hacer una separación en esta serie 2000-2021
QA-W.18	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exactitud	Implementar acciones para mejorar la información disponible sobre los SDRS en el país.	Resuelto	MEDIA	Se específico en el informe el estado de la información de la disposición de lodos en el país. Actualmente no se está estimando este flujo de residuos en las categorías cuantificadas.
QA-W.19	5. Residuos	5.A. Disposición de residuos sólidos	Exhaustividad	Incorporar esta estimación con el modelo FOD de residuos del IPCC.	No resuelto	ALTA	No se tomará en cuenta la cuantificación de emisiones de los lodos en esta serie
QA-W.20	5. Residuos	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	Exactitud	Incrementar los esfuerzos para obtener los datos de actividad necesarios para realizar la estimación de emisiones de la categoría.4. B.	En abordaje	ALTA	No se incluirá este dato en la cuantificación de emisiones en este inventario. Sin embargo, se realizó un taller para la validación de datos de actividad y supuestos a utilizar, en donde se confirmó la existencia de disposición de lodos en el vertedero de Cerro Patacón años atrás. Sin embargo, no se ha podido obtener el dato de cantidad de lodos dispuestos para cada año.
QA-W.21	5. Residuos	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	Exactitud	Incrementar los esfuerzos para obtener los datos de actividad necesarios para realizar la estimación de emisiones de la incineración, Incineración abierta. .	En abordaje	ALTA	Para este ciclo de inventarios se mantendrá el supuesto de composición de residuos a lo largo de la serie temporal, el cual fue validado con expertos del sector.
QA-W.22	5. Residuos	5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	Exactitud	Mejorar la información en el inventario sobre todos los tipos de descarga y /o tratamientos que ocurren en el país.	No resuelto	BAJA	No se ha incluido datos referentes a los lodos y no podrá ser incluido en este nuevo ciclo de inventarios
QA-W.23	5. Residuos	5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	Exactitud	Ver W.41	Resuelto	BAJA	Se desagregaron las estimaciones en sitios de disposición no gestionados y no categorizados. Adicionalmente, se especificó información más detallada sobre los sitios de disposición visitados en las visitas de campo, lo cual contribuyo a incluir la categoría 5.C.2.
QA-W.24	5. Residuos	5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	Exactitud	Mejorar la información proporcionada en el inventario sobre la generación de lodos, su eliminación y usos.	En abordaje	BAJA	Se recibió una capacitación técnica para la inclusión de los productos de madera recolectada en las estimaciones. Sin embargo, aún no se cuenta con información detallada para realizar esta inclusión.
QA-W.25	5. Residuos	5.D.1. Aguas residuales domésticas	Exhaustividad	Reanalizar el valor utilizado para el factor de corrección l o fundamentar la causa de utilizar el valor 1 para este. Adoptar / aplicar un criterio similar para este factor de corrección en las estimaciones de CH ₄ y N ₂ O en la subcategoría 5. D.1.	No resuelto	ALTA	Aún no se cuenta con información detallada para realizar esta inclusión
QA-W.26	5. Residuos	5.D.1. Aguas residuales domésticas	Exhaustividad	Reanalizar el valor S = 0 para la componente orgánica separada como lodos en la estimación de las emisiones de CH ₄ derivadas del tratamiento de las aguas residuales o mejorar la fundamentación de su uso.	No resuelto	ALTA	No se cuenta con información para esta inclusión.
QA-W.27	5. Residuos	5.D.1. Aguas residuales domésticas	Exhaustividad	Reanalizar el valor de incertidumbre seleccionado / utilizado para el FE N ₂ O de la Categoría 5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales - N ₂ O (Subcategoría 5.D.1 Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas - N ₂ O). Mejorar la información proporcionada en IIN sobre el método / vía / procedimiento utilizado para seleccionar / estimar el valor porcentual de incertidumbre para el FE N ₂ O de la Categoría 5.D.	Resuelto	ALTA	Con la distribución con base a los datos proporcionados en los censos de 2000, 2010 y 2023 sobre la disposición final de los desechos en las viviendas, se calculó la actividad de quema a cielo abierto de residuos.

				Tratamiento y descarga de aguas residuales - N2O (Subcategoría 5.D.1 Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas - N2O) como vía de incrementar su transparencia.			
QA-W.28	5. Residuos	5.D.2. Aguas residuales industriales	Exactitud	Incrementar los esfuerzos para obtener los datos de actividad necesarios para realizar la estimación de emisiones de la subcategoría	Resuelto	ALTA	Se realizó una reunión con representantes del INEC y del IDAAN para definir los tipos de descarga y homologar las definiciones del IPCC con los conceptos aplicados en el país. En este ciclo de inventarios no se calcularán las emisiones correspondientes a aguas industriales.
QA-W.29	5. Residuos	5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	Exhaustividad	Reemplazar la clave de notación NE utilizada para informar las emisiones de CO2 de la categoría 5.A en las tablas del inventario por la clave de notación NA (no aplica) o sombreado que es equivalente.	No resuelto	ALTA	En este ciclo de inventarios no se calcularán las emisiones correspondientes a aguas industriales.
QA-O.1	6. Otros	Emisiones de N2O por deposición atmosférica NH3 y Nox	Exhaustividad	Considerar incluir entre las estimaciones de emisiones de gases precursores las emisiones de NH3 que junto a las de NOx son elementos claves para aplicar el método proporcionado en las Directrices del IPCC de 2006.	No resuelto	MEDIA	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

ANEXO 5. Descripción detallada de las metodologías e información adicional

ANEXO 5.1. Sector Agricultura

Tabla. A.5. 1.

Suelos agrícolas: fertilizante sintético aplicado 2000-2021 (kg/año)

Años	Importación de Urea (kg/año)				Importación de Nitrato de amonio (kg/año)		Importación de sulfato de amonio (kg/año)		Importación de abonos completo N-P-K (kg/año)	
	Total	Otros usos (%)	Uso agropecuario (%)		Total	% N	Total	% N	Total	% N
			5	95						
2000	18,038,352	901,918	17,136,434	7,882,760	3,330,383	1,099,026	2,670,452	560,795	12,309,113	1,477,094
2001	4,554,626	227,731	4,326,895	1,990,372	1,377,639	454,621	1,723,255	361,884	13,511,776	1,621,413
2002	22,951,425	1,147,571	21,803,854	10,029,773	1,876,004	619,081	5,440,401	1,142,484	10,364,346	1,243,722
2003	26,671,702	1,333,585	25,338,117	11,655,534	798,362	263,459	8,928,584	1,875,003	12,216,981	1,466,038
2004	24,105,553	1,205,278	22,900,275	10,534,127	1,173,118	387,129	6,711,724	1,409,462	15,560,926	1,867,311
2005	23,548,981	1,177,449	22,371,532	10,290,905	4,203,199	1,387,056	8,814,356	1,851,015	9,951,005	1,194,121
2006	21,913,440	1,095,672	20,817,768	9,576,173	1,847,363	609,630	9,607,000	2,017,470	7,999,285	959,914
2007	22,936,567	1,146,828	21,789,739	10,023,280	3,069,788	1,013,030	6,300,530	1,323,111	9,816,032	1,177,924
2008	23,878,602	1,193,930	22,684,672	10,434,949	4,542,420	1,498,999	6,333,477	1,330,030	10,340,352	1,240,842
2009	23,807,832	1,190,392	22,617,440	10,404,023	5,370,714	1,772,336	6,498,681	1,364,723	18,170,356	2,180,443
2010	27,503,778	1,375,189	26,128,589	12,019,151	7,474,719	2,466,657	6,183,558	1,298,547	30,722,008	3,686,641
2011	31,137,817	1,556,891	29,580,926	13,607,226	8,790,683	2,900,925	4,003,548	840,745	34,518,274	4,142,193
2012	27,378,164	1,368,908	26,009,256	11,964,258	5,625,864	1,856,535	3,572,608	750,248	41,560,497	4,987,260
2013	29,838,794	1,491,940	28,346,854	13,039,553	8,670,453	2,861,249	5,557,109	1,166,993	42,385,301	5,086,236
2014	15,651,466	782,573	14,868,893	6,839,691	9,584,252	3,162,803	950,236	199,550	47,493,471	5,699,217
2015	12,641,668	632,083	12,009,585	5,524,409	9,119,216	3,009,341	1,394,807	292,909	37,970,503	4,556,460
2016	28,277,590	1,413,880	26,863,711	12,357,307	9,415,868	3,107,236	3,520,379	739,280	42,460,591	5,095,271
2017	32,121,520	1,606,076	30,515,444	14,037,104	10,260,007	3,385,802	4,443,243	933,081	41,233,782	4,948,054
2018	26,358,770	1,317,939	25,040,832	11,518,782	18,618,504	6,144,106	3,602,362	756,496	43,275,247	5,193,030
2019	23,333,316	1,166,666	22,166,650	10,196,659	44,744,709	14,765,754	3,775,580	792,872	54,089,836	6,490,780
2020	36,960,107	1,848,005	35,112,102	16,151,567	31,526,389	10,403,708	9,128,337	1,916,951	43,017,353	5,162,082
2021	31,795,312	1,589,766	30,205,546	13,894,551	61,852,853	20,411,441	5,150,500	1,081,605	41,051,299	4,926,156

Nota: valores en azul son el resultado de extrapolaciones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en la información de INEC.

Tabla. A.5. 2-

Suelos agrícolas: fertilizante sintético aplicado 2000-2021 (kg/año) - continuación

Años	Importación, mezcla entre sulfato de amonio 21 % N y nitrato de amonio 33 % N (kg/año)		Importación, mezclas de nitrato de calcio 12 % N y nitrato de amonio 33 % N (kg/año)		Importación de fosfato DIFORónico (kg/año)		Importaciones de fosfato monoamónico, incluso mezclado con fosfato diamónico (kg/año)		Total N (kg/año)	Datos para fertilizantes sintéticos en arroz (N kg/año)	Datos para fertilizantes sintéticos (N kg/año)
	Total	% N 33	Total	% N 33	Total	% N 18	Total	% N 12			
2000	8,342,869	2,753,147	298,800	98,604	2,928,047	527,048	1,655	199	14,398,673	1,678,381	12,720,291
2001	476,348	157,195	275,726	90,990	2,250	405	82,099	9,852	4,686,730	1,655,478	3,031,253
2002	79,284	26,164	252,652	83,375	5,270,281	948,651	51,640	6,197	14,099,446	1,677,342	12,422,104
2003	136,316	44,984	229,578	75,761	7,218,031	1,299,246	78,790	9,455	16,689,479	1,679,333	15,010,146
2004	134,804	44,485	206,504	68,146	10,321	1,858	20,111	2,413	14,314,931	1,690,129	12,624,803
2005	131,779	43,487	183,430	60,532	151,590	27,286	45,288	5,435	14,859,835	1,651,111	13,208,724
2006	64,966	21,439	388,045	128,055	129,996	23,399	37,512	4,501	13,340,582	1,607,242	11,733,340
2007	1,971,104	650,464	249,335	82,281	507,588	91,366	79,284	9,514	14,370,970	1,574,459	12,796,511
2008	2,983,950	984,704	299,070	98,693	77,471	13,945	105,433	12,652	15,614,813	1,598,605	14,016,208
2009	2,637,000	870,210	119,525	39,443	1,557,948	280,431	140,602	16,872	16,928,480	1,569,090	15,359,390
2010	1,435,836	473,826	120,568	39,787	1,977,853	356,014	395,750	47,490	20,388,113	1,592,449	18,795,664
2011	2,354,980	777,143	192,956	63,675	2,167,660	390,179	1,872,250	224,670	22,946,757	1,604,130	21,342,627
2012	1,380,337	455,511	34,894	11,515	2,948,968	530,814	1,374,025	164,883	20,721,024	1,590,534	19,130,490
2013	1,281,914	423,032	102,500	33,825	6,624,102	1,192,338	5,674,554	680,946	24,484,173	1,604,232	22,879,941
2014	111,740	36,874	510,172	168,357	6,610,117	1,189,821	286,305	34,357	17,330,669	1,543,786	15,786,882
2015	335,153	110,600	471,425	155,570	7,849,215	1,412,859	863,001	103,560	15,165,710	1,562,932	13,602,778
2016	4,590,539	1,514,878	262,000	86,460	9,618,771	1,731,379	825,100	99,012	24,730,822	1,600,757	23,130,066
2017	694,704	229,252	285,600	94,248	16,552,815	2,979,507	525,000	63,000	26,670,048	1,620,181	25,049,868
2018	1,226,039	404,593	135,592	44,745	12,641,508	2,275,471	741,850	89,022	26,426,246	1,652,682	24,773,564
2019	962,055	317,478	117,551	38,792	8,195,454	1,475,182	1,152,529	138,303	34,215,820	1,712,415	32,503,406
2020	384,300	126,819	328,475	108,397	13,347,413	2,402,534	151,010	18,121	36,290,180	1,706,071	34,584,108
2021	574,962	189,737	214,000	70,620	13,761,575	2,477,084	871,900	104,628	43,155,823	1,827,472	41,328,350

Nota: valores en azul son resultado de interpolaciones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024 con base en la información de INEC.

