

IIN 2022

# INFORME DE INVENTARIO NACIONAL 2022



Para la elaboración de este documento se contó con el apoyo económico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a partir del proyecto “Desarrollo de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC”.



ISBN: 978-9962-8556-4-4



9 789962 855644

# CRÉDITOS Y AUTORÍAS

## Créditos del *Informe de Inventario Nacional 2022 que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2019*

### **Autoridades**

#### **Ministerio de Ambiente**

#### **Ministerio de Ambiente**

Milciades Concepción  
**Ministro de Ambiente**

Diana Laguna  
**Viceministra de Ambiente**

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

#### **Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo**

María del Carmen Sacasa  
**Representante Residente**

Jessica Young  
**Gerente País de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Sostenible**  
José de Gracia  
**Coordinador de Proyecto**

Anarela Sánchez  
**Asociada de Programas**

René López  
**Coordinador Senior de Proyectos de Cambio Climático**

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

#### **Coordinación técnica**

Javier Martínez  
**Jefa del Departamento de Mitigación (2023-Presente)**

Ana Domínguez  
**Jefa del Departamento de Mitigación (2022-2023)**

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

Ana Moreno  
**Diseño gráfico**

## **Autorías del Informe de Inventario Nacional 2022 que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2019**

### **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 2000-2019**

Melani Acosta y Javier Martínez, Ministerio de Ambiente

### **CAPÍTULO 2. TENDENCIA NACIONAL DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ**

Melani Acosta, Ministerio de Ambiente

### **CAPÍTULO 3. SECTOR ENERGÍA**

Carolina Velásquez Arias y Gabriela Santamaría, Ministerio de Ambiente

#### **Agradecimientos**

- Ministerio de Ambiente: Juan Lucero
- Autoridad Marítima de Panamá: Eliseo Carrizo
- Secretaría Nacional de Energía: Oscar Gálvez, Carlos Iglesias, Carlos Rivera

### **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: Oscar Gálvez, Carlos Iglesias
- Cemex Panamá: Beatriz Ho
- Calizas Finas Chiriquí

### **CAPÍTULO 5. SECTOR AGRICULTURA**

Yuriza Guerrero, Ministerio de Ambiente

#### **Agradecimientos**

- Ministerio de Ambiente: Raúl Gutiérrez
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario: Héctor Pérez y Carlos Cornejo

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

Yoisy Belén Castillo e Isaías Martínez, Ministerio de Ambiente

#### **Agradecimientos**

- Ministerio de Ambiente: Raúl Gutiérrez y Angela Jiménez
- Marcial Arias

### **CAPÍTULO 7. SECTOR RESIDUOS**

Javier Martínez y Melani Acosta, Ministerio de Ambiente

#### **Agradecimientos:**

- Consultores: Lilian Ayala
- Manuel López (Coclé), Rolando Ruiloba (Veraguas) y Sila Boya (Chiriquí), Direcciones Regionales de MiAMBIENTE

### **CAPÍTULO 8. NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INVENTARIO**

Melani Acosta, Ministerio de Ambiente

### **ANEXOS**

Yoisy Belén Castillo, Yuriza Guerrero, Javier Martínez, Melani Acosta, Ministerio de Ambiente

# CONTENIDOS

CONTENIDOS	5
PRÓLOGO	14
RESUMEN EJECUTIVO	16
RE.1. INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 2000-2019	16
RE.1.1. Contexto y antecedentes sobre los inventarios nacionales de GEI	16
RE.1.1.1. Arreglos nacionales de Panamá para el INGEI	18
RE.1.4. Análisis de categorías principales	29
RE.1.5. Evaluación general de la incertidumbre	32
RE.1.6. Evaluación general de la exhaustividad	32
RE.2. TENDENCIA NACIONAL DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ	36
RE.2.1. Descripción de las emisiones y absorciones de GEI de 2017	36
RE.2.2. Descripción e interpretación de la tendencia de GEI por sector	39
RE.2.3. Descripción e interpretación de la tendencia por GEI	41
RE.3. SECTOR ENERGÍA (FCR 1)	43
RE.3.1. Panorama general del sector	43
RE.3.2. Actividades de quema de combustibles (FCR 1.A)	44
RE.4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (FCR 2)	53
RE.4.1. Panorama general del sector	53
RE.4.2. Industria de los minerales (FCR 2.A)	55
RE.4.3. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (FCR 2.D)	56
RE.4.4. Uso de productor sustitutos de las SAO (FCR 2.F)	56
RE.5. SECTOR AGRICULTURA (FCR 3)	57
RE.5.1. Panorama general del sector	57
RE.5.2. Fermentación entérica (FCR 3.A)	59
RE.5.3. Gestión del estiércol (FCR 3.B)	60
RE.5.4. Cultivo del arroz (FCR 3.C)	61
RE.5.5. Suelos agrícolas (FCR 3.D)	62
RE.5.6. Quema de residuos agrícola en el campo (FCR 3.F)	63
RE.5.7. Encalado (FCR 3.G)	64
RE.5.8. Aplicación de urea (FCR 3.H)	64
RE.6. SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (FCR 4)	65
RE.6.1. Panorama general del sector	65
RE.6.2. Definiciones de uso de la tierra y los sistemas de clasificación	66
RE.6.3. Métodos utilizados para la representación de las tierras	68
RE.6.4. Tierras forestales (FCR 4.A)	69
RE.6.5. Tierras de cultivo (FCR 4.B)	71
RE.6.6. Pastizales (FCR 4.C)	71
RE.6.7. Humedales (FCR 4.D)	72
RE.6.8. Asentamientos (FCR 4.E)	73
RE.6.9. Otras tierras (FCR 4.F)	73
RE.7. SECTOR RESIDUOS (FCR 5)	73
RE.7.1. Panorama general del sector	73
RE.7.2. Disposición de residuos sólidos (FCR 5.A)	74
RE.7.3. Tratamiento y eliminación de aguas residuales (FCR 5.D)	75
RE.8. NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INGEI	75
RE.8.1. Justificación e implicancias de los nuevos cálculos	75
RE.8.2. Aspectos relevantes en los nuevos cálculos y plan de mejora	76
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 2000 - 2019	82
1.1. CONTEXTO Y ANTECEDENTES SOBRE LOS INVENTARIOS NACIONALES DE GEI	82
1.1.1. Arreglos nacionales de Panamá para el INGEI	85
1.2. ELABORACIÓN DEL INGEI 2000-2019	88
1.2.1. Generalidades de la planificación, elaboración y gestión del inventario	91
1.2.2. Subsistema de calidad	91
1.2.3. Cambios de los arreglos nacionales respecto al INGEI previo	93
1.2.4. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	94
1.3. METODOLOGÍAS, MÉTODOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN	95
1.3.1. Métodos y fuentes de información del sector Energía	101
1.3.2. Métodos y fuentes de información del sector IPPU	101

1.3.3.	Métodos y fuentes de información del sector Agricultura.....	102
1.3.4.	Métodos y fuentes de información del sector UTCUTS.....	102
1.3.5.	Métodos y fuentes de información del sector Residuos.....	103
1.3.6.	Sistemas de medición .....	104
1.4.	ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES.....	104
1.5.	EVALUACIÓN GENERAL DE LA INCERTIDUMBRE .....	107
1.6.	EVALUACIÓN GENERAL DE LA EXHAUSTIVIDAD .....	108
<b>CAPÍTULO 2.</b>	<b>TENDENCIA NACIONAL DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ.....</b>	<b>114</b>
2.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI DE 2017 .....	114
2.2.	DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA TENDENCIA DE GEI POR SECTOR.....	117
2.3.	DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA TENDENCIA POR GEI.....	119
<b>CAPÍTULO 3.</b>	<b>SECTOR ENERGÍA (FCR 1) .....</b>	<b>122</b>
3.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR .....	122
3.1.1.	Descripción del sector.....	122
3.1.2.	Tendencia de los GEI del sector .....	122
3.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector .....	126
3.2.	ACTIVIDADES DE QUEMA DE COMBUSTIBLES (FCR 1.A) .....	131
3.2.1.	Descripción de la categoría.....	131
3.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	132
3.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	132
3.2.4.	Comparación entre el Método sectorial y el Método de referencia .....	135
3.2.5.	Tanques de combustible internacional .....	138
3.2.6.	Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos .....	140
3.2.7.	Materias primas y uso no energético de los combustibles .....	142
3.2.8.	Industrias de la energía (FCR 1.A.1).....	142
3.2.9.	Industrias manufactureras y de la construcción (FCR 1.A.2).....	150
3.2.10.	Transporte (FCR 1.A.3) .....	156
3.2.11.	Otros sectores (FCR 1.A.4) .....	163
3.3.	EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES (FCR 1.B) .....	168
3.4.	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE CO <sub>2</sub> (FCR 1.C) .....	168
<b>CAPÍTULO 4.</b>	<b>SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (FCR 2) .....</b>	<b>170</b>
4.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR .....	170
4.1.1.	Descripción del sector.....	170
4.1.2.	Tendencia de los GEI del sector .....	171
4.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector .....	178
4.2.	INDUSTRIA DE LOS MINERALES (FCR 2.A) .....	181
4.2.1.	Descripción de la categoría.....	181
4.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	182
4.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	182
4.2.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	184
4.2.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	185
4.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	186
4.2.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	186
4.3.	INDUSTRIA QUÍMICA (FCR 2.B).....	187
4.4.	INDUSTRIA DE LOS METALES (FCR 2.C).....	187
4.5.	PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y USO DE SOLVENTES (FCR 2.D) .....	187
4.5.1.	Descripción de la categoría.....	187
4.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	188
4.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	189
4.5.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	192
4.5.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	192
4.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	193
4.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	193
4.6.	INDUSTRIA ELECTRÓNICA (FCR 2.E).....	194
4.7.	USO DE PRODUCTOR SUSTITUTOS DE LAS SAO (FCR 2.F) .....	194
4.7.1.	Descripción de la categoría.....	194
4.7.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	195
4.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	195
4.7.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	199
4.7.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría.....	201
4.7.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	201
4.7.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	202
4.8.	MANUFACTURA Y UTILIZACIÓN DE OTROS PRODUCTOS (FCR 2.G) .....	202
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>SECTOR AGRICULTURA (FCR 3) .....</b>	<b>204</b>
5.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR .....	204

5.1.1.	Descripción del sector.....	204
5.1.2.	Tendencia de los GEI del sector .....	204
5.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector .....	209
5.2.	FERMENTACIÓN ENTÉRICA (FCR 3.A) .....	210
5.2.1.	Descripción de la categoría.....	210
5.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	210
5.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	212
5.2.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría .....	215
5.2.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	216
5.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	217
5.2.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	218
5.3.	GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (FCR 3.B) .....	218
5.3.1.	Descripción de la categoría.....	218
5.3.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	219
5.3.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	221
5.3.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	226
5.3.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	227
5.3.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	228
5.3.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	229
5.4.	CULTIVO DEL ARROZ (FCR 3.C).....	230
5.4.1.	Descripción de la categoría.....	230
5.4.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	230
5.4.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	231
5.4.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría .....	234
5.4.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	234
5.4.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	235
5.4.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	235
5.5.	SUELOS AGRÍCOLAS (FCR 3.D) .....	235
5.5.1.	Descripción de la categoría.....	235
5.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	236
5.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	238
5.5.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría .....	245
5.5.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	245
5.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	246
5.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	247
5.6.	QUEMA PRESCRITA DE SABANAS (FCR 3.E).....	247
5.7.	QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLA EN EL CAMPO (FCR 3.F) .....	248
5.7.1.	Descripción de la categoría.....	248
5.7.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	248
5.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	249
5.7.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría .....	251
5.7.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	252
5.7.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	253
5.7.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	253
5.8.	ENCALADO (FCR 3.G) .....	253
5.8.1.	Descripción de la categoría.....	253
5.8.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	253
5.8.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	254
5.8.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría .....	256
5.8.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	256
5.8.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	257
5.8.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	257
5.9.	APLICACIÓN DE UREA (FCR 3.H).....	257
5.9.1.	Descripción de la categoría.....	257
5.9.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	258
5.9.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	259
5.9.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría .....	260
5.9.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	260
5.9.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	261
5.9.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	261
5.10.	OTROS FERTILIZANTES QUE CONTIENEN CARBONO (FCR 3.I).....	261
CAPÍTULO 6.	SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (FCR 4).....	263
6.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR .....	263
6.1.1.	Descripción del sector.....	263
6.1.2.	Tendencia de los GEI del sector .....	263
6.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector .....	267

6.2.	DEFINICIONES DE USO DE LA TIERRA Y LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN .....	271
6.2.1.	Clasificación de las categorías de uso de la tierra .....	272
6.2.2.	Clasificación de las regiones climáticas .....	274
6.2.3.	Clasificación de los tipos de suelo .....	275
6.3.	MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA REPRESENTACIÓN DE LAS TIERRAS .....	275
6.4.	TIERRAS FORESTALES (FCR 4.A).....	279
6.4.1.	Descripción de la categoría.....	279
6.4.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	282
6.4.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	286
6.4.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	296
6.4.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	297
6.4.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	299
6.4.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	300
6.5.	TIERRAS DE CULTIVO (FCR 4.B).....	301
6.5.1.	Descripción de la categoría.....	301
6.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	302
6.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	303
6.5.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	306
6.5.5.	Actividades de GCCV de la categoría .....	307
6.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	308
6.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	308
6.6.	PASTIZALES (FCR 4.C).....	308
6.6.1.	Descripción de la categoría.....	308
6.6.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	309
6.6.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	310
6.6.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	312
6.6.5.	Actividades de GCCV de la categoría .....	313
6.6.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	314
6.6.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	314
6.7.	HUMEDALES (FCR 4.D) .....	314
6.7.1.	Descripción de la categoría.....	314
6.7.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	315
6.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	316
6.7.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	317
6.7.5.	Actividades de GCCV de la categoría .....	318
6.7.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	318
6.7.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	318
6.8.	ASENTAMIENTOS (FCR 4.E) .....	319
6.8.1.	Descripción de la categoría.....	319
6.8.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	319
6.8.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	320
6.8.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	321
6.8.5.	Actividades de GCCV de la categoría .....	322
6.8.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	322
6.8.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	323
6.9.	OTRAS TIERRAS (FCR 4.F).....	323
6.10.	PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA (FCR 4.G) .....	323
CAPÍTULO 7.	SECTOR RESIDUOS (FCR 5) .....	325
7.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR .....	325
7.1.1.	Descripción del sector.....	325
7.1.2.	Tendencia de los GEI del sector .....	326
7.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector .....	329
7.2.	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (FCR 5.A) .....	330
7.2.1.	Descripción de la categoría.....	330
7.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	331
7.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	331
7.2.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	339
7.2.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	340
7.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	341
7.2.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	341
7.3.	TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS (FCR 5.B).....	342
7.4.	INCINERACIÓN Y QUEMA ABIERTA DE RESIDUOS (FCR 5.C) .....	342
7.5.	TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (FCR 5.D).....	342
7.5.1.	Descripción de la categoría.....	342
7.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	343
7.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	343

7.5.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría .....	348
7.5.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	349
7.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría .....	349
7.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	350
<b>CAPÍTULO 8.</b>	<b>NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INGEI .....</b>	<b>352</b>
8.1.	JUSTIFICACIÓN E IMPLICANCIAS DE LOS NUEVOS CÁLCULOS .....	352
8.2.	ASPECTOS RELEVANTES EN LOS NUEVOS CÁLCULOS Y PLAN DE MEJORA .....	353
8.2.1.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Energía .....	353
8.2.2.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector IPPU .....	355
8.2.3.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Agricultura .....	357
8.2.4.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS .....	358
8.2.5.	Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Residuos .....	360
REFERENCIAS	.....	363
ANEXOS	.....	368
ANEXO 1.	CATEGORÍAS PRINCIPALES.....	369
ANEXO 2.	EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE.....	410
ANEXO 3.	.....	420
ANEXO 3.1.	Sector Agricultura .....	420
ANEXO 3.2.	Sector UTCUTS .....	422
ANEXO 3.2.1.	RESUMEN DE LOS CAMBIOS DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO .....	422
ANEXO 3.2.2.	MATRICES DE USO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA .....	430
ANEXO 3.2.3.	MATRIZ DE CONFUSIÓN .....	437
ANEXO 3.2.4.	ESTIMACIÓN DEL CARBONO ACUMULADO EN ECOSISTEMAS DE MANGLAR DE PANAMÁ .....	437
ANEXO 3.2.5.	FACTORES DE EMISIÓN Y OTROS PARÁMETROS APLICADOS .....	441
ANEXO 3.3.	Sector Residuos.....	450