Tabla. A.5. 3-

Suelos agrícolas: Subcategoría residuos agrícolas, datos de producción en kg. 2000-2021 (kg/año)

Tipo de cultivo	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Arroz mecanizado/ incluye seco-no riego	3,913	4,352	4,090	4,451	3,239	4,002	4,077	4,511	4,653	4,327	4,729
Arroz chuzo y con tecnología	1,045	1,091	1,136	1,182	1,227	1,273	1,318	1,364	1,409	1,454	1,500
Maíz mecanizado	2,932	3,650	3,210	3,990	3,602	3,653	4,021	4,194	4,198	4,216	3,616
Maíz con tecnología	2,535	2,535	2,535	2,535	2,535	2,536	2,537	2,539	2,543	2,318	2,520
Sorgo	3,441	3,436	3,426	3,406	3,366	3,286	3,206	3,127	2,895	3,513	2,842
Sandía	14,618	14,669	14,326	16,257	14,452	14,921	14,983	17,538	27,915	27,258	23,178
Melón	20,625	13,719	18,723	13,739	17,020	17,516	17,586	10,487	38,364	50,549	17,702
Zapallo	10,196	11,684	11,580	11,375	10,973	8,752	11,806	9,535	17,145	12,362	9,808
Pepino	19,092	19,093	19,094	19,095	19,099	19,107	19,123	19,154	19,217	19,344	19,598
Pimentón	16,452	16,452	16,454	16,456	16,461	16,470	16,488	16,524	16,597	16,745	17,041
Tomate	36,782	28,938	34,579	30,495	29,536	31,539	35,756	40,634	41,112	29,821	39,480
Repollo	28,068	28,070	28,073	28,079	28,092	28,118	28,169	28,272	28,478	28,894	29,737
Zanahoria	26,258	26,263	26,273	26,292	26,330	26,407	26,561	26,872	27,500	28,785	31,476
Lechuga	18,914	18,913	18,911	18,908	18,901	18,888	18,861	18,809	18,703	18,493	18,079
Apio	30,118	30,119	30,122	30,127	30,137	30,158	30,200	30,284	30,452	30,789	31,476
Frijol	422	433	456	505	614	877	542	682	632	590	483
Poroto	986	651	896	538	1,064	810	873	918	807	1,073	914
Guandú	2,068	2,067	2,064	2,058	2,047	2,025	1,982	1,897	1,734	1,437	944
Yuca	10,137	11,053	12,599	11,839	11,778	13,416	11,737	15,054	15,838	11,954	13,165
Ñame	5,769	7,408	4,638	5,671	5,735	9,281	8,066	8,966	13,200	8,038	10,131
Otoe	2,653	2,763	2,992	3,489	4,645	7,727	8,560	9,393	10,226	9,772	9,317
Papa	26,756	22,696	22,464	22,231	21,998	22,452	26,501	25,758	23,384	22,810	23,577
Cebolla	26,280	25,140	24,102	24,699	20,464	22,293	25,961	25,799	27,415	22,808	26,692
Caña de azúcar	81,719	81,674	81,628	81,583	81,537	81,492	81,446	81,401	81,356	81,310	81,219

Nota: valores en azul corresponden a memorias del MIDA, datos en color naranja son interpolaciones. Para el cultivo de arroz a chuzo 2000-2013, corresponden a vacíos de información que fueron rellenados a partir de técnicas de empalme, utilizando datos de memoria del MIDA y avalado por el juicio de experto.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 4-

Suelos agrícolas: Subcategoría residuos agrícolas, datos de producción por hectárea en kg. 2000-2021 (kg/año) -continuación

Tipo de cultivo	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Arroz mecanizado/ incluye secano-riego	4,343	4,265	4,437	4,561	4,576	4,759	4,664	3,900	4,743	4,748	4,476
Arroz chuzo y con tecnología	1,545	1,636	1,773	2,091	1,454	1,909	1,454	2,318	2,091	1,818	1,954
Maíz mecanizado	4,139	3,972	5,051	4,711	3,033	4,646	4,588	4,730	4,945	4,981	4,987
Maíz con tecnología	2,548	3,132	3,228	3,061	2,794	3,020	2,836	3,307	3,349	3,217	3,294
Sorgo	3,306	2,880	3,306	2,132	2,270	3,118	2,466	1,838	3,196	3,229	3,041
Sandía	26,857	21,112	22,720	26,287	29,006	23,047	23,775	26,298	26,759	24,876	27,654
Melón	40,679	19,078	27,980	20,603	27,151	17,643	22,433	25,466	20,837	26,529	24,043
Zapallo	12,847	13,284	14,419	12,748	20,090	16,689	13,956	18,730	12,153	16,032	17,443
Pepino	20,113	21,170	23,396	28,315	40,223	40,223	38,451	40,269	30,270	61,103	34,906
Pimentón	23,068	18,080	19,111	50,370	29,301	28,374	49,243	44,068	57,573	43,902	33,842
Tomate	35,844	43,124	45,944	39,682	31,865	46,858	45,763	53,654	61,021	50,549	48,904
Repollo	27,641	30,688	20,796	27,495	26,463	21,228	24,095	22,145	22,240	9,364	18,093
Zanahoria	27,267	27,110	34,997	32,396	18,613	16,102	32,248	33,969	19,544	4,784	15,150
Lechuga	18,364	16,151	18,145	14,056	13,173	21,932	18,868	23,176	18,748	27,315	20,166
Apio	29,612	27,270	27,634	28,071	27,270	26,701	30,380	24,240	27,270	23,180	17,006
Frijol	854	776	644	738	678	675	646	604	730	612	720
Poroto	1,022	1,250	1,243	1,286	1,207	900	935	1,019	942	791	1,166
Guandú	740	738	791	1,062	602	664	686	872	641	671	910
Yuca	15,544	15,907	14,547	10,075	14,460	16,271	13,260	10,864	13,326	12,969	13,651
Ñame	12,453	13,252	13,093	9,478	9,499	14,587	10,958	11,020	10,482	10,671	9,800
Otoe	8,863	8,408	7,954	7,499	5,363	9,454	6,863	7,545	7,636	8,226	6,818
Papa	27,267	27,042	27,272	26,898	26,817	27,115	27,081	27,043	27,104	22,652	22,573
Cebolla	26,770	25,965	26,380	26,250	26,645	26,723	28,257	27,174	26,976	25,082	28,029
Caña de azúcar	81,037	80,615	79,778	78,123	74,881	72,193	72,267	72,987	74,140	75,521	81,632

Nota: valores en azul corresponden a memorias del MIDA, datos en color naranja son interpolaciones. Para el cultivo de arroz a chuzo 2000-2013, corresponden a vacíos de información que fueron rellenados a partir de técnicas de empalme, utilizando datos de memoria del MIDA y avalado por el juicio de experto.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 5-

Suelos agrícolas: Subcategoría residuos agrícolas, datos de hectáreas por cultivo 2000-2021 (kg/año)

Tipo de cultivo	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Arroz mecanizado, incluye secano y riego	85,040	79,490	84,788	85,270	87,886	78,432	67,802	59,859	65,710	58,558	64,218
Arroz a chuzo y con tecnología	8,032	7,578	7,124	6,670	6,215	5,761	5,306	4,852	4,397	3,943	3,375
Maíz mecanizado	12,715	11,051	13,270	13,538	13,912	12,537	12,214	14,729	18,006	14,897	14,396
Maíz con tecnología	7,595	7,587	7,571	7,539	7,477	7,352	7,107	6,334	5,750	4,218	3,560
Sorgo	2,067	1,548	1,029	2,006	2,983	2,570	2,156	1,743	1,329	1,324	959
Sandía	1,277	1,712	1,327	1,223	1,144	1,509	2,112	2,323	1,967	2,391	1,520
Melón	544	1,277	1,213	1,531	1,749	2,541	2,379	2,062	1,361	1,150	485
Zapallo	1,298	1,595	1,468	1,183	1,172	1,650	1,717	1,212	1,266	995	1,067
Pepino	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124
Pimentón	268	267	266	265	264	263	262	260	256	249	235
Tomate	474	462	466	524	439	300	316	300	393	295	222
Repollo	92	91	90	89	88	87	85	82	76	66	48
Zanahoria	193	192	191	190	188	185	179	168	147	111	142
Lechuga	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139	138
Apio	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86
Frijol	1,406	1,565	1,724	1,883	1,985	3,850	3,812	3,478	3,143	5,056	4,557
Poroto	2,320	3,379	3,532	4,839	3,717	4,634	4,294	4,042	4,416	4,035	2,649
Guandú	59	59	59	59	59	59	60	63	70	86	124
Yuca	2,035	2,018	3,049	3,647	3,542	1,787	1,502	1,040	1,442	2,061	1,619
Ñame	5,528	4,488	7,692	8,704	6,732	4,959	2,521	2,687	3,014	2,405	2,102
Otoe	1,163	1,224	1,123	1,021	1,442	1,354	1,177	968	758	549	541
Papa	780	820	873	925	978	1,031	1,084	868	1,104	1,032	1,045
Cebolla	327	779	923	785	1,244	971	1,187	1,072	1,148	900	921
Caña de azúcar	17,473	17,475	17,480	17,489	17,507	17,543	17,615	17,761	18,055	18,653	19,888

Nota: Valores en azul corresponden a memorias del MIDA, datos en color naranja son interpolaciones. Para el cultivo de arroz a chuzo 2000-2013, corresponden a vacíos de información que fueron rellenados a partir de técnicas de empalme, utilizando datos de memoria del MIDA y avalado por el juicio de experto.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 6-

Suelos agrícolas: Subcategoría residuos agrícolas, datos de hectáreas por cultivo 2000-2021 (kg/año) - continuación

Tipo de cultivos	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Arroz mecanizado, incluye secano y riego	67,048	63,754	67,073	52,427	57,066	66,231	70,937	72,033	74,635	87,735	95,183
Arroz a chuzo y con tecnología	2,949	2,523	2,097	1,670	3,064	2,577	1,668	961	2,120	2,567	3,726
Maíz mecanizado	19,443	24,847	19,037	16,712	17,861	20,267	19,717	17,812	18,640	19,179	5,005
Maíz con tecnología	5,802	5,871	4,625	4,155	2,851	3,542	4,004	4,869	2,414	5,055	3,478
Sorgo	1,609	1,665	1,671	1,860	458	347	164	797	1,225	913	269
Sandía	1,643	1,324	1,056	1,179	1,252	1,003	1,167	1,169	1,014	1,140	1,258
Melón	268	321	164	109	259	262	268	321	164	109	259
Zapallo	583	469	492	196	295	432	583	469	492	196	295
Pepino	123	122	121	120	118	115	81	85	133	166	125
Pimentón	117	129	174	165	131	127	207	83	138	142	257
Tomate	204	144	198	160	106	148	126	126	351	500	493
Repollo	104	89	130	134	135	106	93	87	84	83	83
Zanahoria	173	190	199	204	207	209	210	211	212	213	214
Lechuga	137	136	135	134	132	133	107	81	70	65	63
Apio	85	84	83	82	81	70	65	63	62	62	62
Frijol	4,057	3,558	2,225	2,498	2,771	2,752	4,977	4,048	3,119	3,687	5,720
Poroto	2,919	3,593	3,369	2,725	2,909	2,176	1,747	1,441	1,490	1,487	1,611
Guandú	331	184	207	383	446	347	327	377	487	340	319
Yuca	1,476	1,653	1,807	1,163	996	1,261	1,315	821	1,987	2,310	1,617
Ñame	2,051	1,714	2,084	1,645	1,130	1,256	1,463	855	1,694	2,358	2,354
Otoe	532	523	514	505	496	487	478	504	530	852	687
Papa	968	810	797	1,020	1,165	777	904	1,025	861	1,433	1,022
Cebolla	830	571	597	581	668	445	546	484	641	891	1,021
Caña de azúcar	22,206	26,146	26,574	29,020	28,281	28,289	29,213	29,090	29,427	24,663	23,956

Nota: Valores en azul corresponden a memorias del MIDA, datos en color naranja son interpolaciones. Para el cultivo de arroz a chuzo 2000-2013, corresponden a vacíos de información que fueron rellenados a partir de técnicas de empalme, utilizando datos de memoria del MIDA y avalado por el juicio de experto.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

ANEXO 5.2. Sector UTCUTS

ANEXO 5.2.1. Tablas de las Guías de Buenas Prácticas de LULUCF

Tabla. A.5. 7- Cuadro de notificación de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes del sector de UTCUTS en el año 2000.

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO ₂)				Emisiones anuales de CH ₄ (t)	Emisiones anuales de N ₂ O (t)	Emisiones anuales de NO _x (t)	Emisiones anuales de CO (t)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C	Emisiones/absorciones de CO ₂ ¹ D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	28,586,129	NA	NE	-28,586,129	452	14	122	7,046
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversión entre Categoría)	-1,294,379	-313,027	NE	1,607,405	IE	IE	IE	IE
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	31,006	-18,186	5,295	-18,115	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	-205,665	17,620	7,862	180,183	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	690	50	381	-1,120	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras Forestales		27,117,781	-313,543	13,537	-26,817,776	452	14	122	7,046
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	226,056	NE	NE	-226,056	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-1,235,015.23	-159,477	-27,710.93	1,422,203	1,950	72	799	32,840
Pastizales	Tierras de Cultivo	-22,423.85	-617.03	-1,146.25	24,187	15	1	26	430
Humedales	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NE	NE	NE	NE
Asentamientos	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras de Cultivo		-1,031,383	-160,094	-28,857	1,220,335	1,965	73	825	33,270
Pastizales	Pastizales	NE, IE	NE	NE	NE, IE	86	7.86	146	2,432
Tierras Forestales	Pastizales	-3,150,925.47	-505,650.75	-105,679.81	3,762,256	8,169	258.94	2,363	128,849
Tierras de Cultivo	Pastizales	50,738.55	-12,604.65	3,896.43	-42,030	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Pastizales	4,250.18	NE	113.04	-4,363	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Pastizales		-3,095,936.73	-518,255	-101,670	3,715,862	8,255	266.79	2,509	131,281
Humedales	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	-104,878.05	-19,141.56	-132,099.76	256,119	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	-19,392.87	-471.49	NE	19,864	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Humedales		-124,270.92	-19,613.05	-132,099.76	275,984	NE/NA	NE/NA	NE/NA	NE/NA
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-1,883.32	-497.29	-51.82	2,432	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-61,410.75	-1,493.04	-719.78	63,624	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Asentamientos		-63,294.06	-1,990.33	-771.60	66,056	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Humedales	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Otras tierras		NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NA/NO	NA/NO	NA/NO	NA/NO
Otros (Acuicultura) ²		NA	NA	NA	NA	NA	4	NA	NA
Sub-Total para Otros		NA	NA	NA	NA	NA	4	NA	NA
Total		22,802,896	17,620	-249,861	-21,539,539	10,672	358	3,455	171,597

Nota: (1) para fines de reporte, es necesario revertir el signo para que los valores resultantes se expresen como (-) para absorción y (+) para emisiones.

Tabla. A.5. 8. Cuadro de notificación de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes del sector de UTCUTS en el año 2010.

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO ₂)					Emisiones anuales de CH ₄ (t)	Emisiones anuales de N ₂ O (t)	Emisiones anuales de NO _x (t)	Emisiones anuales de CO (t)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C	Emisiones/absorciones de CO ₂ ¹ D = (A+B+C) x (-1)					
Tierras Forestales	Tierras Forestales	28,187,760	NA	NE	-28,187,760	178	7	80	3,057	
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversión entre Categoría)	1,776,855	-145,691	NE	-1,631,164	IE	IE	IE	IE	
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	49,234	48,548	154,977	-252,759	NO	NO	NO	NO	
Pastizales	Tierras Forestales	-549,366	646,550	107,892	-205,076	NO	NO	NO	NO	
Humedales	Tierras Forestales	NO	248	NO	-248	NO	NO	NO	NO	
Asentamientos	Tierras Forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Otras Tierras	Tierras Forestales	5,852	1,908	3,230	-10,990	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Tierras Forestales		29,470,335	551,563	266,099	-30,287,997	178	7	80	3,057	
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	298,123	NE	NE	-298,123	IE	IE	IE	IE	
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-1,029,157.89	-137,557	-271,045.28	1,437,760	1,661	61	683	28,002	
Pastizales	Tierras de Cultivo	-348,697.69	-11,949.03	-89,674.80	450,322	243	22	413	6,876	
Humedales	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NE	NE	NE	NE	
Asentamientos	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Tierras de Cultivo		-1,079,733	-149,506	-360,720	1,589,959	1,905	83	1,096	34,878	
Pastizales	Pastizales	NE, IE	NE	NE	NE, IE	79	7.17	133	2,220	
Tierras Forestales	Pastizales	-3,820,135.99	-602,361.10	-101,000.27	4,523,497	9,611	312.50	2,965	153,242	
Tierras de Cultivo	Pastizales	99,583.94	-44,200.08	40,568.79	-95,953	NE	NE	NE	NE	
Humedales	Pastizales	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Asentamientos	Pastizales	NO	NE	2,709.84	NE	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Pastizales		-3,720,552.05	-646,561	-57,722	4,427,545	9,690	319.67	3,098	155,462	
Humedales	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NA	NA	
Tierras Forestales	Humedales	-47,082.91	-12,432.36	NO, NE	59,515	NA	NA	NA	NA	
Tierras de Cultivo	Humedales	NO	NO	NE	NO/NE	NA	NA	NA	NA	
Pastizales	Humedales	NO	NO	NE	NO/NE	NA	NA	NA	NA	
Asentamientos	Humedales	NO	NO	NE	NO/NE	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Humedales	NO	NO	NE	NO/NE	NA	NA	NA	NA	
Sub-Total para Humedales		-47082.91	-12432.36	0.00	59,515	NA, NE	NA, NE	NA	NA	
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Tierras Forestales	Asentamientos	-175,809.05	-24,638.88	-17,816.73	218,265	NA	NA	NA	NA	
Tierras de Cultivo	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Pastizales	Asentamientos	-177,985.05	-4,377.86	-20,892.12	203,255	NA	NA	NA	NA	
Humedales	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Sub-Total para Asentamientos		-353,794.10	-29,016.74	-38,708.85	421,520	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Tierras Forestales	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Tierras de Cultivo	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Pastizales	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Humedales	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Asentamientos	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Otras tierras		NE, NO	NO, NE	NE, NO	NA	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	
Otros (Acuicultura) ²		NA	NA	NA	NA	NA	11	NA	NA	
Sub-Total para Otros		NA	NA	NA	NA	NA	11	NA	NA	
Total		-549,366	646,550	107,892	-205,076	11,772	421	4,273	193,397	

Nota: (1) para fines de reporte, es necesario revertir el signo para que los valores resultantes se expresen como (-) para absorción y (+) para emisiones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 9. Cuadro de notificación de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes del sector de UTCUTS en el año 2013

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO ₂)				Emisiones/absorciones de CO ₂ ¹ D = (A+B+C) x (-1)	Emisiones anuales de CH ₄ (t)	Emisiones anuales de N ₂ O (t)	Emisiones anuales de NO _x (t)	Emisiones anuales de CO (t)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C						
Tierras Forestales	Tierras Forestales	27,891,007	NA	NE	-27,891,007	1,938	62	576	30,697	
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversión entre Categoría)	2,648,569	-303,106	NE	-2,345,463	IE	IE	IE	IE	
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	92,923	28,799	228,204	-349,926	NO	NO	NO	NO	
Pastizales	Tierras Forestales	-424,654	651,934	141,791	-369,071	NO	NO	NO	NO	
Humedales	Tierras Forestales	1,036	323	572	-1,931	NO	NO	NO	NO	
Asentamientos	Tierras Forestales	NO	99	52	-151	NO	NO	NO	NO	
Otras Tierras	Tierras Forestales	1,382	2,007	763	-4,152	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Tierras Forestales		30,210,264	380,057	371,381	-30,961,702	1,938	62	576	30,697	
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	286,795	NE	NE	-286,795	IE	IE	IE	IE	
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-455,747.38	-65,160	-347,612.76	868,520	706	28	337	12,311	
Pastizales	Tierras de Cultivo	-232,731.96	-2,993.88	-138,750.82	374,477	148	13	251	4,176	
Humedales	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NE	NE	NE	NE	
Asentamientos	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Tierras de Cultivo		-401,684	-68,154	-486,364	956,201	854	41	587	16,487	
Pastizales	Pastizales	NE, IE	NE	NE	NE, IE	81	7.36	137	2,278	
Tierras Forestales	Pastizales	-2,599,284.47	-569,452.55	0.00	3,168,737	7,099	263.88	2,970	120,116	
Tierras de Cultivo	Pastizales	164,251.55	-40,803.96	73,125.27	-196,573	NE	NE	NE	NE	
Humedales	Pastizales	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Asentamientos	Pastizales	NO	NE	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Pastizales		-2,435,032.92	-610,257	73,125	2,972,164	7,180	271.24	3,107	122,395	
Humedales	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NA	NA	
Tierras Forestales	Humedales	NO	NO	NO, NE	NO	NA	NA	NA	NA	
Tierras de Cultivo	Humedales	-571.80	-347.81	NE	920	NA	NA	NA	NA	
Pastizales	Humedales	NO	NO	NE	NO, NE	NA	NA	NA	NA	
Asentamientos	Humedales	NO	NO	NE	NO, NE	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Humedales	NO	NO	NE	NO, NE	NA	NA	NA	NA	
Sub-Total para Humedales		-571.80	-347.81	0.00	920	NE, NA	NE, NA	NA	NA	
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Tierras Forestales	Asentamientos	-300,648.62	-40,146.81	-31,351.92	372,147	NA	NA	NA	NA	
Tierras de Cultivo	Asentamientos	-89,827.59	-6,969.25	-2,806.29	99,603	NA	NA	NA	NA	
Pastizales	Asentamientos	-73,019.21	-1,781.98	-30,481.03	105,282	NA	NA	NA	NA	
Humedales	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Sub-Total para Asentamientos		-463,495.42	-48,898.04	-64,639.24	577,033	NA	NA	NA	NA	
Otras Tierras	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Tierras Forestales	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
tierras de Cultivo	Otras Tierras	NO	NE	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
Pastizales	Otras Tierras	NO	NE	NO	NO	NA	NA	NA	NA	
humedales	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NO	NO	NO	NO	
Sub-Total para Otras tierras		NE, NA, NO	NE, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	
Otros (Acuicultura) ²		NA	NA	NA	NA	NA	22	NA	NA	
Sub-Total para Otros		NA	NA	NA	NA	NA	22	NA	NA	
Total		26,909,480	651,934	-106,496	-26,455,384	9,971	396	4,270	169,579	

Nota: (1) para fines de reporte, es necesario revertir el signo para que los valores resultantes se expresen como (-) para absorción y (+) para emisiones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 10. Cuadro de notificación de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes del sector de UTCUTS en el año 2017