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AAUD	Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario
ACODECO	Autoridad de Protección al Consumidor y Defensa de la Competencia
ACP	Autoridad del Canal de Panamá
AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, siglas en inglés
AMP	Autoridad Marítima de Panamá
ANA	Autoridad Nacional de Aduanas de Panamá
ANARAP	Asociación Nacional de Reforestadores y Afines de Panamá
ANAVID	Asociación Nacional de Avicultores de Panamá
AR2	Segundo Informe de Evaluación del IPCC, siglas en inglés
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC, siglas en inglés
ASEP	Autoridad Nacional de Servicios Públicos
BA	Suelo de arcilla de baja actividad
BEN	Balance Energético Nacional
BEP	Barril equivalente de petróleo
BEU	Balance de Energía Útil
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
B <sub>0</sub>	Capacidad máxima de producción de metano
C	Confidencial (clave de notación) o carbono
CDN	Contribución determinada a nivel nacional
CDN1	Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional Actualizada de Panamá
CEC	Cambio entre categorías
CH <sub>4</sub>	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 <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de carbono equivalente
CONACCP	Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá
COP	Conferencia de las Partes, sigla en inglés
COPE	Comisión de Política Energética
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
DIAM	Dirección de Información Ambiental
DIFOR	Dirección Forestal del Ministerio de Ambiente de Panamá
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
EMAS	Empresa Metropolitana de Aseo
ETESA	Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.
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
FCR	Formato común de reporte de la RedINGEI
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
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
IIN 2022	Informe del inventario nacional 2022 que incluye el inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá 2000-2019
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
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
LKD	Polvo de horno de cal, siglas en inglés
LU	Uso de la tierra, sigla en inglés

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
MOM	Materia orgánica muerta
N	Nitrógeno
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NA	No aplica (clave de notación)
NAMA	Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas
NE	No estimadas (clave de notación)
Nex	Excreción de nitrógeno
NF <sub>3</sub>	Trifluoruro de nitrógeno
NH <sub>3</sub>	Amoniaco
NO	No ocurre (clave de notación)
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
NREF	Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales
ODU	Oxidación durante uso
OER	Oficina de Electrificación Rural de Panamá
OIMT	Organización Internacional de Maderas Tropicales
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OT	Otros factores de emisión
PCG	Potencial de calentamiento global
PE	País específico para los factores de emisión
PFC	Perfluorocarbonos
PIB	Producto Interno Bruto
PNGIR	Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RedINGEI	Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero
RSCP	Relleno Sanitario de Cerro Patacón
RSED	Relleno Sanitario El Diamante
RTH	Región Tropical Húmeda
RTM	Región Tropical Montana
RTMH	Región Tropical Muy Húmeda
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
SBP	Superintendencia de Bancos de Panamá
SDRS	Sitios de disposición de residuos sólidos

SF6	Hexafluoruro de azufre
SGE	Sistemas de gestión de estiércol
SIECA	Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica
siePanamá	Sistema de Información Energética de Panamá
SIG	Sistema de información geográfica
SNE	Secretaría Nacional de Energía de Panamá
SO2	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
TAM	Masa animal típica
TH	Clima tropical húmedo
TJ	Terajulio
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
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, siglas en inglés
UTCUTS	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (sector)
VCN	Valor calórico neto
VOL	Suelos volcánicos
WRB	Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo, siglas en inglés

## PRÓLOGO

Como Ministro de Ambiente, me enorgullece presentar el Informe de Inventario Nacional 2022, el cual proporciona una visión completa de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en nuestro país. Este informe se erige como una herramienta esencial para seguir nuestro progreso en la consecución de nuestros objetivos climáticos.

Con esta segunda edición del informe, fortalecemos la institucionalización del proceso de elaboración de inventarios, garantizando su consistencia y calidad a lo largo del tiempo. Hemos clarificado los roles y responsabilidades de las partes involucradas, lo que mejora la eficiencia y productividad de la institución. Es crucial resaltar que este informe fue desarrollado principalmente por expertos nacionales, con algunas adiciones con respecto al primer informe, en el que la mayoría de los colaboradores son jóvenes y mujeres.

Este reporte subraya una vez más la importancia de los bosques panameños en la captura de emisiones de gases de efecto invernadero. Las emisiones del país son inferiores a las absorciones de los bosques, demostrando el valioso servicio que brindamos en la lucha global contra el cambio climático. Sin embargo, debemos tener en cuenta que durante el período comprendido entre 2017 y 2019, las emisiones han aumentado, lo que ha reducido nuestra capacidad de absorción.

Por lo tanto, el informe también destaca que aún debemos recorrer un largo camino para alcanzar nuestros objetivos en materia de cambio climático. En particular, debemos esforzarnos más por reducir las emisiones en los sectores del transporte y continuar el trabajo que hemos iniciado en el sector forestal.

El Informe del Inventario Nacional de GEI reviste una importancia crucial desde una perspectiva socioeconómica. El cambio climático representa una amenaza significativa para nuestra sociedad y economía. Comprender las emisiones del país es vital para desarrollar estrategias efectivas de mitigación y adaptación. El gobierno utiliza esta información como base científica en el desarrollo de su Estrategia Nacional Socioeconómica, Inclusiva, Baja en Emisiones y Resiliente al Cambio Climático para el año 2050.

Quiero enfatizar la importancia de estos ejercicios en el fortalecimiento de las capacidades nacionales y en la preparación para cumplir con el marco reforzado de transparencia bajo el Acuerdo de París.

Agradecemos la colaboración de todas las instituciones, personas, organizaciones internacionales, organizaciones no gubernamentales y el sector privado que hicieron posible la realización de este informe. Insto a todos los panameños y panameñas a leer este informe y aprender sobre las áreas con un gran potencial para la acción climática, con el fin de proteger nuestros medios de vida y nuestro planeta.

Estamos comprometidos a trabajar junto a todos los panameños y panameñas en la construcción de un futuro mejor para las generaciones venideras.



MILCIADES CONCEPCIÓN

**Ministro de Ambiente  
República de Panamá**

## RESUMEN EJECUTIVO

### RE.1. Introducción al inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá 2000-2019

Este es el Resumen Ejecutivo del Informe del Inventario Nacional 2022 (IIN2022), que incluye el sexto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2019<sup>1</sup> (INGEI 2022), siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 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<sup>2</sup>.

Este resumen incluye un contexto y los antecedentes de los inventarios nacionales de GEI, seguido de una descripción de los arreglos institucionales; el proceso de elaboración del inventario; metodologías y fuentes de información, sistemas de medición; el análisis de las categorías principales; y la evaluación de la incertidumbre y la exhaustividad. Posteriormente, se presenta la tendencia de las emisiones y absorciones de GEI del país, seguido del análisis de cada uno de los sectores: Energía, Procesos industriales y uso de productos (IPPU), Agricultura, Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), y Residuos. Finalmente, se describen los aspectos relevantes de los nuevos cálculos y el plan de mejora del inventario.

#### RE.1.1. Contexto y antecedentes sobre los inventarios nacionales de GEI

Con la ratificación de la CMNUCC mediante la Ley N°10 de 12 de abril de 1995, Panamá se une a la mayoría de los países que adquieren el compromiso de elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes sus inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes de emisión y de absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables. En general, los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (INGEI) tienen el objetivo de contabilizar las emisiones y absorciones de GEI antropogénicas del territorio nacional, incluyendo los administrativos y las zonas marinas en los cuales el país tiene jurisdicción, durante un período de tiempo específico, generalmente correspondiente a un año calendario.

Panamá ha presentado previamente cinco INGEI ante la CMNUCC (Tabla RE.1. 1.) por medio de canales de reporte oficial como los son: las Comunicaciones Nacionales, Informes Bienales de Actualización e Informes del Inventario Nacional

---

<sup>1</sup> El Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2019 es parte de los anexos técnicos que acompañan a la Cuarta Comunicación de Nacional de Cambio Climático de Panamá.

<sup>2</sup> Más información en [https://unfccc.int/sites/default/files/convention\\_text\\_with\\_annexes\\_spanish\\_for\\_posting.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf)

(IIN), 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).

**Tabla RE.1. 1.**

*Inventarios Nacionales de GEI de Panamá presentados ante la CMNUCC*

Informe	Año de presentación	Período incluido	Metodología utilizada
Primera Comunicación Nacional <sup>3</sup>	2001	1994	Directrices Revisadas del IPCC de 1996
Segunda Comunicación Nacional <sup>4</sup>	2011	2000	Directrices Revisadas del IPCC de 1996
Tercera Comunicación Nacional <sup>5</sup>	2018	2005 y 2010	Directrices del IPCC de 2006
Primer Informe Bienal de Actualización <sup>6</sup>	2019	2013	Directrices del IPCC de 2006
Segundo Informe Bienal de Actualización <sup>7</sup> e IIN2020 <sup>8</sup>	2021	1994-2017	Directrices del IPCC de 2006

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Anteriormente, a 2019, los inventarios presentados por Panamá, con excepción de la *Primera Comunicación Nacional*, fueron elaborados con el apoyo de servicios externos de consultoría debido a la falta de arreglos institucionales y poca experiencia técnica a nivel nacional en esta temática, sin embargo, dada a la relevancia de los INGEI para la construcción de políticas públicas, el país optó por asumir la elaboración de esta herramienta, fortaleciendo su marco institucional. Para ello fue necesario institucionalizar procedimientos idóneos, así como los mecanismos necesarios para la creación y el fortalecimiento de la capacidad nacional que garanticen la elaboración y presentación periódica de estos inventarios. Es así como a partir de la elaboración del *Segundo Informe Bienal de Actualización*, se realiza la serie temporal del inventario con capacidades nacionales (MiAMBIENTE, 2022). La elaboración de estos inventarios inició desde 2018, con un proceso de construcción de capacidades técnicas nacionales.

Esta Cuarta Comunicación Nacional incluye el sexto INGEI de Panamá que presenta los resultados de la serie temporal 2000-2019 e incluye emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e hidrofluorocarbonos (HFC) y absorciones de CO<sub>2</sub> para los sectores de Energía, IPPU, Agricultura, UTCUTS y Residuos. Dado que Panamá se comprometió a

<sup>3</sup> Disponible en [Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)

<sup>4</sup> Disponible en [Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)

<sup>5</sup> Disponible en [Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)

<sup>6</sup> Disponible en [Primer Informe Bienal de Actualización de Panamá](#)

<sup>7</sup> Disponible en [Segundo Informe Bienal de Actualización de Panamá](#)

<sup>8</sup> Disponible en [Primer Informe del Inventario Nacional de Panamá 2020](#)

contar con inventarios cada vez más robustos, comparables y consistentes, se hace necesario hacer uso de la flexibilidad del Marco Reforzado de Transparencia. A diferencia de la serie temporal presentada en el 2IBA (1994-2017), para este inventario se redefinió el año base a 2000, debido a las limitaciones para acceder a información completa, principalmente para el sector de UTCUTS, ya que, por las características y posición geográfica, el país no cuenta con imágenes satelitales continuas y libre de cobertura nubosa para el período de años comprendidos de 1990 a 1999. Por lo que en este inventario se generó un vacío de reporte, el cual está detallado en el IIN 2022.

Este INGEI fue liderado y preparado por capacidades nacionales. Adicionalmente, es el primer inventario desarrollado utilizando el marco establecido por el Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero de Panamá, también conocido como SSINGEI, herramienta de gestión de los inventarios, adaptada a la realidad nacional, la cual permitió la incorporación de mejoras metodológicas y de procedimientos.

### **RE.1.1.1. Arreglos nacionales de Panamá para el INGEI**

El presente INGEI de Panamá es el resultado del esfuerzo coordinado por el Ministerio de Ambiente como punto focal del país ante la CMNUCC, en el marco del proyecto “Desarrollo de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC”, ejecutado por el Gobierno Nacional de la República de Panamá y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

A nivel nacional, según lo establecido en el artículo 87 del Texto Único de la Ley General de Ambiente, el Ministerio de Ambiente es la entidad responsable de elaborar periódicamente los INGEI con el apoyo de otras instituciones.

Desde 2018, el Ministerio de Ambiente inicia el proceso de mejora de la elaboración, actualización y presentación de inventarios, proceso que presentaba claras brechas al no estar institucionalizado, carecer de arreglos institucionales, procedimientos adecuados y falta de capacidades nacionales necesarias. Estas brechas se fueron superando con el establecimiento de un marco legal robusto y el fomento de la capacidad que trajo como resultado el establecimiento del SSINGEI de Panamá.

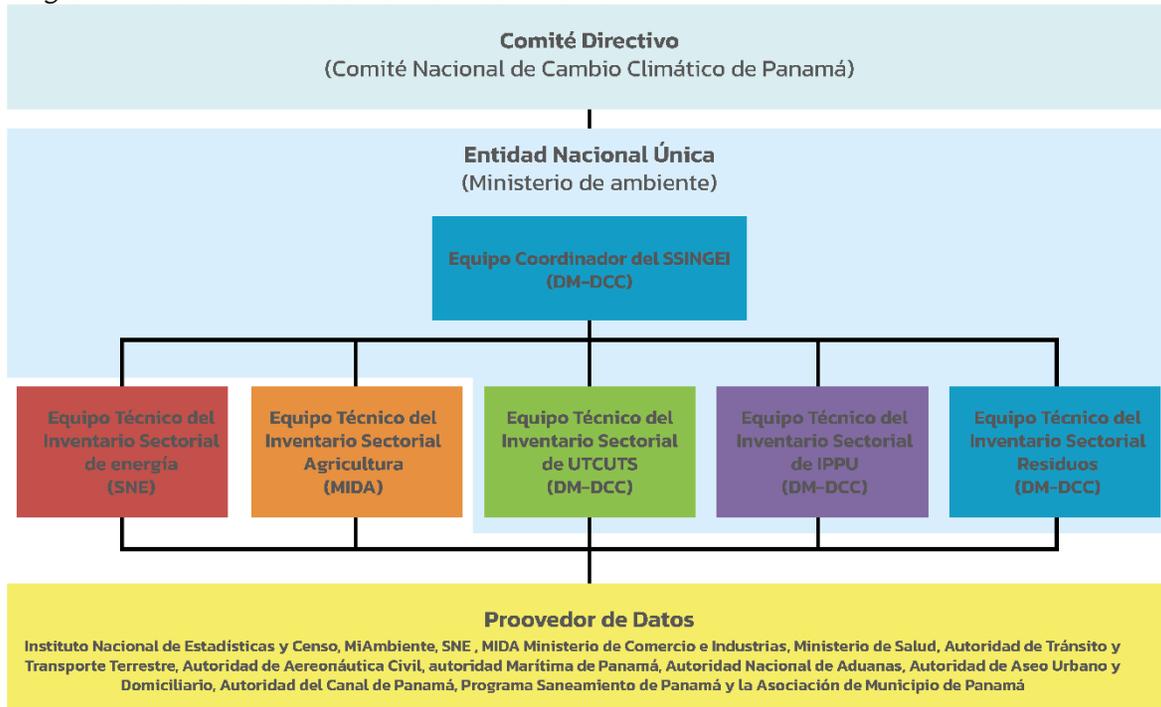
Posteriormente, esta responsabilidad mancomunada es formalizada mediante el Decreto Ejecutivo N°100 de 20 de octubre de 2020, el cual establece el SSINGEI como la herramienta nacional para la elaboración y actualización de inventarios y que comprende todos los arreglos institucionales y de procedimiento para tal fin. Mediante este decreto, se constituye al INGEI como la base científica para la formulación de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos nacionales que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI o al incremento de los sumideros de carbono a nivel nacional.

En concreto, se le otorga al Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente la responsabilidad y función de coordinar el SSINGEI; crear el Equipo Coordinador de Inventarios y los Equipo Técnicos Sectoriales, y dictar los roles y responsabilidades que tendrán las instituciones o partes interesadas en el desarrollo de los INGEI, tales como el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Ministerio de Salud (MINSa), Ministerio de Comercio e Industrias (MICI), Secretaría Nacional de Energía (SNE), Autoridad Nacional de Aduanas (ANA), Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), entre otros.

Como muestra la (Figura RE.1. 1.), la estructura organizacional del SSINGEI está conformada por el Ministerio de Ambiente, como entidad nacional única responsable final del inventario y que cuenta, a su vez, con: el Equipo Coordinador del SSINGEI bajo el paraguas organizacional del Departamento de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático como responsable de la elaboración del inventario y las actividades estipuladas en el plan de trabajo; un Comité Directivo (Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá o CONACCP), responsable de la validación nacional de los documentos; 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. (MiAMBIENTE, 2022)

**Figura RE.1. 1.**

*Diagrama de la estructura del SSINGEI de Panamá*

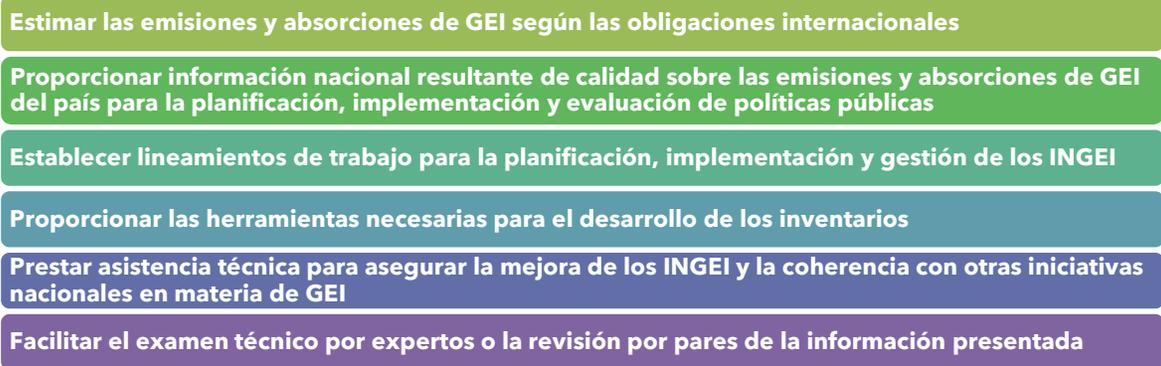


**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

El SSINGEI de Panamá establece objetivos específicos (Figura RE.1. 2.) y líneas de trabajo definidas en el Manual de Procedimientos del SSINGEI de Panamá, el cual fue adoptado mediante la Resolución N°DM-0138-2022. Además, el SSINGEI ha sido establecido de conformidad con las modalidades, procedimientos y directrices para el marco de transparencia reforzado del Acuerdo de París con mira al cumplimiento de los futuros requerimientos de presentación de la información que el país ha comprometido ante la CMNUCC.

**Figura RE.1. 2.**

*Objetivos del SSINGEI de Panamá*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

La serie temporal 2000-2019 comprende el primer inventario desarrollado bajo el marco del SSINGEI que, siguiendo las líneas de trabajo establecidas en el Manual de Procedimientos, ha significado una mejora significativa en la planificación, elaboración y gestión del inventario nacional. A continuación, se describen las líneas de trabajo del SSINGEI de Panamá:

La primera línea de trabajo, *Gestión de SSINGEI*, tiene por objetivo la gestión permanente para mantener operativo el SSINGEI. Su función incluye proveer la conceptualización del SSINGEI, establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo a la estructura de los arreglos institucionales y jurídicos necesarios para desempeñar sus funciones, según proceda, entre los organismos gubernamentales y otras entidades responsables, y designar una entidad nacional única que asume la responsabilidad general del inventario.

*Ciclo del inventario* tiene por objetivo la planificación, elaboración y gestión de las actividades del inventario para su reporte periódico y oportuno, asignando áreas de trabajo para cada equipo técnico. Su función se basa en establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo a los procedimientos generales y específicos, las herramientas apropiadas para gestionar la información (datos de actividad y factores de emisión), herramientas de cálculo de los GEI, hojas de resumen sectorial y nacional, herramientas para los temas transversales del inventario e informes de los inventarios sectoriales y el informe del inventario nacional.

*Calidad y mejoramiento* 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.

*Capacitación y entrenamiento* tiene por objetivo dotar al SSINGEI de la capacidad suficiente para la ejecución oportuna de sus funciones, incluida la definición de las competencias técnicas del personal que participe en el proceso de elaboración y gestión de los inventarios. Su función incluye el establecimiento y mantención (documentación y archivo) de los materiales para el fomento de capacidades de los equipos técnicos en materia de inventarios, y el plan de capacitación y entrenamiento.

*Divulgación* tiene por objetivo proporcionar la información necesaria para cumplir las obligaciones en materia de presentación de informes ante la CMNUCC y poner a disposición de las partes interesadas información de calidad sobre las emisiones y absorciones de los GEI del país. Su función se basa en establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo a la generación de material, la documentación y archivo de los materiales apropiados para la difusión, comunicación y sensibilización y mantener un plan de divulgación del inventario de Panamá.

El SSINGEI de Panamá es un sistema nuevo que está comprometido con la mejora continua. Es por ello que, durante julio de 2022, tanto el sistema como el Informe del Inventario Nacional 2020, fueron sometidos de manera voluntaria a un proceso de garantía y control de la calidad dictado por expertos de la CMNUCC. Durante este espacio se recibieron sugerencias y se identificaron las principales brechas, dando como resultado un proceso de priorización de acciones críticas que requerían ser abordadas de manera inmediata antes de la entrega del inventario, principalmente enfocadas en mejorar la transparencia de la información. También se identificaron acciones a mediano y largo plazo para implementar a través del plan de mejora del inventario para la preparación de los futuros informes bienales de transparencia, que deberán ser presentados a partir de 2024.

### **RE.1.2. Elaboración del INGEI 2000-2019**

El desarrollo del presente inventario inició con la puesta en marcha del SSINGEI y el uso de sus nuevas herramientas, lo que requirió un proceso de adaptación. La fase de planificación de este inventario arrancó en enero de 2021 con la formalización del equipo coordinador y personal, designación formal de los ETIS, definición de los productos del SSINGEI, establecimiento de los procedimientos y cronograma del inventario y evaluación del presupuesto disponible.

La planificación culminó en junio 2021 con la primera reunión del SSINGEI en modalidad híbrida, en donde por motivos de pandemia se contó con la asistencia de los ETIS, más no se pudo asegurar la participación de todos los proveedores de datos. Esta reunión fue de suma importancia, ya que en la misma se presentó el plan de trabajo, el cual facilitó la designación de tareas y cumplir con la periodicidad de entrega de los INGEI.

En julio de 2021, se evaluaron las prioridades para el nuevo ciclo de inventario como punto de partida para la elaboración del inventario (Figura RE.1. 3.) y se establecieron los procedimientos específicos para cada sector y cada ETIS elaboró un cronograma para garantizar el cumplimiento de las actividades establecidas en el plan de trabajo como: la determinación de la disponibilidad de información, su solicitud a través de los canales oficiales y los métodos a utilizar para la compilación, el desarrollo de los cálculos, implementación de procedimientos de control de calidad y análisis de incertidumbres.

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 privados y fueron recibidos de manera oportuna. Actualmente, no se han implementado acuerdos específicos con los proveedores de datos sectoriales. Sin embargo, el Decreto Ejecutivo No. 100 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 de datos se puede encontrar en la <Tabla 3> del Manual de Procedimientos del SSINGEI.

Independiente de lo anterior, el SSINGEI avanzará en la formalización de acuerdos con los proveedores de datos, especialmente con aquellos proveedores de datos desde el sector privado, de la academia o de cualquier otra parte interesada pertinente.

Posteriormente en julio de 2022, el equipo coordinador inició la compilación del inventario, realizó el análisis de las categorías principales e inició el desarrollo del *Informe del Inventario Nacional* para su presentación en la 4CN, donde también se celebró una reunión extraordinaria del SSINGEI para verificar los avances en el cumplimiento del plan de trabajo del inventario.

Figura RE.1. 3. Ciclo de Inventario



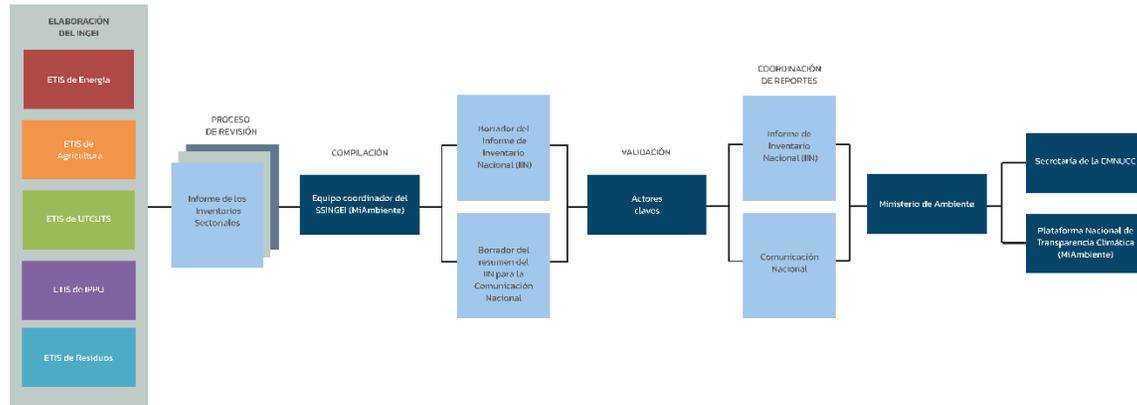
**Fuente:** Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la Figura 1.1, Capítulo 1, Volumen 1, *Directrices del IPCC de 2006*.

Cabe destacar que, paralelamente al proceso de elaboración de este inventario, el 2IBA fue sometido al *Proceso de consulta y análisis internacional (ICA)* que establece la CMNUCC. Durante este ejercicio, se evidenciaron las mejoras de reporte y un mayor cumplimiento de las disposiciones establecidas por la CMNUCC para el desarrollo de estos informes, en comparación con el inventario incluido en el 1IBA. Realizar ambos ejercicios de manera simultánea significó una oportunidad única para mejorar la preparación y reporte de información y el aumento de la transparencia de la mitigación al cambio climático y sus efectos.

En cumplimiento con lo establecido en el Decreto Ejecutivo N°100 de 2020, una vez listo el inventario nacional, se contó con la validación sectorial por parte de los actores clave y esto se realizó en un período de 15 días. Posteriormente, el equipo coordinador del SSINGEI documentó las sugerencias recibidas en una nueva versión entregada al equipo coordinador de reportes para su visto bueno. Este informe es presentado al Ministro de Ambiente como máxima autoridad del Ministerio de Ambiente para su aprobación, para ser presentado a la CMNUCC (Figura RE.1. 4).

**Figura RE.1. 4.**

Proceso de aprobación del INGEI 2000-2019.



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Un punto importante para resaltar es que Panamá ha implementado el formato común de reporte (FCR) de la Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI), el cual consiste en un conjunto de plantillas y documentos estandarizados para la elaboración de un informe del inventario nacional y el capítulo de inventarios de los reportes ante la CMNUCC, incluyendo las hojas de resumen sectorial y nacional con una codificación única para cada fuente y absorción de GEI, subcategoría, categoría y sector. El FCR permite dar cumplimiento a los requerimientos de las *Directrices para los IBA*. El uso de estas herramientas ha sido clave para lo que será la transición al nuevo sistema de reporte del MRT del Acuerdo de París.

### RE.1.3. Metodologías, métodos y fuentes de información

La metodología más reciente para el desarrollo de los inventarios (promovida y aprobada por la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París -CMA- y aplicadas por Panamá para su INGEI 2000-2019) son las *Directrices del IPCC* de 2006<sup>9</sup>, que incluyen metodologías y métodos para estimar los principales GEI producto de la actividad humana.

Según las *Directrices del IPCC* de 2006, el abordaje metodológico simple más común consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana, denominado datos de actividad, con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria, denominados factores de emisión. Además, las *Directrices del IPCC* de 2006 también contienen métodos de equilibrio de masa. Para el sector UTCUTS de este INGEI se utilizó el método de pérdidas y ganancias, el cual abarca todos los cambios anuales en las existencias de carbono de cualquier depósito.

<sup>9</sup> Ver párrafo 17 del anexo de la [Decisión 18/CMA.1](#).

Además de los abordajes metodológicos descritos anteriormente, las *Directrices del IPCC* de 2006 incluyen métodos de Nivel, los cuales representan un nivel de complejidad metodológica. En general, se presentan tres niveles. El Nivel 1 es el método básico (usualmente por defecto), el Nivel 2 es el intermedio y el Nivel 3 es el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos. A veces se denominan a los métodos de Niveles 2 y 3 como métodos de nivel superior y se los suele considerar más exactos.

A continuación, se describen los métodos de Nivel aplicados en el INGEI de Panamá y las principales fuentes de datos para cada sector. Para mayor detalle, ver sección de aspectos metodológicos de cada sector en el IIN2022.

### 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. Las principales fuentes de información fueron:

- Estadísticas publicadas del Balance Energético Nacional (BEN): es la principal fuente de datos de actividad utilizada en el presente inventario. Es confeccionado por la SNE y se realiza siguiendo las pautas metodológicas de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) en términos de energía final, donde los consumos de las diferentes fuentes de energía se presentan en el ámbito de los sectores socioeconómicos.
- Estadística de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH): utilizada para desagregar algunos de los consumos informados de manera agregada en el BEN para varios de los subsectores considerados en el presente inventario. Tal fue el caso del consumo de kerosene, que incluye la gasolina de aviación (AV Gas), Aerokerosene (Jet Fuel) y el Kerosén (Kerosene).
- Estadísticas publicadas por la AMP: se informan los datos de venta de combustible marino en las terminales de los litorales Pacífico y Atlántico para el período 2009-2019, que fueron utilizadas en este inventario para reportar las emisiones de la navegación nacional e internacional.
- Los datos de producción y consumo de biogás, entregados por la empresa productora de electricidad del Relleno Sanitario Cerro Patacón.

## Sector IPPU

Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1a para *uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)*. Se aplicó un método de Nivel 2 para las categorías *industria de los minerales y uso no energético de combustibles y solventes*, utilizando datos de producción de las industrias cementeras y estadísticas nacionales de consumo de combustibles no energético, respectivamente. Los factores de emisión utilizados para todas las categorías son valores por defecto y las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector; también se utilizó el software del IPCC como herramienta de verificación. Las principales fuentes de información fueron:

- Datos de producción de clínker: proporcionados directamente por las industrias cementeras del país.
- 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).
- Datos de consumo de productos sustitutos de las SAO (sustancias puras y mezclas): estos datos fueron desagregados por uso estimado y específicamente las mezclas por contenido de HFC y PFC 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.

## Sector Agricultura

Las emisiones fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC* de 2006 para todas las categorías, incluyendo el uso de factores de emisión por defecto. En algunas categorías se aplicaron parámetros nacionales y el juicio de experto de profesionales del MIDA sobre el uso de algunos datos por su conocimiento en dinámica de la producción agropecuaria a nivel nacional. Las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Las principales fuentes de información fueron:

- Estadísticas nacionales del INEC: fuente de información para la obtención de datos de cabezas de ganado para cada una de las subcategorías y datos sobre superficie agrícola cultivada anual.
- Base de datos y estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT): utilizada para la validación y control de calidad de las estadísticas nacionales.

- Base de datos y juicios de expertos del MIDA: se utilizaron en aquellos datos faltantes y desagregación de los sistemas del estiércol por subcategoría.
- Datos estadísticos del Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica (SIECA): importaciones de fertilizantes nitrogenados.
- Estadísticas de incendios de DIVEDA del Ministerio de Ambiente: información sobre incendios y quemas de residuos agrícolas.
- Base de datos de la Autoridad Nacional de Aduanas: base de datos sobre importaciones de fertilizantes.

### 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. Se utilizaron datos de actividad con base en datos nacionales. Los 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 y de Carbono de Panamá (INFC)*, factores por defecto de las *Directrices del IPCC* de 2006, su Refinamiento 2019 y de una consultoría nacional denominada "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 FAO. Para las demás categorías se utilizaron solo factores por defecto. Las herramientas empleadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Las principales fuentes de información fueron:

- Herramienta *Collect Earth Desktop* de la iniciativa nacional denominada "Proyecto Mapatón 2021" resultado de la colaboración institucional entre el Ministerio de Ambiente, 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 del Ministerio de Ambiente.
- *Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá* del Ministerio de Ambiente.
- Estadísticas de incendios forestales de DIVEDA del Ministerio de Ambiente.

- Estadísticas de producción de madera de la Dirección de Política Ambiental del Ministerio de Ambiente y del INEC.
- Estadística de reforestación de la Dirección Forestal (DIFOR) del Ministerio de Ambiente
- Juicio de expertos del Ministerio de Ambiente, para consensuar la fracción de biomasa que es afectada por incendios en bosques en pie; el período de tiempo en que se da la transición entre categorías de uso de la tierra y el promedio del crecimiento anual de la biomasa.

## Sector Residuos

Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 para todas las categorías del sector, utilizando datos de actividad de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto. Las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Las principales fuentes de información fueron:

- Estadísticas nacionales del INEC de: población, consumo de proteína diaria nacional y sistemas de tratamiento de aguas residuales del censo.
- Tonelaje de residuos sólidos ingresados al Relleno Sanitario Cerro Patacón y a vertederos nacionales suministrado por los municipios o empresas administradoras de estos vertederos.
- Tasas de generación de residuos sólidos estimadas en estudios de la empresa INECO, Autoridad de Aseo Domiciliario para el desarrollo del *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos*.
- Para el reporte conjunto de las emisiones y absorciones de los diferentes GEI, se aplicó el Potencial de Calentamiento Global (PCG) del *Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)* de manera tal, que las estimaciones pudieran ser expresadas en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) y la unidad de masa utilizada es kilo toneladas (kt). Además, los valores positivos deberán ser interpretados como emisiones y los negativos como absorciones.

### RE.1.3.1. Sistemas de medición

Para el reporte conjunto de las emisiones y absorciones de los diferentes GEI, se aplicó el Potencial de Calentamiento Global (PCG) del *Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)* de manera tal, que las estimaciones pudieran ser expresadas en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) y la unidad de masa utilizada es kilo toneladas (kt). Además, los valores positivos deberán ser interpretados como emisiones y los negativos como absorciones.

**Tabla RE.1. 2.** PCG utilizados en el INGEI

GEI	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
	AR5
Dióxido de carbono	1
Metano	28
Óxido nitroso	265
<b>Hidrofluorocarbonos (HFC)</b>	
HFC-23	12,400
HFC-32	677
HFC-125	3,170
HFC-134a	1,300
HFC-143a	4,800
HFC-227ea	3,350

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

### RE.1.3.2. Garantía y control de la calidad y verificación

La garantía y control de la calidad y verificación (GCCV) es una parte esencial en el proceso de elaboración de inventarios, esto asegura la mejora continua de los inventarios en el tiempo. En este sentido, el INGEI desde la elección de los métodos hasta el momento en que se obtienen los resultados finales pasa por un proceso de consulta y revisión por profesionales externos al equipo técnico, tanto nacionales como internacionales. Adicionalmente, el inventario fue sometido de manera voluntaria a un proceso de garantía y control de la calidad dictado por expertos de la CMNUCC.