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO ₂)							
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa	Materia orgánica muerta	Carbono del suelo	Emisiones/absorciones de CO ₂ ¹	Emisiones anuales de CH ₄ (t)	Emisiones anuales de N ₂ O (t)	Emisiones anuales de NO _x (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	28,107,703	NA	NE	-28,107,703	333	14	178	5,983
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversión entre Categoría)	3,912,814	-405,334	NE	-3,507,479	IE	IE	IE	IE
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	74,646	32,908	301,236	-408,790	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	-648,739	583,893	180,199	-115,353	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	NO	323	NO	-323	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	1,506	1,844	1,013	-4,363	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	NO	2,007	NO	-2,007	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras Forestales		31,447,929	215,642	482,448	-32,146,019	333	14	178	5,983
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	349,118	NE	NE	-349,118	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-795,712.78	-111,553	-434,567.61	1,341,833	1,260	48	565	21,656
Pastizales	Tierras de Cultivo	-422,520.42	5,134.89	-190,319.25	607,705	237	22	402	6,704
Humedales	Tierras de Cultivo	NE	NE	-904.39	904	NE	NE	NE	NE
Asentamientos	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras de Cultivo		-869,115	-106,418	-625,791	1,601,324	1,497	70	967	28,360
Pastizales	Pastizales	NE, IE	NE	NE	NE, IE	350	31.94	593	9,886
Tierras Forestales	Pastizales	-2,722,004.26	-645,915.20	-26,419.95	3,394,339	7,982	293.37	3,261	134,358
Tierras de Cultivo	Pastizales	97,194.18	-24,145.32	94,920.45	-167,969	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Pastizales	35,892.03	NE	NO	-35,892	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Pastizales		-2,588,918.06	-670,061	68,500	3,190,478	8,332	325.31	3,854	144,245
Humedales	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	-79,938.66	-1,971.81	NE	81,910	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	NO	NO	NE	NE, NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	NO	NO	NE	NE, NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Humedales		-79938.66	-1971.81	0.00	81,910	NE, NA	NE, NA	NA	NA
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-360,405.73	-35,886.73	-45,867.74	442,160	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	NO	NO	-2,739.79	2,740	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-111,471.10	-2,746.74	-43,044.23	157,262	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Asentamientos		-471,876.84	-38,633.47	-91,651.77	602,162	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Otras Tierras	NO	NE	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Otras Tierras	NO	NE	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Humedales	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Otras tierras		NE, NO, NA	NE, NO	NE, NO, NA	NE, NO, NA	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
Otros (Acuicultura)²		NA	NA	NA	NA	NA	19	NA	NA
Sub-Total para Otros		NA	-1486226.19	NA	NA	NA	19	NA	NA
Total		27,438,081	583,893	-166,495	-26,670,144	10,163	428	4,999	178,588

Nota: (1) para fines de reporte, es necesario revertir el signo para que los valores resultantes se expresen como (-) para absorción y (+) para emisiones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 11. Cuadro de notificación de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes del sector de UTCUTS en el año 2019

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO ₂)							
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa	Materia orgánica muerta	Carbono del suelo	Emisiones/absorciones de CO ₂ ¹	Emisiones anuales de CH ₄ (t)	Emisiones anuales de N ₂ O (t)	Emisiones anuales de NO _x (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	27,060,190	NA	NE	-27,060,190	6,314	231	2,561	106,113
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversión entre Categoría)	2,033,122	7,824	NE	-2,040,947	IE	IE	IE	IE
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	65,486	21,527	322,816	-409,829	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	-371,324	596,799	196,951	-422,426	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	NO	323	NO	-323	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	909	1,732	1,138	-3,779	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	9,291	4,462	1,082	-14,836	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras Forestales		28,797,674	632,667	521,988	-29,952,329	6,314	231	2,561	106,113
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	369,751	NE	NE	-369,751	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-485,056.10	-64,360	-471,270.48	1,020,687	1,002	34	336	16,217
Pastizales	Tierras de Cultivo	-97,939.80	-3,053.39	-203,164.65	304,158	67	6	114	1,906
Humedales	Tierras de Cultivo	NO	NO	-904.39	904	NE	NE	NE	NE
Asentamientos	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras de Cultivo		-213,245	-67,414	-675,340	955,998	1,069	40	451	18,123
Pastizales	Pastizales	NE, IE	NE	NE	NE, IE	2,267	206.99	3,844	64,068
Tierras Forestales	Pastizales	-1,354,038.91	-353,344.67	-52,839.90	1,760,223	4,070	156.21	1,819	69,893
Tierras de Cultivo	Pastizales	89,031.80	-34,700.28	107,167.83	-161,499	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Pastizales	2,487.90	NE	NO	-2,488	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Pastizales		-1,262,519.22	-388,045	54,328	1,596,236	6,337	363.20	5,663	133,961
Humedales	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	NO	NO	NE	NE, NO	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Humedales		0.00	0.00	0.00	NE, NO	NA, NE	NA, NE	NA	NA
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	NO	NO	-48,108.72	48,109	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	-6,191.65	-3,766.18	-514.28	10,472	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-24,362.46	-600.94	-48,463.88	73,427	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Asentamientos		-30,554.11	-4,367.12	-97,086.88	132,008	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	NO	NO	-1,082.36	1,082	NA	NA	NA	NA
tierras de Cultivo	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Otras Tierras	NO	NE	NO	NE, NO	NA	NA	NA	NA
Humedales	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Otras tierras		NE, NO	NE, NO	-1082.36	1,082	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
Otros (Acuicultura) ²		NA	NA	NA	NA	NA	10	NA	NA
Sub-Total para Otros		NA	NA	NA	NA	NA	10	NA	NA
Total		27,291,356	596,799	-197,193	-27,267,004	13,720	645	8,675	258,197

Nota: (1) para fines de reporte, es necesario revertir el signo para que los valores resultantes se expresen como (-) para absorción y (+) para emisiones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 12. Cuadro de notificación de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes del sector de UTCUTS en el año 2020.

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO ₂)				Emisiones anuales de CH ₄ (t)	Emisiones anuales de N ₂ O (t)	Emisiones anuales de NO _x (t)	Emisiones anuales de CO (t)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa	Materia orgánica muerta	Carbono del suelo	Emisiones/absorciones de CO ₂ ¹				
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	32,674,180	NA	NE	-32,674,180	304	10	93	4,838
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversión entre Categoría)	379,830	164,161	NE	-543,991	IE	IE	IE	IE
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	12,329	59,193	319,667	-391,189	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	-413,219	558,460	198,769	-344,011	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	NO	1,445	NO	-1,445	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	2,121	2,293	1,410	-5,823	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	4,790	5,728	1,640	-12,158	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras Forestales		32,660,032	791,280	521,486	-33,972,797	304	10	93	4,838
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	172,613	NE	NE	-172,613	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-1,052,586.32	-144,574	-469,466.38	1,666,627	1,622	62	726	27,865
Pastizales	Tierras de Cultivo	-144,927.55	-4,966.32	-207,684.72	357,579	101	9	171	2,858
Humedales	Tierras de Cultivo	NO	NO	-904.39	904	NE	NE	NE	NE
Asentamientos	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras de Cultivo		-1,024,901	-149,541	-678,055	1,852,497	1,723	72	898	30,723
Pastizales	Pastizales	NE, IE	NE	NE	NE, IE	135	12.29	228	3,803
Tierras Forestales	Pastizales	-3,630,216.24	-1,350,228.67	-216,830.72	5,197,276	12,570	552.40	7,269	230,521
Tierras de Cultivo	Pastizales	89,008.57	-24,155.12	109,193.16	-174,047	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Pastizales	48,669.28	NE	NO	-48,669	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Pastizales		-3,492,538.39	-1,374,384	-107,638	4,974,560	12,704	564.69	7,497	234,324
Humedales	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	-5,220.33	-433.24	-23,040.53	28,694	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	-39,550.26	-967.86	NE	40,518	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Humedales		-44770.59	-1401.10	-23040.53	69,212	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-281,187.05	-37,923.99	-51,508.56	370,620	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	NO	NO	-514.28	514	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-160,695.90	-3,915.62	-49,891.66	214,503	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Asentamientos		-441,882.95	-41,839.61	-101,914.50	585,637	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	-128,136.01	-13,889.24	-97,552.83	239,578	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Otras Tierras	-18,419.80	-1,641.13	-1,015.29	21,076	NA	NA	NA	NA
Humedales	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Otras tierras		-146555.82	-15530.36	-98568.12	260,654	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
Otros (Acuicultura ²)		NA	NA	NA	NA	NA	7	NA	NA
Sub-Total para Otros		NA	NA	NA	NA	NA	7	NA	NA
Total		27,509,383	558,460	-487,730	-26,230,236	14,731	653	8,487	269,885

Nota: (1) para fines de reporte, es necesario revertir el signo para que los valores resultantes se expresen como (-) para absorción y (+) para emisiones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

Tabla. A.5. 13. Cuadro de notificación de las emisiones y absorciones de CO₂ y de gases distintos del CO₂ procedentes del sector de UTCUTS en el año 2021.

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO ₂)							
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C	Emisiones/absorciones de CO ₂ ¹ D = (A+B+C) x (-1)	Emisiones anuales de CH ₄ (t)	Emisiones anuales de N ₂ O (t)	Emisiones anuales de NO _x (t)	Emisiones anuales de CO (t)
Tierras Forestales	Tierras Forestales	32,097,251	NA	NE	-32,097,251	282	9	89	4,508
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversión entre Categoría)	2,772,171	201,546	NE	-2,973,717	IE	IE	IE	IE
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	22,757	33,830	310,459	-367,046	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	-425,404	543,006	202,239	-319,841	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	947	1,439	523	-2,909	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	4,196	2,307	1,959	-8,463	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	1,347	5,910	2,200	-9,458	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras Forestales		34,473,266	788,038	517,380	-35,778,685	282	9	89	4,508
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	168,203	NE	NE	-168,203	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-760,608.25	-97,163	-468,581.41	1,326,353	1,178	43	470	19,726
Pastizales	Tierras de Cultivo	-328,229.79	-10,862.35	-223,675.37	562,768	228	21	386	6,440
Humedales	Tierras de Cultivo	NO	NO	-904.39	904	NE	NE	NE	NE
Asentamientos	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Tierras de Cultivo		-920,635	-108,026	-693,161	1,721,821	1,405	64	857	26,166
Pastizales	Pastizales	NE, IE	NE	NE	NE, IE	112	10.18	189	3,152
Tierras Forestales	Pastizales	-3,792,008.38	-1,394,818.38	-124,621.46	5,311,448	13,208	572.69	7,454	240,151
Tierras de Cultivo	Pastizales	292,794.05	-73,166.38	119,971.43	-339,599	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Pastizales	20,575.03	NE	7,312.13	-27,887	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Pastizales		-3,478,639.30	-1,467,985	2,662	4,943,962	13,320	582.87	7,643	243,303
Humedales	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE	NE	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	-71,328.33	-6,570.98	-111,890.58	189,790	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	-118,413.95	-2,901.70	NE	121,316	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Humedales		-189742.28	-9472.67	-111890.58	311,106	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-433,763.49	-55,246.12	-55,407.85	544,417	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	-589.04	-358.29	-448.09	1,395	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-261,112.37	-6,388.98	-53,675.72	321,177	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Sub-Total para Asentamientos		-695,464.90	-61,993.40	-109,531.66	866,990	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	-1,865.33	-492.55	-2,123.64	4,482	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Otras Tierras	-7,660.72	-682.54	-1,447.79	9,791	NA	NA	NA	NA
Humedales	Otras Tierras	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Sub-Total para Otras tierras		-9526.05	-1175.08	-3571.44	14,273	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
Otros (Acuicultura) ²		NA	NA	NA	NA	NA	7	NA	NA
Sub-Total para Otros		NA	NA	NA	NA	NA	7	NA	NA
Total		29,179,259	543,006	-398,113	-27,920,533	15,007	663	8,589	273,977

Nota: (1) para fines de reporte, es necesario revertir el signo para que los valores resultantes se expresen como (-) para absorción y (+) para emisiones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024.

ANEXO 5.2.2. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra

Tabla. A.5. 14. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra año 2000 (superficie en ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES	
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,710,779			1,017					2,568	33			1,714,397	2000-2001_TMH
Tierras forestales, Bosque Secundario		980,209		12,493			2,926		8,581				1,004,209	
Tierras forestales, Manglar			145,083						128	161			145,372	
Tierras forestales, Rastrojo		1,224		293,995			1,346		3,124		27		299,716	
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					57,790								57,790	
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						4,213							4,213	
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				919			145,106		958				146,983	
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes				408				33,790					34,198	
Pastizales, Pasto				9,298			304	27	1,021,105				1,030,735	
Humedales			32							111,121			111,153	
Asentamientos									59		82,597		82,656	
Otras tierras												6,395	6,395	
TOTALES	1,710,779	981,433	145,115	318,130	57,790	4,213	149,682	33,817	1,036,524	111,314	82,624	6,395	4,637,815	
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,134,955						340		1,244				1,136,539	2000-2001_TM
Tierras forestales, Bosque Secundario		442,926		928			1,127		5,481	27			450,489	
Tierras forestales, Manglar			8,745										8,745	
Tierras forestales, Rastrojo		1,734		130,174			1,556		1,343	27			134,835	
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					9,706								9,706	
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						2,362							2,362	
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				912			34,147						35,060	
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								13,024					13,024	
Pastizales, Pasto				6,113					415,747				421,860	
Humedales										46,182			46,182	
Asentamientos											20,751		20,751	
Otras tierras												1,558	1,558	
TOTALES	1,134,955	444,660	8,745	138,128	9,706	2,362	37,171	13,024	423,815	46,236	20,751	1,558	2,281,112	
Tierras forestales, Bosque Maduro	11,002												11,002	2000-2001_TH
Tierras forestales, Bosque Secundario		66,008		375					672				67,054	
Tierras forestales, Manglar			38,669										38,669	
Tierras forestales, Rastrojo				41,237			669		160	800			42,866	
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					4,599								4,599	
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)													0	
Tierras agrícolas, Cultivos anuales							89,836		27				89,863	
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes							320	1,658					1,978	
Pastizales, Pasto			544						278,510	192	608		279,854	
Humedales			32							25,947			25,979	
Asentamientos											27,605		27,605	
Otras tierras												5,182	5,182	
TOTALES	11,002	66,008	39,245	41,612	4,599	0	90,825	1,658	279,369	26,939	28,212	5,182	594,650	

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Mapatón 2021.

Tabla. A.3. 15. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra año 2010 (superficie en ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,645,893			784					8,373		328		1,655,378
Tierras forestales, Bosque Secundario		875,580		2,160			3,716		6,757				888,212
Tierras forestales, Manglar			145,436										145,436
Tierras forestales, Rastrojo				354,608			2,075		3,597	679	492		373,386
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					55,846								55,846
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						3,941							3,941
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				1,605			167,111		2,149				170,866
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								35,988	598				36,586
Pastizales, Pasto			193	30,133	679		4,195		1,059,500		1,609		1,096,309
Humedales										111,665	27		111,692
Asentamientos											94,636		94,636
Otras tierras												5,528	5,528
TOTALES	1,645,893	887,513	145,628	389,291	56,525	3,941	177,097	35,988	1,080,974	112,344	97,092	5,528	4,637,815
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,118,378			306					767				1,119,452
Tierras forestales, Bosque Secundario		403,025		1,141			215		2,054		27		406,462
Tierras forestales, Manglar			7,456						123				7,579
Tierras forestales, Rastrojo		6,739		146,008			832		2,425		289		156,293
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					11,815								11,815
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						2,415							2,415
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				1,183			48,568						49,751
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes				767				11,835	671				13,273
Pastizales, Pasto				7,806					433,652		174		441,631
Humedales										46,773		134	46,907
Asentamientos											23,976		23,976
Otras tierras												1,558	1,558
TOTALES	1,118,378	409,765	7,456	157,211	11,815	2,415	49,615	11,835	439,692	46,773	24,465	1,693	2,281,112
Tierras forestales, Bosque Maduro	10,202												10,202
Tierras forestales, Bosque Secundario		60,684		107					482				61,273
Tierras forestales, Manglar			39,757										39,757
Tierras forestales, Rastrojo		669		45,139			161		1,365				47,333
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					5,027								5,027
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)													0
Tierras agrícolas, Cultivos anuales							94,304		589				94,893
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								1,658					1,658
Pastizales, Pasto				1,578		800	669		267,442				270,488
Humedales										27,738			27,738
Asentamientos											32,155		32,155
Otras tierras			544									3,583	4,126
TOTALES	10,202	61,353	40,301	46,824	5,027	800	95,134	1,658	269,877	27,738	32,155	3,583	594,650

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Mapatón 2021.

Tabla. A.5. 16. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra año 2013 (superficie en ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,635,347			1,098					2,723				1,639,168
Tierras forestales, Bosque Secundario		884,192		3,994			1,345		5,347		1,160		896,038
Tierras forestales, Manglar			145,660										145,660
Tierras forestales, Rastrojo		16,521		365,534			1,654		8,278		506		392,494
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					57,333								57,333
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						4,213							4,213
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				4,182			173,133		2,488	27	82		179,912
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes				109				37,357			820		38,286
Pastizales, Pasto			803	19,041	1,796		2,365		1,037,336		190		1,061,531
Humedales			96							112,498			112,594
Asentamientos											105,059		105,059
Otras tierras			128									5,399	5,528
TOTALES	1,635,347	900,714	146,688	393,957	59,129	4,213	178,497	37,357	1,056,172	112,525	107,817	5,399	4,637,815
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,112,194						102		3,072				1,115,368
Tierras forestales, Bosque Secundario		403,986		1,075			69		1,643				406,773
Tierras forestales, Manglar			7,916										7,916
Tierras forestales, Rastrojo		10,458		144,483			139		4,539				159,619
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					11,815								11,815
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						2,415							2,415
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				2,151			47,268						49,419
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								12,506					12,506
Pastizales, Pasto				9,940			242	868	430,385				441,434
Humedales										46,773			46,773
Asentamientos											25,381		25,381
Otras tierras												1,693	1,693
TOTALES	1,112,194	414,444	7,916	157,649	11,815	2,415	47,819	13,373	439,640	46,773	25,381	1,693	2,281,112
Tierras forestales, Bosque Maduro	10,202												10,202
Tierras forestales, Bosque Secundario		62,009		134					96				62,239
Tierras forestales, Manglar			40,301										40,301
Tierras forestales, Rastrojo		990		43,358					829		375		45,552
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					5,027								5,027
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						800							800
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				268			101,711		701				102,680
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								1,711					1,711
Pastizales, Pasto				2,247			348	27	257,220		535		260,377
Humedales										28,407			28,407
Asentamientos											33,773		33,773
Otras tierras												3,583	3,583
TOTALES	10,202	62,999	40,301	46,006	5,027	800	102,059	1,738	258,846	28,407	34,683	3,583	594,650

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Mapatón 2021.

Tabla. A.5. 17. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra año 2017 (superficie en ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,617,030								511		328		1,617,869
Tierras forestales, Bosque Secundario		913,338		4,945			2,788		10,739		215		932,025
Tierras forestales, Manglar			146,014						32				146,046
Tierras forestales, Rastrojo		28,842		333,897			2,041		8,359		163		373,302
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)		722			57,879								58,601
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						4,213							4,213
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				2,065			182,457		1,618				186,140
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								41,778					41,778
Pastizales, Pasto				30,800			1,735	2,342	1,003,679	803	1,038		1,040,397
Humedales							54			113,896			113,950
Asentamientos				109					447		117,539		118,094
Otras tierras												5,399	5,399
TOTALES	1,617,030	942,902	146,014	371,815	57,879	4,213	189,075	44,121	1,025,387	114,698	119,282	5,399	4,637,815
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,106,715			161					2,035				1,108,910
Tierras forestales, Bosque Secundario		416,532		1,825			107		3,047				421,512
Tierras forestales, Manglar			7,763										7,763
Tierras forestales, Rastrojo		8,964		141,387			671		4,156		54		155,232
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					11,815								11,815
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						2,415							2,415
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				2,657			46,756		268				49,681
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								12,425					12,425
Pastizales, Pasto				13,274			1,538	590	421,438				436,841
Humedales										46,800		81	46,880
Asentamientos										27	26,051		26,078
Otras tierras												1,558	1,558
TOTALES	1,106,715	425,497	7,763	159,305	11,815	2,415	49,073	13,016	430,944	46,826	26,105	1,639	2,281,112
Tierras forestales, Bosque Maduro	10,202												10,202
Tierras forestales, Bosque Secundario		64,058		27					797		853		65,735
Tierras forestales, Manglar			40,045										40,045
Tierras forestales, Rastrojo		1,730		40,385			107		2,007				44,229
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					5,027								5,027
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						800							800
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				669			105,133						105,802
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								2,167					2,167
Pastizales, Pasto				3,194			1,469	589	246,515		80		251,847
Humedales										27,367			27,367
Asentamientos										54	36,739		36,792
Otras tierras												4,638	4,638
TOTALES	10,202	65,788	40,045	44,275	5,027	800	106,708	2,756	249,372	27,367	37,672	4,638	594,650

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Mapatón 2021.

Tabla. A.5. 18. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra año 2019 (superficie en ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,613,459			295			230		1,127				1,615,111
Tierras forestales, Bosque Secundario		938,173		3,269			679		4,197				946,318
Tierras forestales, Manglar			146,014						64				146,078
Tierras forestales, Rastrojo		13,370		337,872			603		6,309				358,153
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					57,417								57,417
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						3,805							3,805
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				2,638			187,979		1,981				192,598
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								44,610	820				45,430
Pastizales, Pasto				17,226			679	54	1,011,861		245		1,030,065
Humedales										114,753			114,753
Asentamientos				66							122,622		122,688
Otras tierras												5,399	5,399
TOTALES	1,613,459	951,542	146,014	361,365	57,417	3,805	190,170	44,664	1,026,359	114,753	122,867	5,399	4,637,815
Tierras forestales, Bosque Maduro	1,106,068								204				1,106,272
Tierras forestales, Bosque Secundario		424,879		2,760			54		2,679				430,371
Tierras forestales, Manglar			7,886										7,886
Tierras forestales, Rastrojo		8,133		140,250			454		2,016				150,853
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					10,700		347						11,047
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						2,415							2,415
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				1,315			49,164						50,479
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								13,016					13,016
Pastizales, Pasto			399	8,597	215				424,152				433,362
Humedales										46,961	54		47,014
Asentamientos											26,132		26,167
Otras tierras				671								1,558	2,229
TOTALES	1,106,068	433,012	8,285	153,593	10,915	2,415	50,019	13,016	429,085	46,961	26,186	1,558	2,281,112
Tierras forestales, Bosque Maduro	10,202												10,202
Tierras forestales, Bosque Secundario		63,126		603			544		224				64,497
Tierras forestales, Manglar			40,045										40,045
Tierras forestales, Rastrojo		1,204		43,201					722				45,128
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)					5,027								5,027
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)						800							800
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				776			105,976		268		294		107,313
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes								2,756					2,756
Pastizales, Pasto				1,231			669		245,749				247,648
Humedales										27,367			27,367
Asentamientos											39,229		39,229
Otras tierras												4,638	4,638
TOTALES	10,202	64,330	40,045	45,811	5,027	800	107,188	2,756	246,963	27,367	39,524	4,638	594,650

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Mapatón 2021.

Tabla. A.5. 19. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra año 2020 (superficie en ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT) Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros	Tierras forestales, Otros	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	
Tierras forestales, Bosque Maduro	1.458.834			0			0	0	1.977	0	0		1.460.811
Tierras forestales, Bosque Secundario		1.072.004		6.461	0		2.391	0	12.845	0	778	271	1.094.751
Tierras forestales, Manglar			117.543	0					160	28		116	117.846
Tierras forestales, Rastrojo		7.660	32	416.820			1.902	-	27.818	0	505	28	454.765
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)		0			37.195		0		0				37.195
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)				0		3.080			0				3.080
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				436	0		120.014	0	1.191	0	0		121.641
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes		0		158			0	19.608	64	0			19.830
Pastizales, Pasto			0	18.892	468	0	497	0	1.076.043	286	527	494	1.097.207
Humedales			0	320			0		722	112.757	0	84	113.883
Asentamientos				84				0	378	0	108.349		108.811
Otras tierras			0	-						28		7.966	7.994
TOTALES	1.458.834	1.079.664	117.574	443.172	37.663	3.080	124.805	19.608	1.121.197	113.099	110.160	8.960	4.637.815
0													
Tierras forestales, Bosque Maduro	741.002			0			0	0	999	0	0		742.001
Tierras forestales, Bosque Secundario		547.379		2.167	0		986	0	4.420	0	88	-	555.040
Tierras forestales, Manglar			49.924	0					104	-		-	50.028
Tierras forestales, Rastrojo		2.866	-	189.971			1.688	104	15.539	0	354	34	210.556
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)		0			12.388		0		0				12.388
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)				0		1.015			0				1.015
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				230	0		67.122	0	515	0	0		67.867
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes		0		35			0	17.232	69		0		17.335
Pastizales, Pasto			0	8.416	-	0	947	0	525.480	108	280	81	535.312
Humedales			0	-			0		-	47.189	0	-	47.189
Asentamientos				69				0	123	0	37.775		37.967
Otras tierras			0	346								4.067	4.413
TOTALES	741.002	550.245	49.924	201.233	12.388	1.015	70.743	17.335	547.250	47.297	38.498	4.182	2.281.112
0													
Tierras forestales, Bosque Maduro	52.897			0			0	0	80	0	0		52.977
Tierras forestales, Bosque Secundario		127.087		1.333	0		351	0	3.323	0	178	187	132.459
Tierras forestales, Manglar			15.343	0					-	-		-	15.343
Tierras forestales, Rastrojo		973	-	56.053			27	-	1.919	0	31	80	59.083
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)		0			3.230		0		0				3.230
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)				0		-			0				0
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				31	0		41.023	0	107	0	0		41.161
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes		0		-			0	1.573	-		0		1.573
Pastizales, Pasto			0	2.710	-	0	578	0	240.127	-	786	93	244.295
Humedales			0	-			0		107	19.244	0	147	19.497
Asentamientos				-				0	178	0	23.330		23.508
Otras tierras			0	-								1.524	1.524
TOTALES	52.897	128.060	15.343	60.127	3.230	0	41.978	1.573	245.841	19.244	24.325	2.031	594.650

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2023*.