Estos ejercicios permitieron identificar oportunidades de mejora, dando como resultado un proceso de priorización de medidas a corto, mediano y largo plazo. Para este informe fueron atendidas aquellas definidas como acciones críticas en la medida de lo posible, mientras que el resto de las recomendaciones serán implementadas a través del plan de mejoramiento del inventario para el desarrollo de futuros inventarios. Toda la información y recomendaciones recibidas fueron archivadas y documentadas de manera oportuna en el subsistema de información del SSINGEI.

### RE.1.4. Análisis de categorías principales

De acuerdo a las *Directrices del IPCC* de 2006, es una buena práctica que cada país identifique las categorías principales de una forma sistemática y objetiva. 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 deben ser la prioridad para enfocar el incremento de la calidad de los inventarios y dar mayor confianza en las estimaciones desarrolladas.

El análisis de categorías principales para este INGEI se realizó para el 2000 como año base y para el 2019. La evaluación se efectuó por nivel (N) y tendencia (T) tanto para el método 1 y método 2. Además, se realizó el mismo análisis con un subconjunto de datos que exceptuaba el sector UTCUTS; esto se hizo con el fin de excluir la influencia y efectos de las absorciones en la evaluación del nivel y la tendencia.

Las principales conclusiones del análisis de categorías principales indican que el CO<sub>2</sub> por *Industria de la energía - líquido* y el CH<sub>4</sub> por la *Fermentación entérica* son las categorías que cumplen con la mayor cantidad de criterios y métodos evaluados sobre el nivel y la tendencia, seguido por el CO<sub>2</sub> de *Industrias manufactureras y de la construcción* y *Transporte terrestre*, lo que demuestra su influencia como principales fuentes de emisión. Otras fuentes relevantes son el CH<sub>4</sub> por la *Disposición de desechos sólidos*; el CO<sub>2</sub> de *Industrias de la energía - gas natural*, *Transporte -Navegación Marítima y Fluvial* y *Producción de cemento* y los HFC por *Refrigeración y aire acondicionado*. En la (Tabla RE.1. 3.) se presenta un resumen de los resultados obtenidos, en donde a través de una "X" se muestra el o los criterios y métodos que cumple cada categoría. Estos resultados deberán ser considerados al establecer las prioridades de mejora del próximo inventario.

**Tabla RE.1. 3.**

Resumen del análisis de categorías principales del INGEI 2000-2019 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
1.A.1. Industrias de la Energía - Líquido	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
1.A.1. Industrias de la Energía - Sólido	CO <sub>2</sub>				X	X	X						
1.A.1. Industrias de la Energía - Gas natural	CO <sub>2</sub>			X	X	X	X			X	X		X
1.A.1. Industrias de la Energía - Gas natural	CH <sub>4</sub>	X											
1.A.1. Industrias de la Energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	X											
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	X											
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X		X	X	X		X
1.A.3.a. Transporte - Aviación civil	CO <sub>2</sub>	X											
1.A.3.b. Transporte - Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.A.3.d. Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO <sub>2</sub>			X	X	X	X			X	X		X
1.A.4. Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>		X	X	X				X		X		
1.A.4. Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	X											
1.A.4. Otros sectores - Biomasa	CO <sub>2</sub>		X				X						
2.A.1 Producción de cemento	CO <sub>2</sub>		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 <sub>4</sub>		X		X		X						
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	X											
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>		X				X						
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	X											
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	X											
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O		X	X	X		X		X				
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O		X				X						
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	X		X		X		X		X		X	
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>			X		X		X		X			
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>					X							
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>			X		X		X		X			
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH <sub>4</sub>		X	X	X	X	X		X	X	X		
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH <sub>4</sub>		X										
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N <sub>2</sub> O	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, 2022.

### RE.1.5. Evaluación general de la incertidumbre

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial para un inventario exhaustivo. La estimación y reporte de las incertidumbres permiten priorizar los esfuerzos para mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y definir los temas específicos en los que es necesario realizar acciones a fin de enriquecer los atributos del inventario y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología.

El análisis de la incertidumbre del INGEI 2000-2019 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 2019.

Para 2019, la incertidumbre del INGEI alcanza el  $\pm 71.9\%$ . Según el análisis de los expertos nacionales, las incertidumbres 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  $\text{CO}_2$  de *tierras forestales que permanecen como tales* es el mayor contribuyente a la varianza, si bien, su incertidumbre combinada no es de las mayores ( $\pm 15.7\%$ ), 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 relevantes a la varianza son el  $\text{CH}_4$  de la *disposición de residuos sólidos*, el  $\text{CO}_2$  de *tierras convertidas en tierras forestales*, el  $\text{CO}_2$  de *tierras convertidas en pastizales*, el  $\text{CO}_2$  de la *navegación marítima y fluvial* y los HFC por *refrigeración y aire acondicionado*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del INGEI fue de  $\pm 25.2\%$  entre 2000-2019.

### RE.1.6. Evaluación general de la exhaustividad

De acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, un inventario es exhaustivo cuando se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros y, en caso de que falte alguno de los elementos, se debe documentar claramente su ausencia junto con la respectiva justificación de la exclusión.

El INGEI de Panamá incluye todo el territorio nacional e incluye emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC y absorciones de  $\text{CO}_2$  para toda la serie temporal 2000-2019. Las emisiones de  $\text{SF}_6$  no fueron estimadas por falta de información, mientras que las emisiones de PFC y  $\text{NF}_3$  no ocurren en el país. En cuanto a los gases precursores, solamente se reportan parcialmente emisiones de  $\text{NO}_x$  y CO de los sectores Agricultura y UTCUTS, el resto de los gases precursores no fue estimado debido a la falta de información. Las fuentes o sumideros de GEI no estimados (NE) y su correspondiente explicación se encuentran en la (*Tabla RE.1. 4.*).

**Tabla RE.1. 4.**

*Fuentes y sumideros del INGEI de Panamá reportados como no estimados*

GEI	Categoría de fuente o sumidero	Explicación o comentario
<b>Energía</b>		
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.B.2.a. Petróleo	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.B.2.a. Petróleo	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.B.2.b. Gas natural	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	No hay información en la estadística nacional de 2000-2008 para estimar esta categoría.
<b>IPPU</b>		
CO <sub>2</sub>	2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	Específicamente en el uso de cerámicas no hay información en la estadística nacional, puesto que esta actividad se realiza principalmente de manera artesanal.
CO <sub>2</sub>	2.A.3. Producción de vidrio	No hay información en la estadística nacional.
CO <sub>2</sub>	2.D.2. Uso de la cera de parafina	No hay información en 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.
SF <sub>6</sub>	2.G.1. Equipos eléctricos	No se cuenta con estadística nacional.
N <sub>2</sub> O	2.G.3. N <sub>2</sub> O de usos de productos	No se cuenta con estadística nacional.
<b>AGRICULTURA</b>		
N <sub>2</sub> O	3.D.1.d. Residuos de cosechas	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
N <sub>2</sub> O	3.D.1.e. Mineralización de la materia orgánica del suelo	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
<b>UTCUTS</b>		
CO <sub>2</sub>	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	El cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa 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.
CO <sub>2</sub>	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono en suelos minerales no se estima debido a que 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 <sub>2</sub>	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono en los suelos orgánicos no se estima, ya que se asume que los suelos en Panamá son minerales.
CO <sub>2</sub>	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	El cambio anual en las reservas de carbono en los suelos orgánicos no se estima, ya que se asume que los suelos en Panamá son minerales.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	La pérdida anual de carbono 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 <sub>2</sub> sí se estiman para incendios ocurridos en Pastizales.

GEI	Categoría de fuente o sumidero	Explicación o comentario
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	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.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono en suelos orgánicos (COS) no se estima porque se asume que los suelos en el país son gestionados y minerales.
CO <sub>2</sub>	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	El cambio anual en las reservas de COS no se estima porque se asume que los suelos en el país son gestionados y minerales.
CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O	4.D.1. Humedales que permanecen como tales	El C de bonales gestionados no se estima por falta de información sobre los cambios de uso de turberas; no se tienen mapeadas las áreas de turba o se tiene registro de extracción de turba en el país.
N <sub>2</sub> O	4.D.2. Tierras convertidas en humedales	El C de bonales gestionados no se estima por falta de información sobre los cambios de uso de turberas; no se tienen mapeadas las áreas de turba o se tiene registro de extracción de turba en el país.
CO <sub>2</sub>	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono biomasa y en suelos no se estima porque se asume un Nivel 1.
CO <sub>2</sub>	4.G. Productos de madera recolectada	No se estiman las emisiones/absorciones de PMR, ya que el país no cuenta con las capacidades para realizar la trazabilidad y estimación de esta categoría.
<b>RESIDUOS</b>		
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	5.C. Incineración y quema abierta de residuos	No se incluyen por falta de datos de actividad sobre el volumen de residuos incinerados a nivel nacional.
CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional.
CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	5.D.2. Aguas residuales industriales	No se cuenta con estadística nacional.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Cabe destacar que, a diferencia del inventario anterior, con la implementación del plan de mejora, las estimaciones del sector UTCUTS para el INGEI 2000-2019 se realizaron año a año, lo que permitió observar las transiciones de los cambios de uso de la tierra, lo que antes no era posible por únicamente contar con información puntual para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017. Esto permitió la estimación de nuevas subcategorías de fuentes y sumideros que antes no era posible estimar y definir aquellas que no ocurren en el país.

Con respecto a las categorías incluidas en otro lugar (IE), la (Tabla RE.1. 5.) presenta las asignaciones que ha hecho el país y la explicación correspondiente.

**Tabla RE.1. 5.**

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

<b>GEI</b>	<b>Categoría de fuente o sumidero del IPCC</b>	<b>Asignación de Panamá</b>	<b>Explicación o comentario</b>
<b>ENERGÍA</b>			
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Carboneras que producen carbón vegetal.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.3.c. Ferrocarriles	1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Falta de información desagregada.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.3.e. Otro tipo de transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	Todo terreno. Falta de información desagregada.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	1.A.3.b. Transporte terrestre	Transporte de pesca. Falta de información desagregada.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	Navegación internacional	1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	Para Gas/Diésel Oil. Falta de información desagregada.
<b>AGRICULTURA</b>			
CO <sub>2</sub> y CH <sub>4</sub>	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 <sub>2</sub> de tierras forestales y pastizales; se entiende como sabanas algún tipo de pasto.
<b>UTCUTS</b>			
CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	No es posible la desagregación de la extracción de madera de las tierras que permanecen como tal, de las que han cambiado.
CO <sub>2</sub>	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	No es posible la desagregación de la extracción de leña de las tierras que permanecen como tal, de las que han cambiado.
CO <sub>2</sub>	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	No es posible la desagregación de las perturbaciones (incendios/plagas) de las tierras que permanecen como tal, de las que han cambiado.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Se asume que todas las remociones de madera se calculan en tierras forestales que permanecen como tal.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Se asume que todas las remociones de madera combustible (leña) se calculan en tierras forestales que permanecen como tal, debido a limitaciones en la información disponible para desagregar la información por categorías de tierras.
<b>RESIDUOS</b>			
CH <sub>4</sub>	5.A. Disposición de residuos sólidos	5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	Debido a la falta de información, las emisiones estimadas fueron clasificadas como generadas en sitios no gestionados.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 N°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, las emisiones de GEI de los tanques de combustible de la *aviación y la navegación internacional* y las *emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa* que es quemada con fines energéticos han sido cuantificadas y reportadas como *elemento informativo*, pero no han sido incluidas en el total o en el balance nacional de GEI del INGEI 2000-2019 de Panamá.

## RE.2. Tendencia nacional de los gases de efecto invernadero de Panamá

### RE.2.1. Descripción de las emisiones y absorciones de GEI de 2017

El balance de emisiones de GEI incluidas en el INGEI de Panamá para el año 2019 por tipo de GEI (Figura RE.2. 1.y Tabla RE.2.1), fueron: -14,298.9 kt CO<sub>2</sub>, 165.0 kt CH<sub>4</sub>, 3.9 kt N<sub>2</sub>O y 913.3 kt CO<sub>2</sub>eq de HFC. Las emisiones SF<sub>6</sub> no fueron estimadas por falta de información, mientras que las emisiones de PFC y NF<sub>3</sub> no ocurren en el país. Es muy relevante hacer notar 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. En cuanto a los gases precursores, se estimaron emisiones de NO<sub>x</sub> y CO del sector Agricultura y del sector UTCUTS: estas alcanzaron los 6.9 kt y 172.5 kt respectivamente. No se estimaron las emisiones de COVDM y de SO<sub>2</sub> debido a la falta de información.

**Tabla RE.2.1.**

*Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá de 2019*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
<b>0.</b>	<b>Todas las emisiones y las absorciones nacionales</b>	<b>-14,298.9</b>	<b>165.0</b>	<b>3.9</b>	<b>913.3</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>6.9</b>	<b>172.5</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
<b>1.</b>	<b>Energía</b>	<b>15,577.1</b>	<b>4.6</b>	<b>0.4</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
1.A.	Actividades de quema de combustible	15,577.1	4.6	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.	Industrias de la energía	3,422.1	0.1	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	4,072.5	0.5	0.1					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.	Transporte	7,301.5	1.8	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.4.	Otros sectores	781.0	2.3	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	NE, 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	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>	NO										
<b>2.</b>	<b>Procesos industriales y uso de productos</b>	<b>558.4</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>913.3</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
2.A.	Industria de los minerales	555.4							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	3.0	NA, NO	NA, NO					NO	NO	NE, NO	NO
2.E.	Industria electrónica				NO	NO	NO	NO				
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				913.3	NO	NA	NO				
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	NE, NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>3.</b>	<b>Agricultura</b>	<b>4.7</b>	<b>96.3</b>	<b>2.8</b>					<b>0.4</b>	<b>14.2</b>	<b>NO</b>	
3.A.	Fermentación entérica		88.7									
3.B.	Gestión del estiércol		3.1	0.3								NO
3.C.	Cultivo del arroz		4.1									NO
3.D.	Suelos agrícolas			2.6								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					0.4	14.2		NO
3.G.	Encalado	0.2										
3.H.	Aplicación de urea	4.4										
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO										
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
<b>4.</b>	<b>Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>-30,439.1</b>	<b>7.6</b>	<b>0.4</b>					<b>6.5</b>	<b>158.3</b>	<b>NA, NO</b>	

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
4.A.	Tierras forestales	-34,055.8	2.7	0.1					1.6	50.1	NA, NO	
4.B.	Tierras de cultivo	513.4	1.0	0.0					0.4	17.6	NA	
4.C.	Pastizales	3,076.4	3.8	0.3					4.5	90.5	NA, NO	
4.D.	Humedales	NE, NO-	NE NO	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NA	
4.E.	Asentamientos	26.9	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	NE										
4.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
<b>5.</b>	<b>Residuos</b>	<b>NE, NO</b>	<b>56.5</b>	<b>0.2</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NE	47.4						NE	NE	NE	
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE					NE	NE	NE	
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		9.1	0.2					NE, NO	NE, NO	NE, NO	
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
<b>Elementos informativos</b>												
	Tanque internacional	17,175.0	1.4	0.4					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	2,337.6	0.0	0.1					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	14,837.4	1.3	0.4					NE	NE	NE	NO
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,518.7										
	CO <sub>2</sub> capturado	NO										
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO										
	N <sub>2</sub> O indirecto			NE								
	CO <sub>2</sub> indirecto	NE										

**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, 2022.

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

El balance nacional <sup>10</sup>entre emisiones y absorciones de GEI de 2019 –incluyendo al sector UTCUTS– registró un total de -7,738.3 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo el balance de tales absorciones en un 39.6 % desde 2000 y en un 45.1 % desde 2017, último año incluido en el inventario anterior (Tabla RE.2. 2.). Pese a la disminución de las absorciones netas del país, es de notar que Panamá continúa siendo un sumidero de GEI durante toda la serie temporal, absorbiendo mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que los GEI que son emitidos por las actividades antropogénicas. Con respecto a la participación de cada sector en el balance nacional, el sector UTCUTS es el de mayor relevancia, con 57.4 %, seguido del sector Energía con un 30.1 %, un 6.6 % del sector Agricultura, un 3.1 % del sector Residuos, y finalmente un 2.8 % del sector IPPU (Figura RE.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, incluidos en el sector UTCUTS, como sumidero de CO<sub>2</sub>, lo que impacta a su vez en que toda la tendencia de todo el INGEI 2000-2019 sea favorable a la absorción neta. Adicional, se puede observar un aumento sostenido en el tiempo de las emisiones nacionales de GEI, exceptuando el 2019, donde se logra observar un aumento importante en las emisiones del sector energía.