Tabla. A.5. 20. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra año 2021 (superficie en ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT)	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque Secundario	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros	Tierras forestales, Otros	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	
Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final													
Tierras forestales, Bosque Maduro	1.456.781			509			0	0	1.543	-	0		1.458.834
Tierras forestales, Bosque Secundario		1.056.131		0	4.869		2.173	-	15.235	88	1.167	0	1.079.664
Tierras forestales, Manglar			117.134	286					98	56		0	117.574
Tierras forestales, Rastrojo		7.830	0	405.691			1.315	-	27.941	32	364	-	443.172
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)		0			37.567		0		96				37.663
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)				0		3.052			28				3.080
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				632	0		122.063	0	2.082	0	28		124.805
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes		32		-			0	19.548	28		0		19.608
Pastizales, Pasto			221	18.855	0	0	2.762	-	1.096.655	802	1.678	224	1.121.197
Humedales			88	0			0		222	112.761	0	28	113.099
Asentamientos				207					176	0	109.777		110.160
Otras tierras			84	32						56		8.788	8.940
TOTALES	1.456.781	1.063.993	117.528	426.211	42.437	3.052	128.313	19.548	1.144.103	113.795	113.014	9.040	4.637.815
0													
Tierras forestales, Bosque Maduro	740.325			-			0	0	607	69	0		741.002
Tierras forestales, Bosque Secundario		540.575		0	3.041		638	104	5.726	-	162	0	550.245
Tierras forestales, Manglar			49.870	-					54	-		0	49.924
Tierras forestales, Rastrojo		3.450	0	182.383			715	35	13.994	-	630	27	201.233
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)		0			12.294		0		94				12.388
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)				0		1.015			-				1.015
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				889	0		66.812	0	3.042	0	-		70.743
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes		-		69			0	17.266	-		0		17.335
Pastizales, Pasto			54	10.580	0	0	1.292	69	534.521	157	523	54	547.250
Humedales			-	0			0		108	47.189	0	-	47.297
Asentamientos				96				0	27	0	38.375		38.498
Otras tierras			-	-						-		4.182	4.182
TOTALES	740.325	544.025	49.924	194.017	15.335	1.015	69.456	17.474	558.173	47.415	39.689	4.263	2.281.112
0													
Tierras forestales, Bosque Maduro	52.897			-			0	0	-	-	0		52.897
Tierras forestales, Bosque Secundario		125.088		0	284		-	-	2.321	-	366	0	128.060
Tierras forestales, Manglar			15.263	-					-	80		0	15.343
Tierras forestales, Rastrojo		271	0	56.035			-	-	3.714	-	107	-	60.127
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)		0			3.230		0		-				3.230
Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)				0		-			-				0
Tierras agrícolas, Cultivos anuales				31	0		41.370	0	578	0	-		41.978
Tierras agrícolas, Cultivos permanentes		-		-			0	1.573	-		0		1.573
Pastizales, Pasto			-	1.777	0	0	502	-	242.940	222	400	-	245.841
Humedales			-	0			0		80	19.164	0	-	19.244
Asentamientos				-					84	0	24.241		24.325
Otras tierras			-	-						147		1.884	2.031
TOTALES	52.897	125.360	15.263	57.843	3.515	0	41.872	1.573	249.717	19.613	25.113	1.884	594.650

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Mapatón 2023.

ANEXO 5.2.3. Estimación del carbono acumulado en ecosistemas de manglar de Panamá.

Para realizar la estimación de la cantidad de carbono acumulado en los ecosistemas de manglar de Panamá se realizó una consulta bibliográfica donde, a partir de investigaciones e información secundaria, se identificó el contenido máximo de biomasa presente en los ecosistemas homólogos a los manglares panameños.

Las fuentes de información consultadas se citan en la Tabla A.3.20

Tabla. A.5. 20. Fuentes de información de investigaciones realizadas en Panamá

Fuente	Biomasa total (ton/ha)	Biomasa aérea (ton/ha)	Observaciones	Incertidumbre teórica
Catherine E. Lovelock, Ilka C. Feller, Karen I. McKee, and R. Thompson (2005) Variation in Mangrove Forest Structure and Sediment Characteristics in Bocas del Toro, Panama.	No reporta	194,30	El artículo reporta directamente el valor de biomasa	± 127,3 ton/ha
PNUD - MIAMBIENTE. 2017. Resultados finales de la implementación del Protocolo de Medición de Carbono en Manglares de los Distritos de Remedios, San Félix y San Lorenzo. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD, Ciudad del Saber, Panamá. 25p	698,13	160,57	El artículo reporta que el 23% del total, es aéreo. Se empleó este factor para realizar el cálculo	El error de muestreo total fue de 14%, con un intervalo de confianza al 95% para los datos presentados. La cobertura de manglar que corresponde a los tres distritos del área de estudio presenta un valor total de 4,588,744.45 ± 262.68 toneladas de carbono (tC) almacenado en un área total de 14,604.27 ha de cobertura de manglar.
Héctor M. Guzmán, Penelope A. G. Barnes, Catherine E. Lovelock, and Ilka C. Feller (2005) A Site Description of the CARICOMP Mangrove, Seagrass and Coral Reef Sites in Bocas del Toro, Panama	95,7	78,38	El artículo reporta 9.57 kg m ² en 1962. Se tomó el valor superior	19,1 ton/ha
Jessica Gross & Eric E. Flores & Luitgard Schwendenmann (2013) Stand Structure and Aboveground Biomass of a Pelliciera rhizophorae Mangrove Forest, Gulf of Montijo Ramsar Site, Pacific Coast, Panama (Citando el estudio La Palma, Darien, Panamá Este (1969))	279	228,50	Sin observación	No proporcionan una incertidumbre para la estimación de la biomasa del estudio citado

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente

A partir de la información consultada, se determinó que el promedio de datos homólogos de la biomasa aérea para Panamá es 165,44 ton/ha.

Para mejorar la estimación respecto a un factor fijo en el tiempo ajustado a partir de información de ecosistemas a nivel global, buscando un factor más representativo de la estructura de los manglares de Panamá, como lo recomienda el Nivel 1 de las directrices del IPCC 2006, su actualización del año 2019 y el Suplemento de humedales del 2013, y reconociendo el componente acumulativo de biomasa de los ecosistemas de manglar de acuerdo a un comportamiento logístico, se utilizó el modelo "The Chapman-Richards Generalization of Von Bertalanffy's Growth Model for Basal Area Growth and Yield in Even-Aged Stands" documentado por Pienaar, L.V., K.J. Turnbull (1973) en la revista Forest Science, donde las toneladas de carbono contenidas en la biomasa aérea se calculan a

partir de una función de crecimiento biológico sigmoideo que calcula la tasa de crecimiento de un bosque, siguiendo la siguiente ecuación:

$$CBA = MAX * [1 - EXP(-k * a)]^{1/(1-m)}$$

Donde:

CBA es el carbono contenido en la biomasa aérea (tC/ha)

MAX es la asíntota de la curva que indica el máximo de biomasa

EXP es la función exponencial de la curva

k y *m* son parámetros adimensionales de crecimiento

a es el número de años

Los parámetros que se tomaron como referencia para el ajuste del modelo al contexto de Panamá y que se encuentran en el archivo Excel adjunto (*m*, *k*) son citados del artículo "Assessment of mangrove ecosystems in Colombia and their potential for emissions reductions and restoration" realizado por Winrock International, en cabeza de : Bernal B., G. Sidman, T. Pearson (2017), en el cual se documenta las estimaciones de carbono en ecosistemas de manglar colombiano; estos manglares tienen características biofísicas homologables con los ecosistemas de manglar de Panamá. El procedimiento para la estimación de carbono acumulado en los manglares de Panamá tuvo como referencia el estudio de Winrock International (2017, citado en el párrafo anterior), el cual se describe de la siguiente manera:

Se realizó la proyección de la curva de Chapman y Richards, donde se estimó el incremento anual sobre dicha curva y se promedió dicho crecimiento por 20 años para obtener un nuevo valor de factor de emisión específico para el país, ajustado al comportamiento del crecimiento logístico con referencia en la máxima captura en los reportes de ecosistemas de manglar homologables a las condiciones biofísicas de Panamá.

Para obtener el carbono contenido en la biomasa subterránea se usaron tres métodos de cálculo para establecer el mejor para Panamá.

Tabla. A.5. 21. Métodos de cálculo que se usaron para Panamá

Fuente	Promedio de valores máximos teóricos de biomasa aérea (ton/ha)	Factor de absorción de carbono en biomasa aérea (tonC/ha/año)	Ecuación/Metodología	Promedio de valores máximos teóricos de biomasa subterránea (ton/ha)	Factor de absorción de carbono en biomasa Subterránea (tonC/ha/año)
Mokany, K., R.J. Raison, A.S. Prokushkin (2006), en el estudio "Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes" publicado por Global Change Biology 12: 84-96	165,44	4,37	$CBS = 0,489 * CBA^{0,89}$	46,12	1,82
Tabla 4.4, Capítulo 4 Tierras Forestales de las Directrices IPCC (Actualización 2019)	165,44	4,37	Relación R entre biomasa aérea y subterránea para Bosques Tropicales de Norte y Suramérica: 0,221	36,56	0,97
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (2019) Propuesta de Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC	165,44	4,37	$BS = exp^{-1,085+(0,9256 \ln BA)}$	38,23	1,32
PNUD - MiAMBIENTE. 2017. Resultados finales de la implementación del Protocolo de Medición de Carbono en Manglares de los Distritos de Remedios, San Félix y San Lorenzo. Proyecto Protección de Reservas y Sumideros de Carbono en los Manglares y Áreas Protegidas de Panamá. PNUD, Ciudad del Saber, Panamá. 25p	165,44	4,37	El porcentaje de acumulación de carbono en el componente bajo el suelo es de 77%, evidenciando mayor acumulación de carbono bajo el suelo de los manglares con respecto a los componentes aéreos (23 %), siendo este 3 veces más que en los componentes aéreos.	553,86	14,62

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente

A partir de lo anterior, se determinó que el valor más discreto para establecer la captura de carbono en biomasa subterránea es el basado en las Directrices del IPCC (actualización del 2019).

La suma del carbono contenido en la biomasa aérea y subterránea equivalen al total del carbono capturado por hectárea de la actividad. Si se desea obtener en tCO₂e se debe multiplicar ese valor por el área del escenario y por el factor de conversión 44/12.

Teniendo en cuenta la metodología anteriormente descrita, se concluye que el factor de absorción de carbono en biomasa aérea en los manglares de Panamá es 4.37 tonC/ha/año. Somos conscientes de esta que esta es una incipiente mejora en el factor de emisión y estamos comprometidos en la mejora continua del mismo.

ANEXO 5.2.4. Estimación del incremento medio anual de carbono con datos nacionales.

Para esta serie de inventario se realizó una revisión exhaustiva de todos los factores de emisión utilizados en las series anteriores.