**Tabla RE.2. 2.**

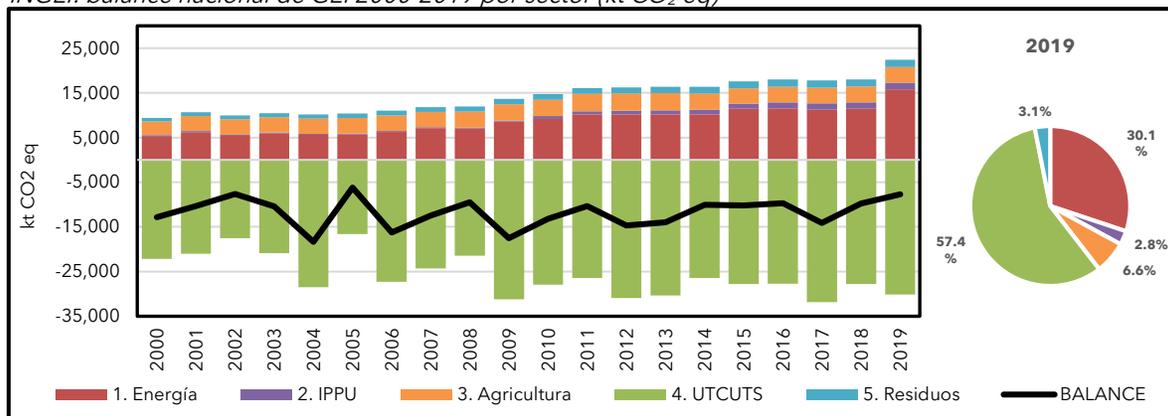
INGEI: balance nacional de GEI por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1. Energía	5,191.8	5,674.7	9,195.8	10,150.9	11,246.4	11,413.7	15,814.0
2. IPPU	312.3	206.2	582.1	952.6	1,417.1	1,446.6	1,471.7
3. Agricultura	3,068.8	3,515.3	3,681.0	3,857.2	3,468.0	3,541.8	3,455.0
4. UTCUTS	-22,180.6	-16,597.1	-27,895.0	-30,342.1	-31,866.6	-27,775.0	-30,113.7
5. Residuos	792.8	999.7	1,238.5	1,426.1	1,631.9	1,577.6	1,634.6
<b>BALANCE</b>	<b>-12,814.8</b>	<b>-6,201.2</b>	<b>-13,197.6</b>	<b>-13,955.2</b>	<b>-14,103.1</b>	<b>-9,795.3</b>	<b>-7,738.3</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura RE.2. 1.**

INGEI: balance nacional de GEI 2000-2019 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

<sup>10</sup> 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.

En cuanto a las emisiones totales<sup>11</sup> de GEI (excluyendo al sector UTCUTS) de 2019, se registró un total de 22,375.3 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 138.9 % desde 2000 y en un 26.0 % desde 2017 (Tabla RE.2. 3.) debido principalmente al aumento del consumo de combustibles en el sector Energía. Con respecto a la participación de cada sector individual en las emisiones totales de GEI en 2019, el sector Energía es el sector de mayor impacto en el INGEI, aportando un 70.7 %, seguido del sector Agricultura con un 15.4 %, un 7.3 % del sector Residuos y, finalmente, un 6.6 % del sector IPPU (Figura RE.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 2000-2019.

**Tabla RE.2. 3.**

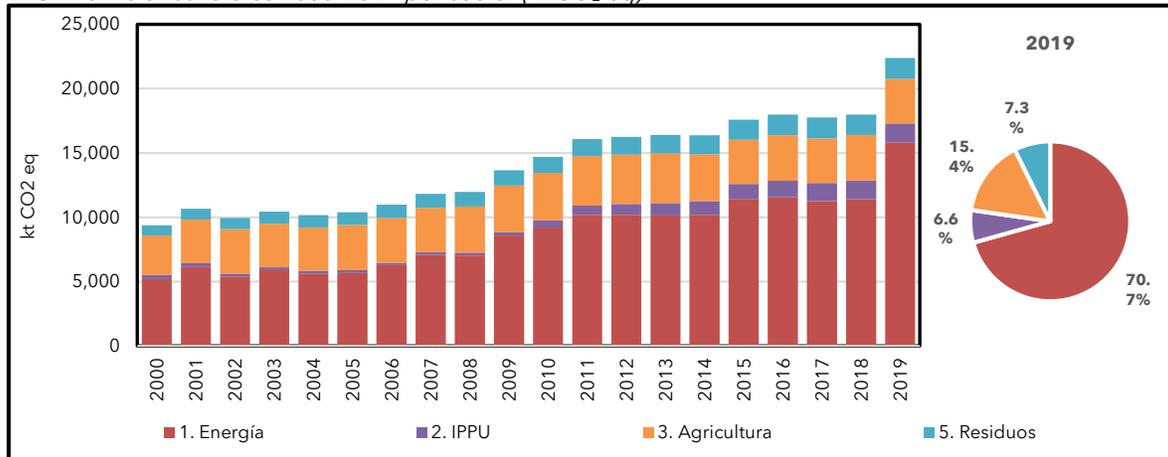
*INGEI: emisiones totales por sector (kt CO<sub>2</sub>eq).*

Sector	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1. Energía	5,191.8	5,674.7	9,195.8	10,150.9	11,246.4	11,413.7	15,814.0
2. IPPU	312.3	206.2	582.1	952.6	1,417.1	1,446.6	1,471.7
3. Agricultura	3,068.8	3,515.3	3,681.0	3,857.2	3,468.0	3,541.8	3,455.0
5. Residuos	792.8	999.7	1,238.5	1,426.1	1,631.9	1,577.6	1,634.6
<b>TOTAL</b>	<b>9,365.8</b>	<b>10,395.9</b>	<b>14,697.4</b>	<b>16,386.9</b>	<b>17,763.5</b>	<b>17,979.7</b>	<b>22,375.3</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura RE.2. 2.**

*INGEI: emisiones totales 2000-2019 por sector (kt CO<sub>2</sub>eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

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 positivas.

<sup>11</sup> El término «emisiones totales» a razón de este informe se refiere a la sumatoria de las emisiones de GEI nacionales, expresadas en CO<sub>2</sub> eq. Sin incluir las emisiones y absorciones del sector UTCUTS.

### RE.2.3. Descripción e interpretación de la tendencia por GEI

El balance nacional de GEI de 2019 estuvo representado por un 68.5 % de CO<sub>2</sub>, disminuyendo la absorción general de CO<sub>2</sub> del país en un 16.0 % desde 2000 y en un 29.4 % desde el 2017. Lo sigue el CH<sub>4</sub> con un 22.2 %, aumentando en un 33.4 % desde 2000 y en un 1.0 % desde 2017. La participación del N<sub>2</sub>O es de un 4.9 %, aumentando un 38.8 % desde 2000 y 10.2 % desde 2017. Por último, los HFC representaron solo un 4.4 %, aumentando de forma muy importante en un 1,554.5 % desde 2012 y un 41.4 % desde 2017 (Tabla RE.2. 4.). Cabe resaltar que los primeros registros de HFC se tienen desde 2012, es por esto que se utiliza el 2012 para hacer la comparación en lugar de 2000.

**Tabla RE.2. 4.**

INGEI: balance nacional de GEI por GEI (kt CO<sub>2</sub>eq).

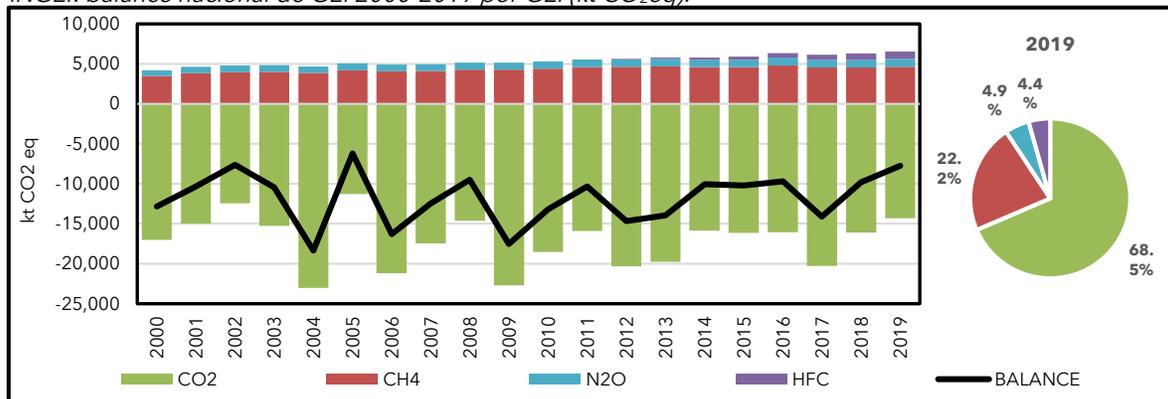
Sector	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	-17,018.4	-11,285.8	-18,509.9	-19,749.7	-20,255.8	-16,115.0	-14,298.9
CH <sub>4</sub>	3,464.2	4,209.2	4,410.3	4,680.1	4,574.3	4,572.1	4,620.9
N <sub>2</sub> O	739.4	875.4	902.0	955.5	931.0	946.9	1,026.3
HFC	NE	NE	NE	158.9	647.4	800.8	913.3
<b>TOTAL</b>	<b>-12,814.8</b>	<b>-6,201.2</b>	<b>-13,197.6</b>	<b>-13,955.2</b>	<b>-14,103.1</b>	<b>-9,795.3</b>	<b>-7,738.3</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

En la Figura RE.2. 3., se observa que si bien el balance nacional de GEI presenta ciertas fluctuaciones durante la serie 2000-2019, 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 CO<sub>2</sub> y que son reportados en la categoría *tierras forestales*. En línea con lo anterior, si bien el balance de CO<sub>2</sub> es favorable a la absorción durante toda la serie, se observa una tendencia a la disminución en los últimos años debido a una considerable disminución de las absorciones y un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los sectores de Energía e IPPU. El CH<sub>4</sub> presenta un leve aumento en la serie debido principalmente a las emisiones del sector Residuos, ya que las emisiones de CH<sub>4</sub> del sector Agricultura se mantuvieron con variaciones con tendencia a la baja. Este mismo comportamiento se repite con el N<sub>2</sub>O. 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*.

**Figura RE.2. 3.**

INGEI: balance nacional de GEI 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub>eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Las emisiones totales de GEI de 2019 (Tabla 2. 5) estuvieron representadas por un 72.1 % de CO<sub>2</sub>, aumentando en un 200.9 % desde 2000 y en un 36.6 % desde 2017; seguido por un 19.7 % de CH<sub>4</sub>, aumentando un 33.1 % desde 2000 y disminuyendo un 0.5 % desde 2017; un 4.1 % de N<sub>2</sub>O, aumentando un 32.5 % desde 2000 y aumentando 4.7 % desde 2017, y 4.1 % de HFC, aumentando un 1,554.5 % desde 2012 y un 41.1 % desde 2017.

**Tabla RE.2. 5.**

INGEI: emisiones totales por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

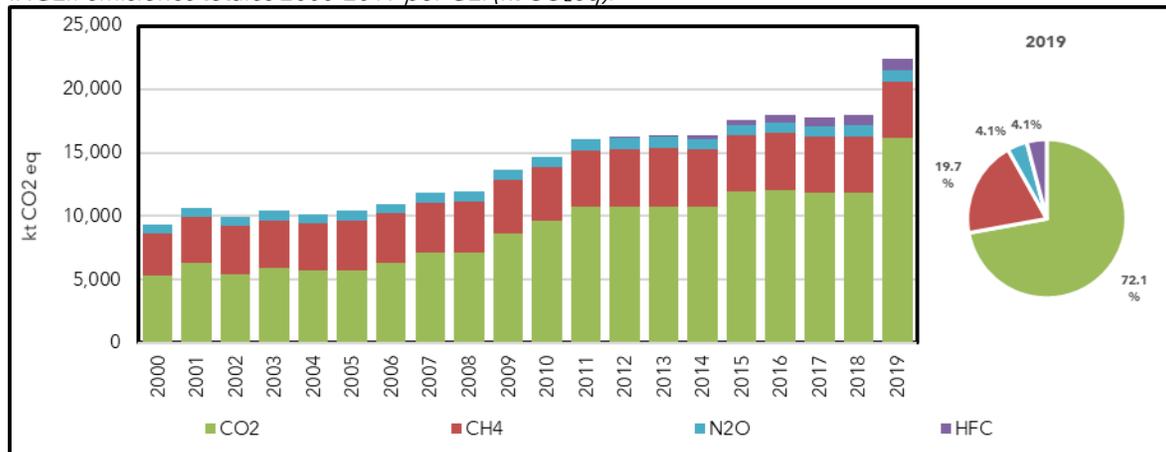
Sector	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	5,364.8	5,738.3	9,606.0	10,762.4	11,811.5	11,853.9	16,140.2
CH <sub>4</sub>	3,311.3	3,893.3	4,246.4	4,555.8	4,431.5	4,435.2	4,407.8
N <sub>2</sub> O	689.8	764.4	845.0	909.7	873.0	889.8	914.1
HFC	NE	NE	NE	158.9	647.4	800.8	913.3
<b>TOTAL</b>	<b>9,365.8</b>	<b>10,395.9</b>	<b>14,697.4</b>	<b>16,386.9</b>	<b>17,763.5</b>	<b>17,979.7</b>	<b>22,375.3</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

En la Figura RE.2. 4, se observa un importante aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> y al N<sub>2</sub>O, 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, mientras que el sector Residuos va aumentando sus emisiones durante toda la serie, por lo que se puede ver que se mantiene en valores similares. 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*.

**Figura RE.2. 4.**

INGEI: emisiones totales 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub>eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

## RE.3. Sector Energía (FCR 1)

### RE.3.1. Panorama general del sector

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 CO<sub>2</sub>. En todas esas actividades se puede producir CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (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 y las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de biomasa con fines energéticos.

El sector Energía es el principal sector emisor de GEI en el país, representando el 30.1 % del balance nacional de GEI en 2019 (70.7 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 15,814.0 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 204.6 % desde 2000 y en un 40.6 % desde 2017 (Tabla RE.3. 1. y Figura RE.3. 1.), causado principalmente por el aumento del consumo de combustibles líquidos (gas/diésel oil y gasolina para motores) en el transporte terrestre y por la quema de combustibles sólidos (otro carbón bituminoso) en las industrias manufactureras y de la construcción. Así mismo, por el aumento del consumo del gas natural en las industrias de la energía debido a la baja disponibilidad hidráulica en dicho año.

**Tabla RE.3. 1.**

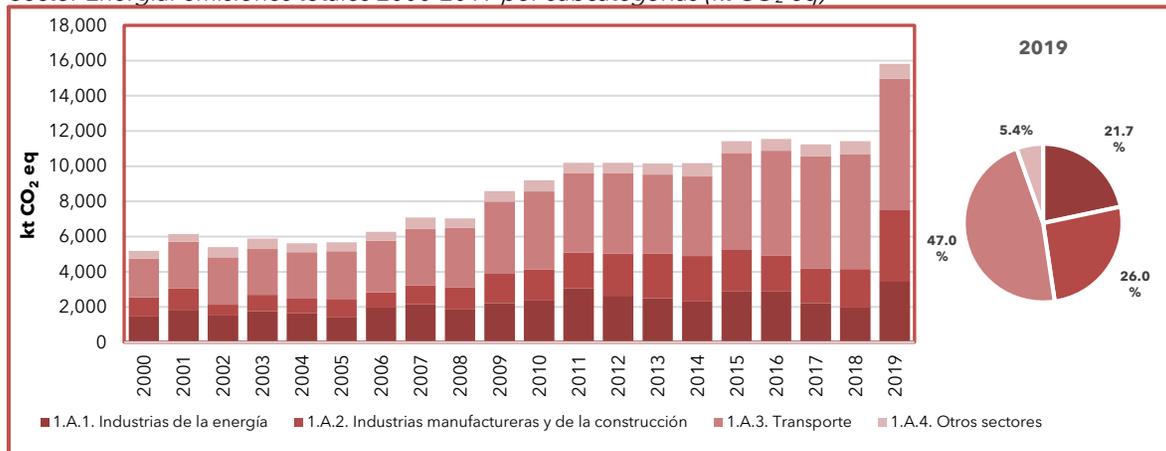
*Sector Energía: emisiones totales por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

<b>Categorías</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
1.A.1. Industrias de la energía	1,464.2	1,406.4	2,365.6	2,493.3	2,212.8	1,973.8	3,429.4
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	1,076.0	1,056.4	1,780.4	2,534.1	1,957.9	2,175.4	4,106.0
1.A.3. Transporte	2,218.1	2,703.1	4,418.5	4,488.8	6,387.7	6,518.6	7,424.9
1.A.4. Otros sectores	433.6	508.9	631.3	634.7	688.0	746.0	853.8
<b>TOTAL</b>	<b>5,191.8</b>	<b>5,674.7</b>	<b>9,195.8</b>	<b>10,150.9</b>	<b>11,246.4</b>	<b>11,413.7</b>	<b>15,814.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura RE.3. 1.**

*Sector Energía: emisiones totales 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Las emisiones por tipo de GEI del sector Energía estuvieron representadas por un 98.5 % de CO<sub>2</sub>, seguido por un 0.8 % de CH<sub>4</sub> y un 0.7 % de N<sub>2</sub>O de las emisiones totales del sector.

### RE.3.2. Actividades de quema de combustibles (FCR 1.A)

En esta categoría se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O 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*. 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 y las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de biomasa con fines energéticos, ya que estas son contabilizadas en el sector UTCUTS.

En 2019, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 15,814.0 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 204.6 % desde 2000 y en un 40.6 % desde 2017. Con respecto a las subcategorías, en 2019 un 47.0 % corresponde a *transporte*, un 26.0 % a *industrias manufactureras*, un 21.7 % a *industrias de la energía y de la construcción* y un 5.4 % 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 33.2 % de las emisiones totales (sin incluir UTCUTS); esto se refleja también en el análisis de categorías principales.

### RE.3.2.1. Comparación entre el Método sectorial y el Método de referencia

La comparación entre el Método sectorial y el Método de referencia tiene la finalidad de estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 Balance Energético Nacional (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. Por ser el BEN la fuente principal de datos del Método sectorial, las diferencias con el Método de referencia están en gran medida vinculadas a la metodología de confección del BEN.

La diferencia porcentual del Método Sectorial con respecto al Método de referencia para 2000 a 2019 se presentan en la Tabla RE.3. 2. y Figura RE.3. 2., donde se observa que la tendencia de emisiones de CO<sub>2</sub> presenta diferencias significativas entre ambos métodos para algunos años. El promedio de los absolutos de esta variación porcentual es de 17.7 %, con un máximo absoluto de 191.3 % en el 2004 y un mínimo de 0.9 % en 2017. Los valores por debajo del 5 % son considerados como diferencias aceptables según las *Directrices del IPCC* de 2006. Los valores con diferencias superiores a 5 %, en rojo, son atribuidos principalmente a la transformación de combustibles (hasta el 2002) y al ajuste estadístico atribuido al BEN.

**Tabla RE.3. 2.**

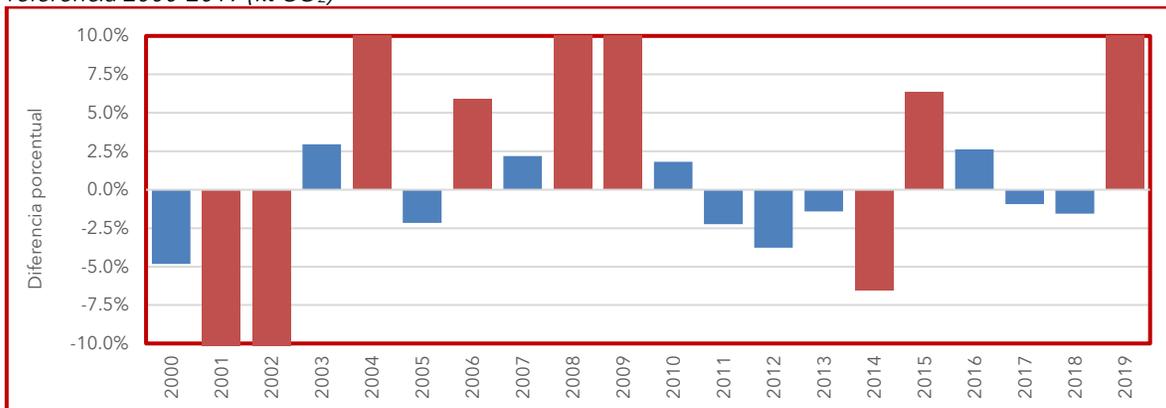
*Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia (kt CO<sub>2</sub>)*

Métodos	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Método Sectorial	5,049.00	5,526.99	9,018.16	9,962.68	11,035.45	11,202.85	15,577.08
Método de Referencia	5,305.38	5,648.62	8,857.42	10,106.13	11,139.15	11,380.37	13,708.53
<b>Diferencia</b>	<b>-256.37</b>	<b>-121.62</b>	<b>160.74</b>	<b>-143.45</b>	<b>-103.70</b>	<b>-177.52</b>	<b>1,868.54</b>
<b>Diferencia porcentual</b>	<b>-4.8%</b>	<b>-2.2%</b>	<b>1.8%</b>	<b>-1.4%</b>	<b>-0.9%</b>	<b>-1.6%</b>	<b>13.6%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura RE.3. 2.**

Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub>)



**Nota:** con fines de visualización, la figura solo muestra los valores en un rango de  $\pm 10\%$ . Los valores de 2001, 2002, 2004, 2008, 2009 y 2019 escapan considerablemente del rango definido.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Las diferencias observadas entre el Método Sectorial con respecto al Método de Referencia tienen tres orígenes:

- Cierre de refinería: previo al cierre en 2002 existieron en esta industria situaciones de pérdidas muy significativas, probablemente debido a problemas en su funcionamiento. Esto se refleja en los años antes de 2003.
- Ajuste Estadístico del BEN: en el BEN existen datos en la variación de inventario que deben ser revisados, ya que en algunos casos ocasionan que la oferta total de ciertos combustibles sea negativa. Esto se refleja entre los años del 2003 al 2019. La SNE tiene previsto un plan de mejora, para asegurar la coherencia de este parámetro.
- Fuentes de información distintas al BEN: para el desarrollo del Método sectorial se utilizan datos de fuentes de información adicionales al BEN, lo cual enmascara el efecto del ajuste estadístico en el consumo aparente. Esto se refleja en los años a partir de 2009.

### RE.3.2.2. 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, mientras que 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, se cuantifican las emisiones de la *aviación internacional* y la *navegación internacional*. La *navegación internacional* se vincula en su gran mayoría a las actividades 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. A su vez, incluye las naves que son atendidas en las terminales de venta de combustible marino, las cuales no siempre pasan por el Canal de Panamá.

Para la estimación de las emisiones atribuidas al uso de los combustibles del transporte marítimo internacional se utiliza como dato de actividad la venta de fueloil marino por litoral, reportado por la AMP para el período 2009-2017. Por la falta de datos de actividad para el período anterior, estas emisiones se reportan como no estimadas (NE). El fueloil es íntegramente utilizado por el transporte internacional, mientras que existe una cantidad de diésel oíl que es utilizado tanto para transporte internacional, como para las barcas de apoyo nacionales. Sin embargo, para este informe no fue posible desagregar esa proporción y, por esa razón, se informa todo el diésel oíl consumido como parte de la navegación marítima nacional, ocasionando una sobreestimación.

Para la estimación de las emisiones atribuidas al uso de combustibles del transporte aéreo internacional se utiliza el dato reportado en el BEN como Kerosene y Jet Fuel exportado. Mientras que los factores de emisión se toman de las *Directrices del IPCC de 2006*.

En 2019, las emisiones de GEI de la *aviación internacional* contabilizaron 2,355.4 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 319.4 % desde 2000 y en un 6.2 % desde 2017 (Tabla RE.3. 3. y Figura RE.3. 3.); las variaciones de la tendencia se deben al incremento de turismo internacional dentro del país. Las emisiones de la *navegación internacional* contabilizaron 14,976.6 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 81.6 % desde 2009 y en un 11.0 % desde 2017, fundamentalmente debido al aumento del flujo a partir de la ampliación del Canal de Panamá en el 2016, con excepción de la reducción de 2014 debido a una retracción del comercio internacional. Para 2019 se puede observar un aumento en las emisiones debido a la cantidad de naves atendidas en las terminales de venta de fueloil residual, posiblemente debido a los precios favorables del combustible marino en Panamá.

**Tabla RE.3. 3.**

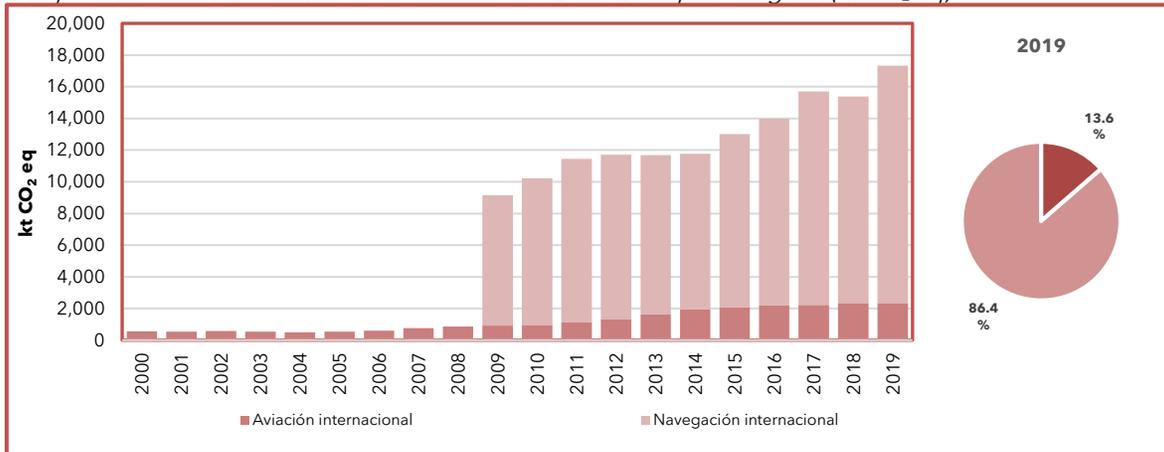
*Tanques de combustible internacional: emisiones por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

<i>Categorías</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2013</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>
Aviación internacional	561.6	536.9	969.1	1,616.1	2,218.3	2,338.5	2,355.4
Navegación internacional	NE	NE	9,249.5	10,078.2	13,490.0	13,036.9	14,976.6
<b>TOTAL</b>	<b>561.6</b>	<b>536.9</b>	<b>10,218.6</b>	<b>11,694.3</b>	<b>15,708.3</b>	<b>15,375.4</b>	<b>17,331.9</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura RE.3. 3.**

*Tanques de combustible internacional: emisiones 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

### RE.3.2.3. Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la biomasa usada con fines energéticos se declaran como *elemento informativo* y se excluyen de las emisiones totales del sector Energía debido a que estas se incluyen en el sector UTCUTS. Sin embargo, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se estiman e incluyen dentro del sector Energía (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, las fuentes de estas emisiones son atribuidas al consumo de biogolina (alcohol etílico), gas de vertedero (biogás), otra biomasa sólida primaria (bagazo), madera/desechos de madera (leña) y carbón vegetal.

Los datos de actividad para el alcohol etílico, el bagazo, la leña y el carbón vegetal se tomaron del BEN. En el caso del gas de vertedero, se usó el valor informado directamente por la empresa productora. Los factores de emisión utilizados provienen de las *Directrices del IPCC* de 2006.

En 2019, las *emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa* usada con fines energéticos contabilizaron 1,518.7 kt CO<sub>2</sub>eq, disminuyendo en un 3.5 % desde 2000 debido a la disminución en el consumo de *madera/desechos de madera* en las categorías *residencial e industrias manufactureras y de la construcción* y aumentando levemente en un 0.8 % desde 2017 (Tabla RE.3. 4.). En Panamá, los datos de biomasa son mucho más inciertos en comparación con otros datos de las estadísticas nacionales de energía. La mayoría de la biomasa utilizada para energía es parte de la economía informal.

**Tabla RE.3. 4.**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: emisiones (kt CO<sub>2</sub>)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,574.5	1,535.4	1,478.1	1,645.6	1,506.5	1,501.9	1,518.7
<b>TOTAL</b>	<b>1,574.5</b>	<b>1,535.4</b>	<b>1,478.1</b>	<b>1,645.6</b>	<b>1,506.5</b>	<b>1,501.9</b>	<b>1,518.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

### RE.3.2.4. 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).

### RE.3.2.5. Industrias de la energía (FCR 1.A.1)

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 toda la serie temporal y *refinación del petróleo* entre 2000-2002 debido a que en este último año cerró la única refinería del país. 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.

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 3,429.4 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 134.2 % desde 2000, debido al aumento de la demanda eléctrica y la generación por fuentes térmicas (búnker, diésel y carbón); y en un 55.0 % desde 2017, debido al aumento del consumo del gas natural, causado por la baja disponibilidad hidráulica en dicho año. La disminución que se refleja desde 2013 es atribuible al aumento de uso de fuentes de energía renovables (Tabla RE.3. 5. y Figura RE.3. 4.).

**Tabla RE.3. 5.**

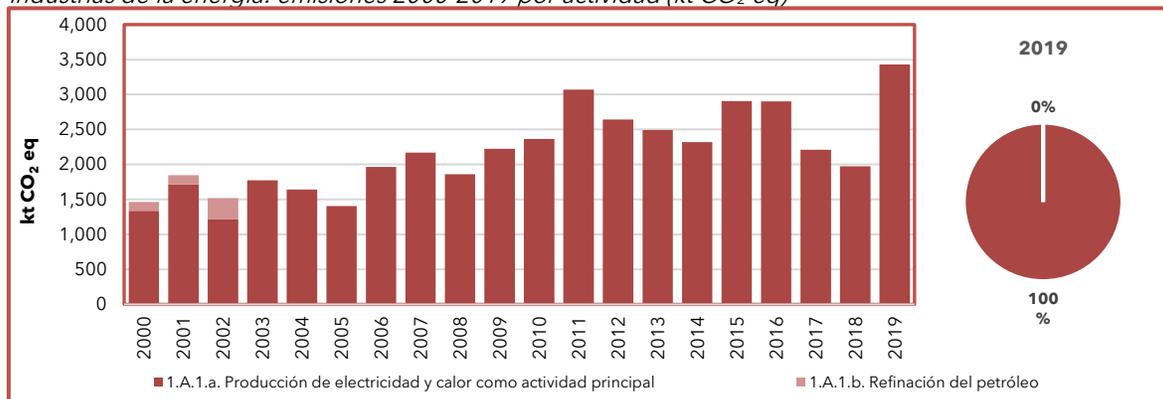
*Industrias de la energía: emisiones por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	1,335.4	1,406.4	2,365.6	2,493.3	2,212.8	1,973.8	3,429.4
1.A.1.b. Refinación del petróleo	128.8	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NO						
<b>TOTAL</b>	<b>1,464.2</b>	<b>1,406.4</b>	<b>2,365.6</b>	<b>2,493.3</b>	<b>2,212.8</b>	<b>1,973.8</b>	<b>3,429.4</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura RE.3. 4.**

*Industrias de la energía: emisiones 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

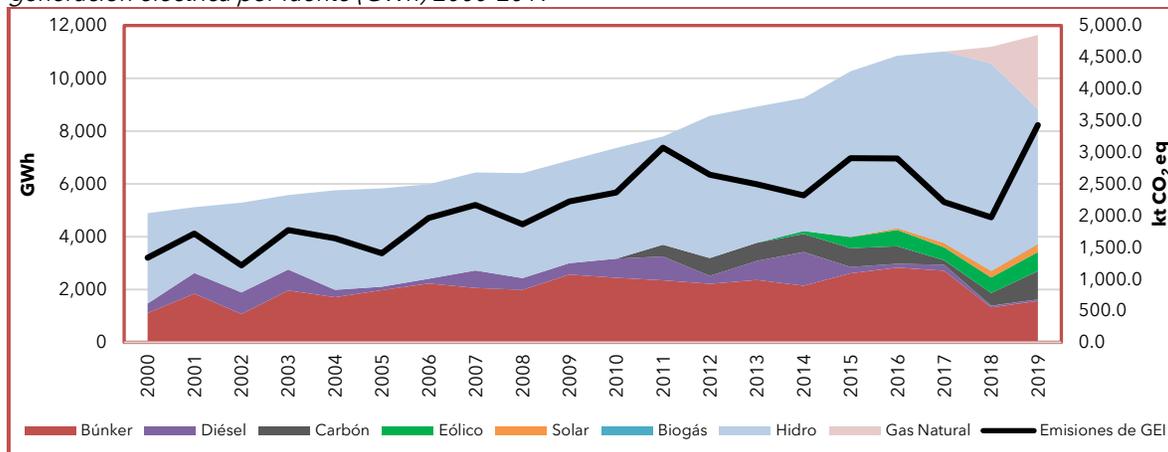


**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

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, 2019), 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 RE.3. 5.). También se puede ver la reducción desde el 2013 debido a la incorporación al mercado eléctrico de fuentes renovables no convencionales y un aumento en 2019 debido al uso de combustibles fósiles por la falta de disponibilidad hídrica que se presenta en dicho año. 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 RE.3. 5.**

*Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq) versus curvas de generación eléctrica por fuente (GWh) 2000-2019*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**RE.3.2.6. Industrias manufactureras y de la construcción (FCR 1.A.2)**

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. Además, dentro de esta subcategoría se incluyen las emisiones de *manufactura de combustibles sólidos y ferrocarriles* debido a la falta de información para desagregar los datos BEN.

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 4,106.0 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 281.6 % desde 2000 y un 109.7 % desde 2017 debido principalmente a los megaproyectos resultantes del crecimiento de la economía del país, como la expansión del Canal de Panamá en 2016 y el inicio de operaciones de proyectos de la industria minera desde 2018, en donde se utiliza combustible sólido (carbón mineral) en la generación eléctrica para el funcionamiento de dicha industria.