En este nuevo inventario fue posible compilar lecciones aprendidas sobre la marcha y generadas como subproducto de los ejercicios de garantía de calidad y otras revisiones

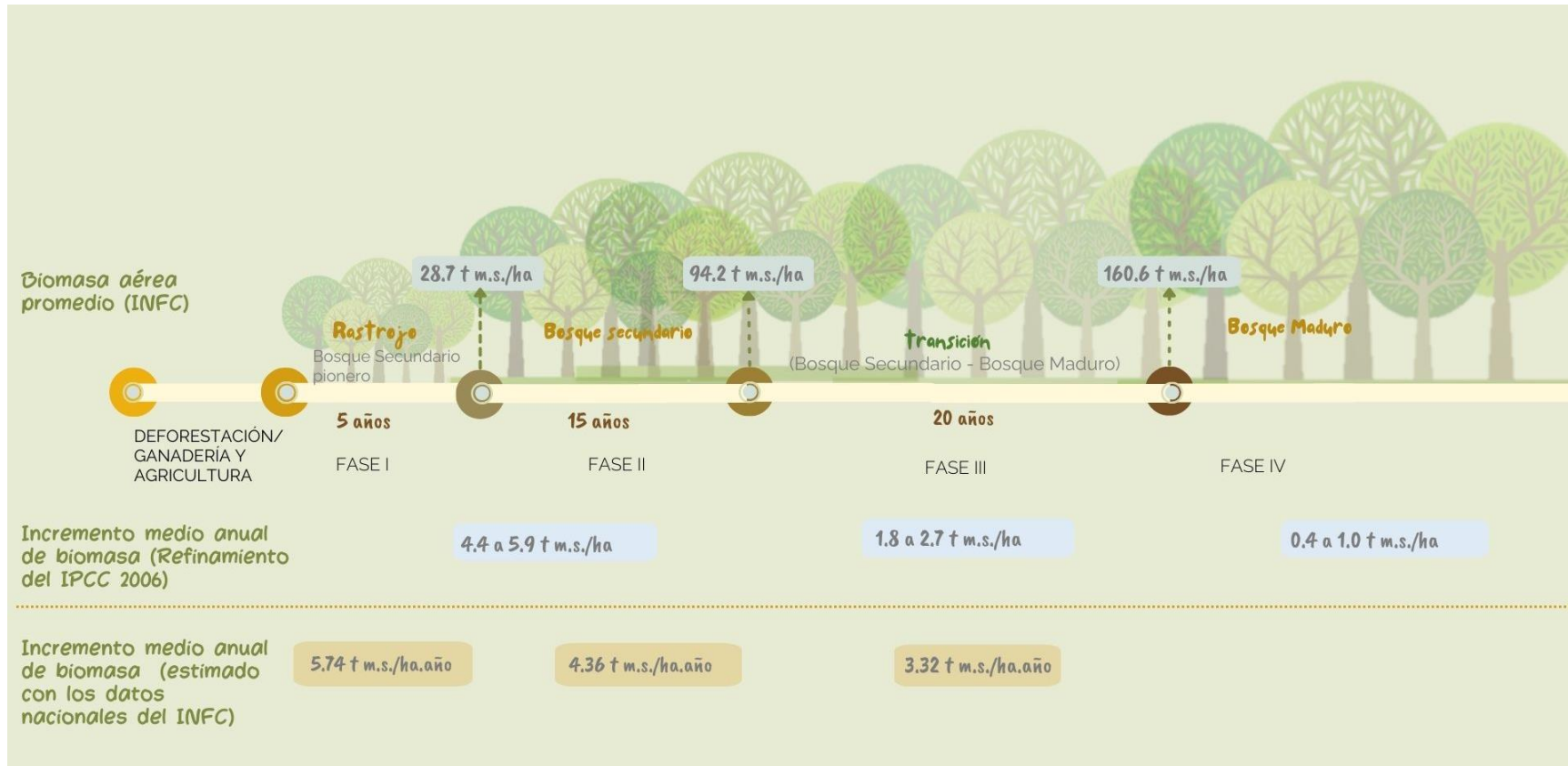
por expertos externos. Finalmente se decidió estimar valores para el crecimiento medio anual de las tierras forestales del país (en específico para Rastrojo, Bosques Secundarios y Maduros).

Anteriormente, los rastrojos tenían un valor de incremento medio anual de biomasa de 7.0, 11.0, y 7.0 para las regiones TM, TMH, y TH respectivamente. Dichos valores fueron cuestionados por expertos internacionales en el marco del apoyo de asistencia técnica que recibe el equipo por parte del USFS y Silvacarbon. En aras de mejorar las estimaciones, el equipo decidió aplicar las siguientes metodologías:

- Tomando en cuenta que los rastrojos representan un bosque pionero (como se puede observar en la Figuras A.1). Se tomó un valor general de 5 años como periodo de crecimiento. Del INFC se asignó el promedio de biomasa aérea total de 28.7 t.m.s/ha al periodo máximo de crecimiento, siendo éstos los cinco (5) años, y se aplicó una división simple. El resultado, 5.74 t.m.s/ha-año fue comparado con el valor del refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006, Cuadro 4.9 para bosques tropicales húmedos secundarios menores de 20 años, el cual presenta valores que van desde 4.4 para sistemas montañosos tropical y un valor de 5.9 para bosques húmedos tropicales. Es decir, el dato nacional se encuentra dentro del rango indicado. El equipo revisó estudios en la región para determinar si la asignación de una biomasa promedio de 28.7 t.m.s./ha en un periodo de cinco (5) años era un supuesto conservador, por ejemplo el estudio de (Aryal, De Jong, Ochoa-Gaona, Esparza-Olguin, & Mendoza-Vega, 2014), en México asigna un valor de biomasa aérea para una formación boscosa de 4 años de 24.93 (11.72 Mg C X 0.47), lo cual refleja que nuestro valor de 28.7 para cinco (5) años también es razonable.
- Para bosques secundarios, siguiendo la sucesión que se puede apreciar en la Figura 8.2. Se estimó un promedio de biomasa aérea total a los 20 años de haberse establecido el bosque de 94.2 t.m.s./ha; y se calculó la diferencia entre este valor y el total de biomasa promedio de los rastrojos a los cinco (5) años dividiendo por un periodo de 15 años (para sí completar los 20 años). Verificando en literatura, estudios realizados por (Neumann-Cosel, Zimmermann, Hall, van Breugel, & Elsenbeer, 2010) en Panamá y (Fonseca, Rey Benayas, & Alice, 2011) en Costa Rica, se pudo constatar que asumir un valor promedio de 94.2 t.m.s./ha resulta adecuado en este periodo de 20 años, igualmente se comparó con los datos del Cuadro 4.9 del refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 para bosques menores de 20 años.
- Cuando un bosque secundario cambia a maduro, se designa un periodo de transición de unos 20 años. En estos casos (los cuales no ocurren en esta serie de inventario), los datos del Cuadro 4.9 del refinamiento del IPCC nos brindan un valor de crecimiento medio anual de biomasa aérea de 1.8 a 2.7 ton.m.s./ha-año. (Bosques secundarios mayores a 20 años). Aplicando la diferencia de biomasa entre los 160.0 ton.m.s./ha-año (valor promedio de INFC para bosques maduros) y 94.2 ton.m.s./ha-año, divididos entre 20 años, tenemos que el incremento medio anual sería de unos aproximados 3.32 ton.m.s./ha-año, solo este dato es mayor al de las directrices, sin embargo, en esta serie no se utiliza. Para bosques maduros aplicamos el valor por defecto del refinamiento a las directrices del IPCC Cuadro 4.9, cuyo rango va de 0.4 a 1.0 t.m.s./ha-año.

Figura A. 1.

Diagrama de sucesión de las tierras forestales de Panamá y biomasa aéreas promedios en toneladas de materia seca por hectárea.



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2024

ANEXO 5.2.5. Factores de emisión y otros parámetros aplicados

Tabla. A.3. 22. Tierras Forestales: Valores de Factores de Emisión aplicados

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Fracción de carbono de la materia seca	CF	ton C tdm ⁻¹	D	Bosque Maduro	0,49	0,49	0,49	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.57, Cuadro 4.3
			D	Bosque Secundario	0,49	0,49	0,49	
			D	Manglar	0,45	0,45	0,45	Suplemento de Humedales. Cap. 4, Pag. 4.13, Cuadro 4.2
			D	Plantaciones, Latifoliadas	0,49	0,49	0,49	
			D	Plantaciones, Coníferas	0,49	0,49	0,49	Vol.4, Cap. 4, Pág. 4.57, Cuadro 4.3
			D	Rastrojos	0,47	0,47	0,47	
Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea	G _w	ton dm ha ⁻¹ . año ⁻¹	OTR	Bosque Maduro	0,50	1,00	0,40	Vol.4, Cap.4, Pág 4.34, Cuadro 4.9, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines
				(Bosque secundario a Bosque Maduro)	3,32	3,32	3,32	Dato nacional estimado con base al Inventario Nacional Forestal.
			OTR	Bosque Secundario	4,36	4,36	4,36	Dato nacional estimado con base al Inventario Nacional Forestal.
			OTR	Manglar	4,37	4,37	4,37	Propio del país. Consultoría Nacional (Anexos NIR)
			OTR	Plantaciones, Latifoliadas	4,00	12,43	9,96	El valor de TM proviene de las directrices del IPCC Cuadro 4.10, pág. 4.68. Sistemas montañosos tropicales. Otras de hoja ancha. Los valores del TMH y TH son datos nacionales con base en la consultoría de Herrera, C. 2020 y los factores BCEFs del cuadro 4.5 de las directrices del IPCC de 2006.
			OTR	Plantaciones, Coníferas	14,09	11,20	9,33	Para todas las regiones climáticas se usaron datos nacionales con base en la consultoría de Herrera, C. 2020 y los factores BCEFs del cuadro 4.5 de las directrices del IPCC de 2006.
Relación entre la biomasa subterránea y la aérea	R	(ton raíz dm. (ton dm) ⁻¹)	D	Bosque Maduro	0,28	0,22	0,28	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.18, Cuadro 4.4 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Con biomasa >125)
			D	Bosque Secundario	0,35	0,22	0,28	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.18, Cuadro 4.4, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Con biomasa aérea <125)

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Densidad básica de la madera	D	ton m ³	D	Manglar	0,49	0,49	0,49	Cap. 4, Pág. 4.13, Cuadro 4.5 Wetland Supplement 2013
			D	Plantaciones, Latifoliadas	0,21	0,17	0,17	Vol.4, Cap.4, Pág 4.18, Cuadro 4.4. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. Para el caso de plantaciones de coníferas se asume el mismo valor que para plantaciones.
			D	Plantaciones, Coníferas	0,21	0,17	0,17	
			D	Rastrojos	0,40	0,40	0,40	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.58, Cuadro 4.4
			OTR	Plantaciones, Latifoliadas	0,65	0,65	0,65	Chávez, E y Fonseca, W. 1991
			D	Plantaciones, Coníferas	0,51	0,51	0,51	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.77, Cuadro 4.13
			OTR	Leña	0,57	0,57	0,57	Datos estimados con la densidad de 22 especies utilizadas para leña en Panamá. Estimado por el equipo DCC.
Existencias de biomasa aérea	B-Bw	ton dm.ha ⁻¹	EP	Bosque Maduro	160,55	160,55	160,55	Datos nacionales (INFC)
			EP	Bosque Secundario	94,17	94,17	94,17	Informe de Asdrubal Calderon. Tabla 4.50. Promedios de biomasa por clase especial de CUT (Factores Emisión-Opción 1)
			EP	Manglar	75,67	75,67	75,67	
			D	Plantaciones, Latifoliadas	80,00	248,63	199,11	Información Nacional con base en datos de la Consultoría de Clementino Herrera 2020, y las directrices del IPCC de 2006, Cuadro 4.8 [TMH y TH provienen de la consultoría; y TM proviene de las directrices del IPCC]. El valor de TM en plantaciones latifoliadas es el promedio de 30-130=80 (del cuadro 4.8 en montañoso)
			D	Plantaciones, Coníferas	281,80	224,00	186,60	
			EP	Rastrojos	28,72	28,72	28,72	Datos nacionales (INFC)
			EP	Bosque Maduro	205,99	196,03	206,15	
Existencias de biomasa aérea y subterránea	C _G	ton dm.ha ⁻¹	EP	Bosque Secundario	0,00	114,98	120,96	Los datos de biomasa aérea son nacionales (INFC). La relación entre la biomasa aérea y subterránea son del Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.58, Cuadro 4.4. la de manglares del Cap. 4, Pág. 4.13, Cuadro 4.5
			EP	Manglar	112,75	112,75	112,75	
			EP	Plantaciones, Latifoliadas	96,40	290,90	232,96	
			EP	Plantaciones, Coníferas				
			EP	Rastrojos	40,21	40,21	40,21	
			OTR	Bosque Maduro	1,00	1,00	1,00	
Lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra	T	Año	OTR	Bosque Secundario	1,00	1,00	1,00	Criterio técnico (Consenso MiAMBIENTE). Dependiendo del sentido de la transición, es 1 o 20 años. Si hay pérdidas es 1 año (biomasa), pérdidas de carbono en suelos (20 años). Si es ganancia, en rastrojos (5
			OTR	Manglar	1,00	1,00	1,00	
			OTR	Plantaciones, Latifoliadas	1,00	1,00	1,00	
			OTR	Plantaciones, Latifoliadas	1,00	1,00	1,00	