### RE.3.2.7. Transporte (FCR 1.A.3)

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 y *transporte terrestre*. Las emisiones de *ferrocarriles* 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*.

La categoría, *transporte*, es la principal emisora del sector Energía, representando el 47.0 % del sector para el 2019. En este año, las emisiones de GEI contabilizaron 7,424.9 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 234.7 % desde 2000 y en un 16.2 % desde 2017, debido principalmente al aumento del consumo de combustibles líquidos (gas/diésel y gasolina para motores) en el transporte terrestre, consecuencia del aumento de vehículos en circulación y a la adición del gas/diesel oil de uso marino desde 2009 (Tabla RE.3. 6. y Figura RE.3. 6.). Con respecto a las actividades, en 2019, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *transporte terrestre* con un 72.9 %, seguido por *navegación marítima y fluvial* con 26.2 % y *aviación civil* con 0.9 %.

**Tabla RE.3. 6.**

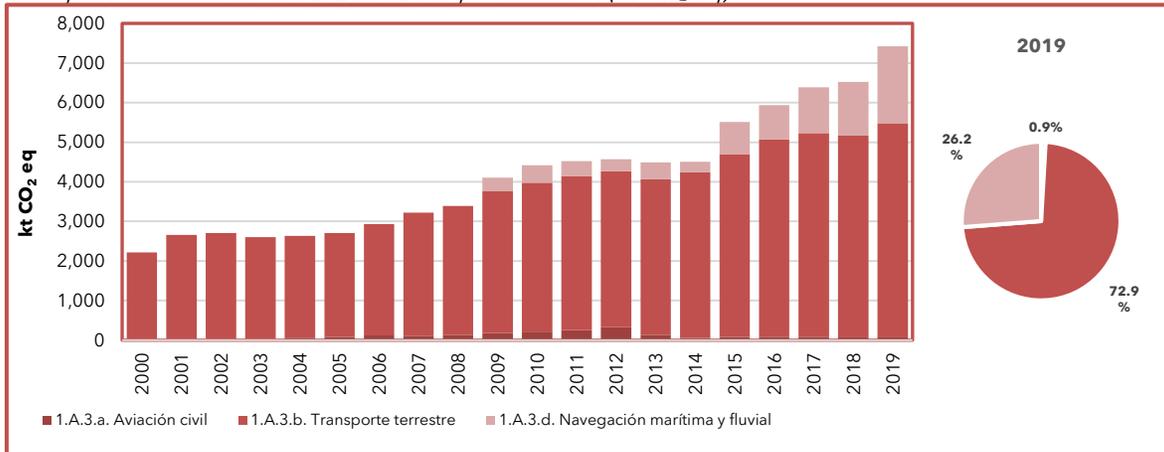
*Transporte: emisiones de GEI por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

<b>Categorías</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
1.A.3.a. Aviación civil	13.6	76.2	218.4	137.6	83.5	72.0	68.3
1.A.3.b. Transporte terrestre	2,204.5	2,626.8	3,760.9	3,926.7	5,147.4	5,096.5	5,409.2
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	NE	NE	439.2	424.6	1,156.8	1,350.0	1,947.5
<b>TOTAL</b>	<b>2,218.1</b>	<b>2,703.1</b>	<b>4,418.5</b>	<b>4,488.8</b>	<b>6,387.7</b>	<b>6,518.6</b>	<b>7,424.9</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura RE.3. 6.**

*Transporte: emisiones de GEI 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### RE.3.2.8. Otros sectores (FCR 1.A.4)

Esta subcategoría aborda las emisiones de los combustibles quemados por edificios comerciales e institucionales, hogares y los 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*. 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*.

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 853.8 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 96.9% desde 2000, año en el cual las emisiones en la actividad agricultura/silvicultura/pesca fueron muy pequeñas, y en un 24.1% desde 2017, debido principalmente al aumento en el consumo de *gases licuados de petróleo* en la actividad *residencial*, de amplio uso en el país para cocción de alimentos, y del *gas/diesel oil* en la actividad *comercial/institucional*. En la actividad residencial también se utiliza *madera/desechos de madera*, principalmente en zonas aisladas y de pobreza (Tabla RE.3. 7. y Tabla RE.3. 7.). Con respecto a las actividades, en 2019, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *residencial* con un 57.1%, seguido por *comercial/institucional* con 36.4% y *agricultura/silvicultura/pesca* con 6.5%.

**Tabla RE.3. 7.**

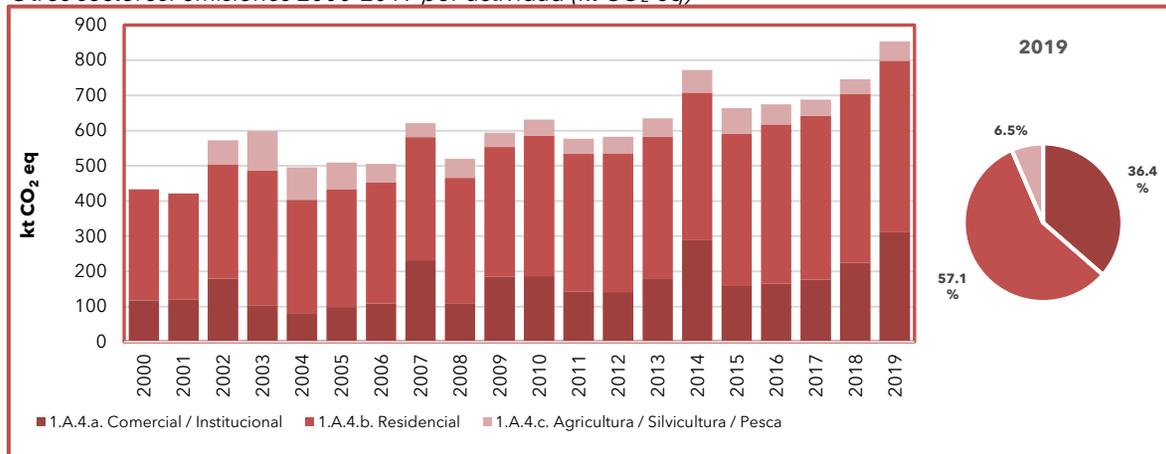
Otros sectores: emisiones por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1.A.4.a. Comercial / Institucional	117.8	99.1	186.3	178.0	176.6	224.8	311.0
1.A.4.b. Residencial	315.7	333.5	398.4	404.8	465.6	478.5	487.6
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	0.0	76.3	46.5	51.9	45.8	42.6	55.2
<b>TOTAL</b>	<b>433.6</b>	<b>508.9</b>	<b>631.3</b>	<b>634.7</b>	<b>688.0</b>	<b>746.0</b>	<b>853.8</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.3. 7.**

Otros sectores: emisiones 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

## RE.4. Sector Procesos industriales y uso de productos (FCR 2)

### RE.4.1. Panorama general 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, HFC y PFC (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, a pesar de que Panamá continúa siendo una economía mayormente orientada al sector de servicios, agricultura y construcción, y no cuenta con un sector industrial o de producción de químicos representativo, no significa que no se generen emisiones de GEI en el sector IPPU. Este sector incluye las emisiones de las categorías *industria de los minerales, productos no energéticos de combustibles y uso de solventes y uso de productos sustitutos de las SAO*; estas últimas comienza a ocurrir significativamente en el país de 2012.

El sector IPPU representó un 2.8 % del balance nacional de GEI en 2019 (6.6 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,471.7 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose un 371.2 % desde 2000 y en 3.9 % desde 2017, principalmente por la participación de los HFC en el mercado nacional (Tabla RE.4. 1.). La tendencia observada (Figura RE.4. 1) indica un aumento sostenido a partir de 2009 debido principalmente al aumento en la demanda de producción de cemento consecuencia del desarrollo de destacados proyectos (como la Cinta Costera, Panamá Pacífico y la Ampliación del Canal) hasta 2014, con la culminación de algunas de estas grandes obras.

Adicionalmente, con la salida de los HCFC del mercado por el cumplimiento del Protocolo de Montreal, a partir de 2012 se reporta el ingreso significativo de HFC como sustitutos de las SAO. El notorio descenso de las emisiones para el período 2002-2009 se debe a la salida del mercado de una de las productoras de clínker. Por último, el brusco aumento de las emisiones de HFC entre 2017-2019 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 la participación de las categorías que forman parte del sector, en 2019, un 62.1 % corresponde a *uso de productos sustitutos de las SAO*, un 37.7 % a *industria de los minerales* y un 0.2 % a *productos no energéticos de combustibles y uso de solventes*.

**Tabla RE.4. 1.**

Sector IPPU: emisiones totales por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)

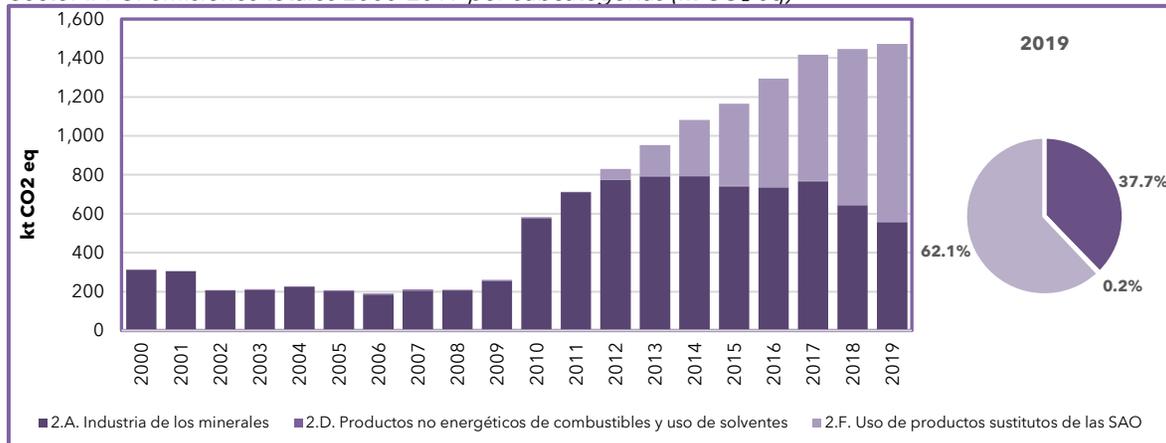
Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
2.A. Industria de los minerales	312.3	201.7	577.6	791.2	766.7	642.8	555.4
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	0.0	4.4	4.5	2.5	3.0	3.0	3.0
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	NE	NE	NE	158.9	647.4	800.8	913.3
<b>Total</b>	<b>312.3</b>	<b>206.1</b>	<b>582.0</b>	<b>952.6</b>	<b>1417.1</b>	<b>1,446.6</b>	<b>1,471.7</b>

**Nota:** NO = no ocurre. Los números 0.0 corresponden a valores inferiores a 0.04 kt

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.4. 1.**

Sector IPPU: emisiones totales 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Las emisiones del sector IPPU por tipo de GEI, en 2019, estuvieron representadas por un 62.1 % de HFC y un 37.9 % de CO<sub>2</sub>. Se destaca el importante incremento de los HFC desde su ingreso significativo al país en 2012, lo cual se debe principalmente a su ingreso como sustitutos de las SAO para *refrigeración y aire acondicionado*. En el caso de las emisiones de SF<sub>6</sub>, no se estimaron por falta de tiempo para compilar datos de actividad que permitieran la estimación de emisiones por uso con fines eléctricos, mientras que las emisiones de CH<sub>4</sub> y NF<sub>3</sub> no ocurren en el país. El N<sub>2</sub>O por su utilización en las aplicaciones médicas y los sopletes empleados en la joyería y PFC utilizados en cosméticos y en aplicaciones médicas no se estimaron por falta de datos de actividad.

#### RE.4.2. Industria de los minerales (FCR 2.A)

Esta categoría abarca la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> 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 categoría 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).

En el contexto nacional, esta categoría incluye solamente las emisiones de la *producción de cemento*. En anteriores Informes de Inventarios Nacionales, se reportó producción de cal como una subcategoría de la industria de los minerales, pero mediante trabajo de campo elaborado por el ETIS de IPPU, como parte de la implementación de actividades para mejorar la calidad de los datos del sector, se evidenció que actualmente no hay producción de cal y si bien, en el país se realiza extracción de caliza, exceptuando la utilizada para la producción de cemento, el producto nacional vendido comercialmente como cal únicamente pasa por un proceso de trituración.

En 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 555.4 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 77.8 % desde 2000 y reduciéndose en un 27.6 % desde 2017. Esto tiene directa relación con la ejecución de proyectos de infraestructura pública. Normalmente, un período 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 a la tendencia (Figura RE.4. 1), el aumento a partir de 2009 es atribuido al desarrollo de los megaproyectos de la ampliación del Canal de Panamá, Cinta Costera, 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, aumenta un poco en 2017. La disminución de las emisiones en 2019 está ligada al cambio de gobierno por las elecciones nacionales, periodo donde son finalizados muchos de los proyectos de inversión pública.

### RE.4.3. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (FCR 2.D)

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el uso de los combustibles fósiles como productos con fines primarios (excepto la combustión con fines energéticos) que se reportan en el sector Energía, y el uso como sustancia de alimentación de los procesos o como agente reductor (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría solo incluye las emisiones del *uso de lubricantes y uso de grasas*. Para este recálculo, la disponibilidad de datos de actividad desagregados de consumo de lubricantes y grasas permitió implementar la metodología de Nivel 2 para el cálculo de las emisiones de esta categoría.

En 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 3.0 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose de forma extrema desde 2000 y con un leve incremento de un 1.3 % desde 2017. Este incremento extremo se debe principalmente a la poca información que se lograba recaudar en esa época para levantar estadísticas nacionales y también a las dificultades que presentó la economía nacional previo a 2002. No obstante, posterior a 2002, el tratamiento de la información y su manejo mejoró en gran medida. Esta mejora de la información se debe en gran parte al cierre de la única refinería de petróleo en el período 1994-2002, ya que se asume que la mayoría de lo que se generaba en esta se reportaba para uso energético.

### RE.4.4. Uso de productor sustitutos de las SAO (FCR 2.F)

Esta categoría aborda las emisiones de los HFC y, en una medida muy limitada, las emisiones de 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 y protección contra incendios*.

En 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 913.3 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 41.1 % desde 2017, convirtiéndose en la principal categoría emisora del sector IPPU, debido esencialmente 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 99.9 % corresponde a *refrigeración y aire acondicionado*, mientras que solo un 0.01 % corresponde a *protección contra incendios*.

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 y en una medida muy reducida el HFC-23 (el de mayor PCG que ingresa al país) y el HFC-227ea como única sustancia identificada a la fecha con fines de *protección contra incendio*. La Tabla RE.4. 2 presenta las emisiones de HFC desagregadas cada una de estas sustancias.

**Tabla RE.4. 2.**

*Sector IPPU: emisiones de HFC por sustancia (ktCO<sub>2</sub>eq)*

GEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
HFC-134a	NE	NE	NE	48.8	233.0	246.0	289.5
HFC-23	NE	NE	NE	0.0	0.0	0.0	0.0
HFC-32	NE	NE	NE	6.6	26.8	42.3	49.3
HFC-125	NE	NE	NE	58.4	225.5	318.4	362.1
HFC-143a	NE	NE	NE	45.1	162.1	194.0	212.4
HFC-227ea	NE	NE	NE	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>158.9</b>	<b>647.4</b>	<b>800.8</b>	<b>913.3</b>

Nota: NE = no estimada

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

## RE.5. Sector Agricultura (FCR 3)

### RE.5.1. Panorama general del sector

El sector Agricultura aborda las emisiones de GEI de las actividades agropecuarias que llevan un proceso de gestión, producción de alimentos, las prácticas de gestión como la fertilización, el manejo de los suelos y el manejo de los animales, entre otras. En particular, en estas actividades se puede producir CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, este sector incluye emisiones de GEI por la *fermentación entérica* del ganado lechero y otros vacunos, 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 N<sub>2</sub>O de los *suelos agrícolas*, *cultivo del arroz*, *quema de residuos agrícolas en campo*, así como actividades de *encalado* y *aplicación de urea*.

El sector Agricultura representó un 6.6 % del balance nacional en 2019 (15.4 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, sus emisiones alcanzaron 3,455.0 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 12.6 % desde 2000 y disminuyendo en un 0.4 % con respecto al 2017 (Tabla RE.5. 1 y Figura RE.5. 1). El sector de manera general presenta un incremento no significativo a través de la serie temporal, aunque se aprecian fluctuaciones relevantes para algunos años específicos, lo cual puede deberse al fenómeno de El Niño (1997-1998, 2007-2008, 2014-2015), el cual influye en la disminución de la producción en el país y en la reducción en el número de importaciones (Olmedo, 2015). Sin embargo,

también existen otro tipo de motivos que pueden explicar las variaciones en las emisiones, por ejemplo, en el caso del ganado lechero, la baja en el precio de la leche pagado al productor también tiene efecto en el comportamiento de las emisiones, ya que esto hace que la rentabilidad sea menor y se abandone las prácticas de esta actividad.