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Existencias de carbono de referencia	SOC _{REF}	ton C ha ⁻¹	OTR	Plantaciones, Coníferas	1,00	1,00	1,00	años). Si es ganancia en bosques es 20 años.
			OTR	Rastrojos	1,00	1,00	1,00	
			D	Suelos de baja actividad	44,00	52,00	38,00	
			D	Suelos de alta actividad	51,00	60,00	40,00	
			D	Suelos volcánicos	96,00	77,00	70,00	
Factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen comerciable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza)	BCEF _r	ton remoción de biomasa.m ⁻³ de remociones	D	Suelos de humedales	82,00	49,00	68,00	Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.35, Cuadro 2.3. Refinamiento de 2019 de las directrices del IPCC del 2006
			D	Bosque Maduro	1,44	1,44	1,44	
			D	Bosque Secundario	2,28	1,67	1,67	
			D	Manglar	NA	2,28	2,28	
			D	Plantaciones de latifoliadas	1,89	1,05	1,05	
			D	Plantaciones de coníferas	0,77	0,77	0,77	
			D	Rastrojos	4,44	4,44	4,44	
Existencias de madera muerta/hojarasca	C _n -O	ton C ha ⁻¹	EP	Bosque Maduro	8,14	8,14	8,14	Datos nacionales (INFC)Tabla 4.49. Promedios de carbono para el sistema especial de CUT de Factores de Emisión (Opción 1) Informe de Asdrubal Calderón
			EP	Bosque Secundario	5,65	5,65	5,65	
			EP	Manglar	4,22	4,22	4,22	
			EP	Plantaciones, Latifoliadas	9,20	19,60	13,90	Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.35, Cuadro 2.2. Refinamiento de 2019 de las directrices del IPCC del 2006. Para plantaciones coníferas y latifoliadas en Tropical montano no hay data para hojarasca, solo para madera muerta se tomó el valor de 3,3. de "All vegetation type" y se tomó el dato de hojarasca de la zona tropical húmedo (5,9 y 4,3 para latifoliadas y coníferas respectivamente)
			EP	Plantaciones, Coníferas	18,10	6,60	18,20	
			EP	Rastrojos	4,99	4,99	4,99	
			EP	Rastrojos	4,99	4,99	4,99	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F _{LU}	(-)	D	Bosques	1,00	1,00	1,00	Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.43. Sección 5.3.3.2 par. 1
			D	Plantaciones	1,00	1,00	1,00	

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
			D	Rastrojos	1,00	1,00	1,00	Este valor aplica cuando hay conversiones de bosque a rastrojo. Y tierras de cultivo perenne y pastos no degradados (pastos mejorados)
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F _{MG}	(-)	D	Bosques	1,00	1,00	1,00	
			D	Plantaciones	1,00	1,00	1,00	
			D	Rastrojos	1,00	1,00	1,00	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F _I	(-)	D	Bosques	1,00	1,00	1,00	
			D	Plantaciones	1,00	1,00	1,00	
			D	Rastrojos	1,00	1,00	1,00	
Fracción de biomasa perdida en la perturbación	fd		EP	Bosque Maduro	0,36	0,36	0,36	Guías del IPCC, refinamiento. Tabla 2.6 pág.2.55 Primary tropical moist forest. CUADRO 3A.1.12 Guía de Buenas Prácticas para el sector UTCUTS. Todos los bosques tropicales primarios.
			EP	Bosque Secundario	0,55	0,55	0,55	Guías del IPCC, refinamiento. Tabla 2.6 pág. 2.55 (14-17 años); CUADRO 3A.1.12 Guía de Buenas Prácticas para el sector UTCUTS.
			EP	Manglar	0,00	0,36	0,36	Guías del IPCC, refinamiento. Tabla 2.6 pág. 2.55. All primary tropical forest. Verificado con CUADRO 3A.1.12 Guía de Buenas Prácticas para el sector UTCUTS. Todos los bosques tropicales primarios.
			EP	Plantaciones, Latifoliadas	0,55	0,55	0,55	En virtud de que el refinamiento no provee datos para combustión de plantaciones, por el momento se usará el factor de combustión para bosque secundario. Guías del IPCC, refinamiento. Tabla 2.6 pág. 2.55 All secondary tropical forests
			EP	Plantaciones, Coníferas	0,55	0,55	0,55	
			EP	Rastrojos	0,46	0,46	0,46	Guías del IPCC, refinamiento. Tabla 2.6 pág. 2.55 Secondary forest 0-5 years
Factor de emisión asociado con revegetación de manglares	EF _{wet}	ton C ha ⁻¹ yr ⁻¹	D	Manglar	-1,62	-1,62	-1,62	Cap. 4, Cuadro 4.12, Pág. 4.29 2013 Wetland Supplement
Factor de emisión CH ₄ para la estimación de nivel 1 suelo rehumedecido	Ef _{wet}	(kg CH ₄ ha ⁻¹ yr ⁻¹)	D	Manglar	NA	193,70	193,70	Cap. 4, Cuadro 4.14, Pág. 4.34 2013 Wetland Supplement
Factor de emisión de NO ₂ de acuicultura en manglares	EF _f	kg NO ₂ - N*kg peces producidos	D	Manglar	0,00169	0,00169	0,00169	Página 4.35, Cuadro 4.15 del capítulo 4 del suplemento de humedales costeros del IPCC 2013.

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Reservas de carbono en el suelo por unidad de área, inmediatamente antes de la conversión	SOC (antes)	ton C ha-1	D	Manglar	286,00	286,00	286,00	Cuadro 4.11 del capítulo 4 del suplemento de humedales costeros del IPCC 2013.
Reservas de carbono en el suelo por unidad de área, inmediatamente antes de la conversión	SOC (antes)	ton C ha-1	PE	Manglar	224,43	224,43	224,43	País específico: Resultados finales de la implementación del Protocolo de Medición de Carbono en Ecosistemas de Manglares en los Distritos de Remedios, San Félix y San Lorenzo, provincia de Chiriquí (2017)

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 2024.

Nota: D (IPCC por defecto); EP (Específico del País); OTR (Otro); NO (No Ocurre);

Tabla. A.5. 23. Tierras de Cultivo: Valores de Factores de Emisión aplicados

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Pérdida de carbono en la biomasa aérea	L	ton C ha ⁻¹	EP	Cultivos anuales	4,70	4,70	4,70	Datos nacionales (INFC)
			D	Cultivo perenne	23,99	23,99	23,99	Datos nacionales (INFC). Biomasa aérea por fracción de carbono
Tasa de acumulación de biomasa (G)	G	ton C ha ⁻¹ . año ⁻¹	D	Cultivos anuales	5,00	5,00	5,00	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.51. Cuadro 2.4
			D	Cultivo perenne	2,40	2,40	2,40	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.10, Cuadro 5.1 Refinamiento de 2019 de las directrices del IPCC del 2006
Existencias de carbono de referencia (SOCREF)	SOCREF	ton C ha ⁻¹	D	Suelos de baja actividad	44,00	52,00	38,00	Vol. 4. Cap. 2, Pág. 2.35, Cuadro 2.3. Refinamiento de 2019 de las directrices del IPCC del 2006
			D	Suelos de alta actividad	51,00	60,00	40,00	
			D	Suelos volcánicos	96,00	77,00	70,00	
			D	Suelos de humedales	82,00	49,00	68,00	
Factor de cambio de existencias para el sistema o subsistema de uso de la tierra	F _{LU}	(-)	D	Cultivo anual	0,64	0,48	0,48	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.20. Cuadro 5.5
			D	Arroz bajo fangueo	1,10	1,10	1,10	
			D	Cultivo de perenne	1,00	1,00	1,00	
			D	De reserva < de 20 años (Rastrojos)	0,88	0,82	0,82	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F _{MG}	(-)	D	Total	1,00	1,00	1,00	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.20, Cuadro 5.5
			D	Reducido	1,09	1,15	1,15	
			D	Sin laboreo	1,16	1,22	1,22	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F _I	(-)	D	Bajo	0,94	0,92	0,92	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.20, Cuadro 5.5
			D	Medio	1,00	1,00	1,00	
			D	Alto sin estiércol	1,08	1,11	1,11	
			D	Alto con estiércol	1,41	1,44	1,44	
Reservas de biomasa	B	ton dm ha ⁻¹	EP	Cultivo anual	9,59	9,59	9,59	Datos nacionales (INFC)
			EP	Cultivo perenne	48,96	48,96	48,96	
Existencias de biomasa leñosa aérea y subterránea		ton dm ha ⁻¹	EP	Cultivo anual	11,71	11,71	11,71	Datos nacionales (INFC). La relación raíz/biomasa aérea son valores del bosque secundario del refinamiento 2019.
			EP	Cultivo perenne	59,78	59,78	59,78	
Fracción de carbono de la materia seca	CF	ton C.ton dm ⁻¹	D	Cultivo anual y perenne (biomasa leñosa)	0,49	0,49	0,49	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.57. Cuadro 4.3

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
			D	Cultivo anual y perenne (biomasa no leñosa)	0,47	0,47	0,47	
Existencia de carbono en la biomasa en tierras de cultivo al año siguiente de la conversión	ΔC_G	ton C ha ⁻¹	D	Cultivo anual	5,00	5,00	5,00	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.51. Cuadro 2.4
			D	Cultivo perenne	2,40	2,40	2,40	Refinamiento 2019 de las directrices del IPCC 2006 Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.33. Cuadro 5.2 (Shaded perennial, 20 años)
Reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa leñosa aérea	ΔC_L	ton C ha ⁻¹	D	Cultivo anual	9,59	9,59	9,59	
			D	Cultivo perenne	48,96	48,96	48,96	Datos nacionales (INFC)
Existencias de madera muerta/hojarasca	Co-n	tonC.ha-1	EP	Cultivo anual	3,49	3,49	3,49	
			EP	Cultivo perenne	1,97	1,97	1,97	Datos nacionales - INFC
Lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra	T _{on}	(año)	D	Cultivo anual	1,00	1,00	1,00	Valor por defecto
			D	Cultivo perenne	1,00	1,00	1,00	
Existencias de biomasa subterránea		ton dm ha ⁻¹	EP	Cultivo anual	3,34	2,12	2,73	Datos nacionales (INFC). Biomasa aérea por fracción de raíz del bosque secundario.
			EP	Cultivo perenne	17,04	10,82	13,93	
Existencias de madera muerta		tonC.ha-1	EP	Cultivo anual	3,20	3,20	3,20	Datos nacionales - INFC
			EP	Cultivo perenne	1,67	1,67	1,67	
Existencias de hojarasca		tonC.ha-1	EP	Cultivo anual	0,29	0,29	0,29	Datos nacionales - INFC
			EP	Cultivo perenne	0,30	0,30	0,30	
Masa de combustible disponible para la combustión. Tierras de cultivo.	MB		D	Residuos de maíz	10,00	10,00	10,00	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.52. Cuadro 2.4
			D	Residuos de arroz	5,50	5,50	5,50	Los valores de la tabla corresponden al producto de la biomasa por el factor de combustión. Mb * Cf. Si se usa este valor el valor de Cf en la tabla de cálculo debe ser 1.
			D	Caña de azúcar	6,50	6,50	6,50	
Factor de combustión	C _i		D	Residuos de maíz	0,80	0,80	0,80	
			D	Residuos de arroz	0,80	0,80	0,80	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.54. Cuadro 2.6
			D	Caña de azúcar	0,80	0,80	0,80	

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 2024.

Nota: D (IPCC por defecto); EP (Específico del País); OTR (Otro); NO (No Ocurre).

ANEXO 6. Tablas comunes de reporte (CRT, por sus siglas en inglés)

En el momento de la validación sectorial del informe, la herramienta para la presentación de los Cuadros Comunes de Reporte (CRT, por sus siglas en inglés) no se encontraba disponible para la presentación electrónica de la información. Por lo tanto, la presentación de estos cuadros se realizará de manera oportuna tan pronto como se tenga acceso a la herramienta.

Es importante destacar que las tablas de reporte actuales, compiladas en el subsistema de documentación y archivo y también están disponibles en el [ANEXO DIGITAL](#), contienen la información requerida por la CMNUCC y cuentan con la codificación adecuada para facilitar su adaptación a la herramienta de CRT una vez que esté disponible.

DIN²⁰²⁴