Con respecto a las categorías mayormente emisoras en 2019, un 71.9 % corresponde a la *fermentación entérica*, un 19.6 % a *suelos agrícolas* y 4.6 % a *gestión del estiércol* y en menor proporción las demás categorías, las cuales en conjunto alcanzan solo el 3.9 %. Esto demuestra la relevancia significativa que tienen las emisiones de CH<sub>4</sub> de la ganadería en el balance nacional de GEI, en particular de la *fermentación entérica* de los animales.

**Tabla RE.5. 1.**

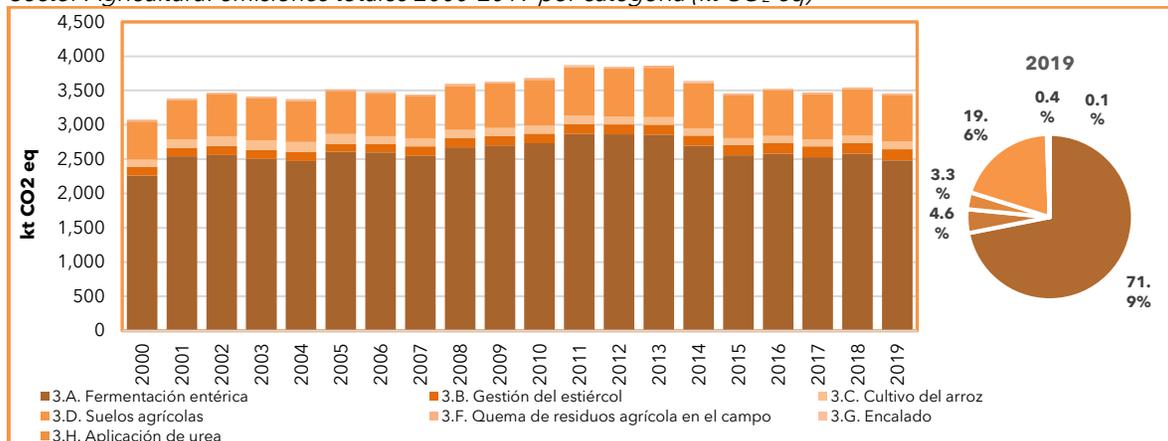
*Sector Agricultura: emisiones totales por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.A. Fermentación entérica	2,260.7	2,605.1	2,733.0	2,856.5	2,527.4	2,578.7	2,483.6
3.B. Gestión del estiércol	121.6	120.0	138.4	145.8	156.4	159.3	160.1
3.C. Cultivo del arroz	111.9	139.2	118.1	109.2	105.8	110.8	114.2
3.D. Suelos agrícolas	552.2	626.5	666.5	718.8	658.0	670.5	677.7
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	19.0	19.4	19.3	20.8	14.1	17.3	14.7
3.G. Encalado	0.0	0.6	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2
3.H. Aplicación de urea	3.4	4.5	5.2	5.7	6.1	5.0	4.4
<b>TOTAL</b>	<b>3,068.8</b>	<b>3,515.3</b>	<b>3,681.0</b>	<b>3,857.2</b>	<b>3,468.0</b>	<b>3,541.8</b>	<b>3,455.0</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.5. 1.**

*Sector Agricultura: emisiones totales 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

En 2019, las emisiones totales del sector Agricultura por tipo de GEI están claramente dominadas por las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la ganadería, las cuales representan un 78.1 %, seguido por un 21.8 % del N<sub>2</sub>O, y un 0.1 % de CO<sub>2</sub>. Respecto a los gases precursores, se estimaron las emisiones de NO<sub>x</sub> (0.4 kt) y CO (14.2 kt) producto de las *quemadas de residuos agrícolas en campo*.

## RE.5.2. Fermentación entérica (FCR 3.A)

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> producto del proceso digestivo del ganado, por el cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo y posterior liberación a la atmósfera como CH<sub>4</sub>.

En el contexto nacional, esta subcategoría incluye al ganado vacuno lechero, otros vacunos (vacas adultas, novillos, novillas, terneros, terneras y toros), porcinos, ovinos, caprinos, equinos, mulas y asnos y búfalos.

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 2,483.6 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 9.9 % desde 2000 y reduciéndose en un 1.7 % desde 2017 (Tabla RE.5. 2 y Figura RE.5. 2). Estas reducciones se deben a varios factores, por ejemplo, entre 2012-2015, se registró un descenso en el hato ganadero y esto a su vez, se debe a la baja tasa de natalidad y afectaciones climáticas como la sequía intensificada por el fenómeno del niño (Olmedo, s.f.). Adicionalmente, la industria ganadera y lechera se ve afectada por los altos costos de producción, inestabilidad de las exportaciones y falta de incorporación de mejoras tecnológicas de manera integral (FAO, 2017).

Con respecto a las categorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 85.6 %, seguido por *vacas lecheras* con 11.6 %, *equinos* con 2.0 %, y el resto de las categorías animales representan solo el 0.8 %.

**Tabla RE.5. 2.**

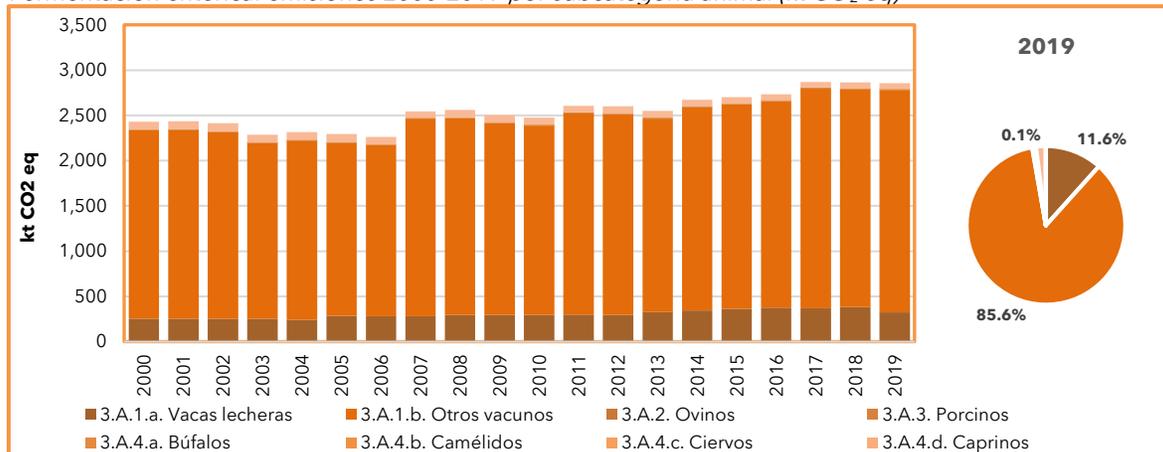
*Fermentación entérica: emisiones por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategoría animal	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.A.1.a. Vacas lecheras	282.2	299.4	378.0	322.9	292.8	298.2	289.1
3.A.1.b. Otros vacunos	1,885.4	2,220.4	2,278.9	2,457.3	2,160.4	2,209.3	2,125.1
3.A.2. Ovinos	0.8	1.6	2.4	3.0	3.6	3.6	3.6
3.A.3. Porcinos	7.8	8.0	7.7	9.6	11.2	10.3	10.0
3.A.4.a. Búfalos	1.5	2.5	3.5	3.7	3.7	3.7	3.7
3.A.4.d. Caprinos	0.7	1.0	1.1	1.5	2.1	2.0	2.1
3.A.4.e. Equinos	81.1	71.1	60.5	58.0	53.2	51.3	49.7
3.A.4.f. Mulas y asnos	1.1	1.2	0.8	0.7	0.4	0.4	0.3
<b>TOTAL</b>	<b>2,260.7</b>	<b>2,605.1</b>	<b>2,733.0</b>	<b>2,856.5</b>	<b>2,527.4</b>	<b>2,578.7</b>	<b>2,483.6</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.5. 2.**

*Fermentación entérica: emisiones 2000-2019 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### RE.5.3. Gestión del estiércol (FCR 3.B)

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> y las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O que se generan por el almacenamiento y el tratamiento del estiércol, así como del estiércol depositado en la pastura producido por el ganado.

En el contexto nacional, esta subcategoría incluye el manejo del estiércol en las categorías animales de ganado vacuno lechero, otros vacunos (vacas adultas, novillos, novillas, terneros, terneras y toros), porcinos, ovinos, caprinos, equinos, mulas y asnos, y búfalos, así como la cría y producción de aves de corral (se incluyen las gallinas ponedoras, carne, patos, pavos).

En 2019, las emisiones de la categoría *gestión del estiércol* contabilizaron 160.1 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 31.7 % desde 2000 y en un 2.4 % desde 2017 (Tabla RE.5. 3 y Figura RE.5. 3) 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, s.f.). Con respecto a las categorías, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O* con un 32.0 %, seguido de *otros vacunos* con un 23.7 %, *aves de corral* con 17.8 % y porcinos con 13.7 %. El resto de las categorías animales alcanzan el 12.8 %.

**Tabla RE.5. 3.**

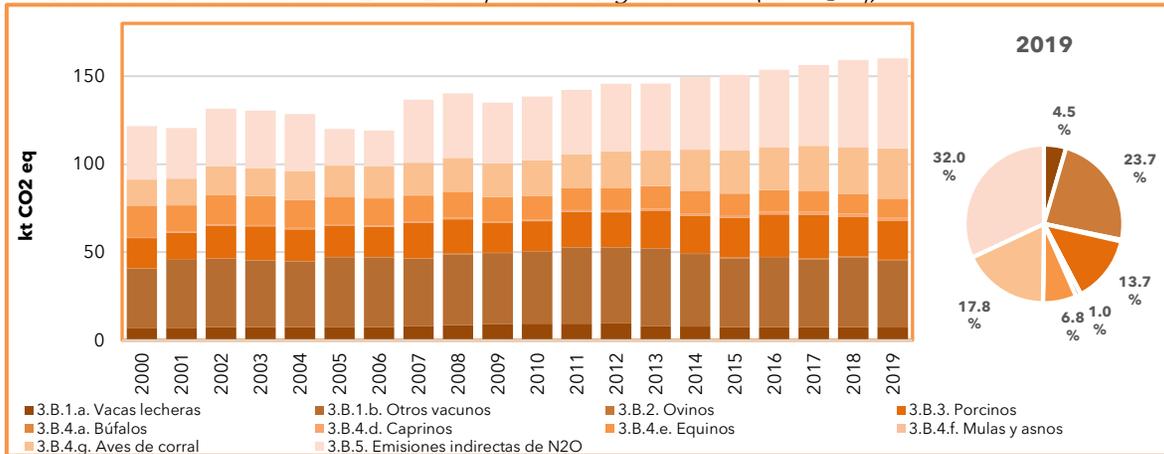
*Gestión del estiércol: emisiones por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

<b>Categoría animal</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
3.B.1.a. Vacas lecheras	7.1	7.5	9.5	8.1	7.3	7.5	7.2
3.B.1.b. Otros vacunos	33.7	39.7	40.7	43.9	38.6	39.5	37.9
3.B.2. Ovinos	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6
3.B.3. Porcinos	17.1	17.6	17.0	21.1	24.7	22.6	22.0
3.B.4.a. Búfalos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.B.4.d. Caprinos	0.6	0.8	0.9	1.2	1.7	1.6	1.7
3.B.4.e. Equinos	17.8	15.5	13.2	12.7	11.6	11.2	10.9
3.B.4.f. Mulas y asnos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
3.B.4.g. Aves de corral	14.8	17.6	20.4	20.1	25.8	26.6	28.5
3.B.5. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	30.3	20.8	36.1	38.1	45.9	49.5	51.2
<b>TOTAL</b>	<b>121.6</b>	<b>120.0</b>	<b>138.4</b>	<b>145.8</b>	<b>156.4</b>	<b>159.3</b>	<b>160.1</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.5. 3.**

*Gestión del estiércol: emisiones 2000-2019 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### RE.5.4. Cultivo del arroz (FCR 3.C)

La categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> 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).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de CH<sub>4</sub> del cultivo del arroz, uno de los principales productos consumidos en el país. Su producción se da mediante los sistemas de chuzo y mecanizado (secano, inundación o riego intermitente). En el país, el área cultivada bajo riego o inundación es menor que el secano.

En 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 114.2 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 2.1 % desde 2000 y un 8.0 % desde 2017 (Tabla RE.5. 4 y Figura RE.5. 4). 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. Esto ha incentivado al productor nacional a mantener y aumentar las hectáreas sembradas. Con respecto a las actividades, el cultivo de arroz en secano (alimentado por lluvia) aporta un 59.2 %, mientras que el cultivo de arroz irrigado aporta un 40.8 %.

**Tabla RE.5. 4.**

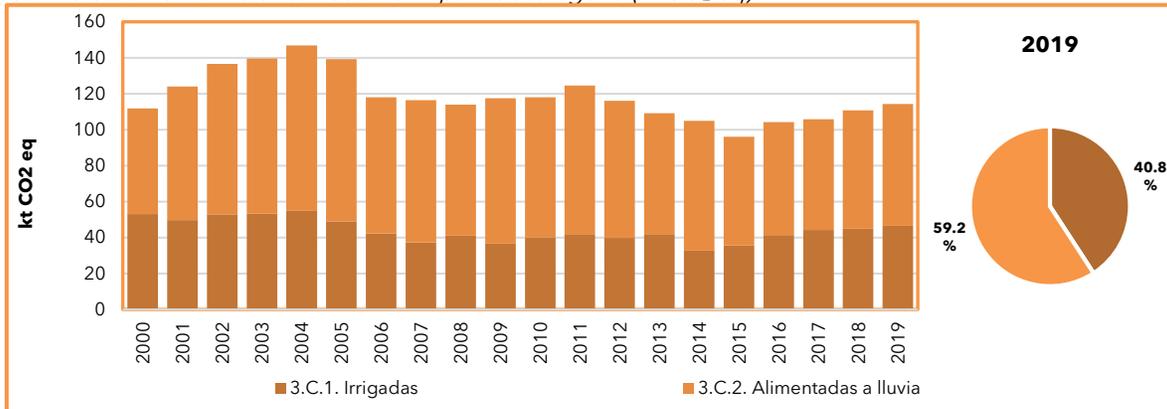
*Cultivo del arroz: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.C.1. Irrigadas	53.1	49.0	40.1	41.9	44.3	45.0	46.6
3.C.2. Alimentadas a lluvia	58.8	90.2	78.0	67.3	61.5	65.8	67.6
3.C.3. Aguas profundas	NO						
3.C.4. Otros (especificar)	NO						
<b>TOTAL</b>	<b>111.9</b>	<b>139.2</b>	<b>118.1</b>	<b>109.2</b>	<b>105.8</b>	<b>110.8</b>	<b>114.2</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.5. 4.**

*Cultivo del arroz: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### RE.5.5. Suelos agrícolas (FCR 3.D)

Las emisiones de N<sub>2</sub>O en *suelos agrícolas* aborda las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O a la atmósfera producto del N aplicado en los sistemas agropecuarios. Se incluyen una amplia gama de fuentes de nitrógeno, como los fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgánicos, el nitrógeno de la orina y estiércol del ganado depositado por animales en pastoreo en pasturas o praderas, residuos de cultivos, la mineralización del nitrógeno 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.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones directas de N<sub>2</sub>O por la incorporación de N de los fertilizantes sintéticos y orgánicos depositados y el N de la *orina y el estiércol depositado directamente al suelo por los animales en pastoreo*, la cual es la forma más común de crianza de ganado en Panamá. Además, se incluyen las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los agregados de N a la tierra a través de la *deposición atmosférica y la lixiviación y escurrimiento*.

En 2019, las emisiones de la categoría contabilizaron 677.7 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 22.7 % desde 2000 y 3.0 % desde 2017 (Tabla RE.5. 5 y Figura RE.5. 5). El comportamiento de las emisiones de esta categoría está influenciado por los fenómenos climáticos, como lo es el fenómeno de El Niño. Además, esta actividad conlleva muchos riesgos considerados por los bancos (SPB, 2013). Adicionalmente, el precio de los productos en el mercado, así como el precio de los fertilizantes (los cuales han ido en aumento) influyen en el productor, muchas veces ocasionando que este abandone la actividad. En los últimos años, el PIB del sector agropecuario ha disminuido, lo que denota una baja general de la actividad a nivel nacional. Por otro lado, el aumento de las cabezas de ganado en el país incrementa el depósito de nitrógeno en los suelos por los animales en pastoreo directo.

La subcategoría *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas* contabilizó 541.7 kt CO<sub>2</sub>eq (79.9 % de las emisiones de esta categoría). La principal fuente de GEI fue la *orina y estiércol depositado por animales de pastoreo* (77.7 % de la subcategoría), les sigue el *fertilizante inorgánico aplicado a los suelos* (16.2 %) y, finalmente, los *fertilizantes orgánicos* (6.2 %). Por su parte, la subcategoría *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas* contabilizó 135.9 kt CO<sub>2</sub>eq (19.8 % de las emisiones de esta categoría). La principal fuente fue la *lixiviación y escurrimiento* (56.5 %), mientras que el restante 43.5 % lo aportó la *deposición atmosférica*.

**Tabla RE.5. 5.**

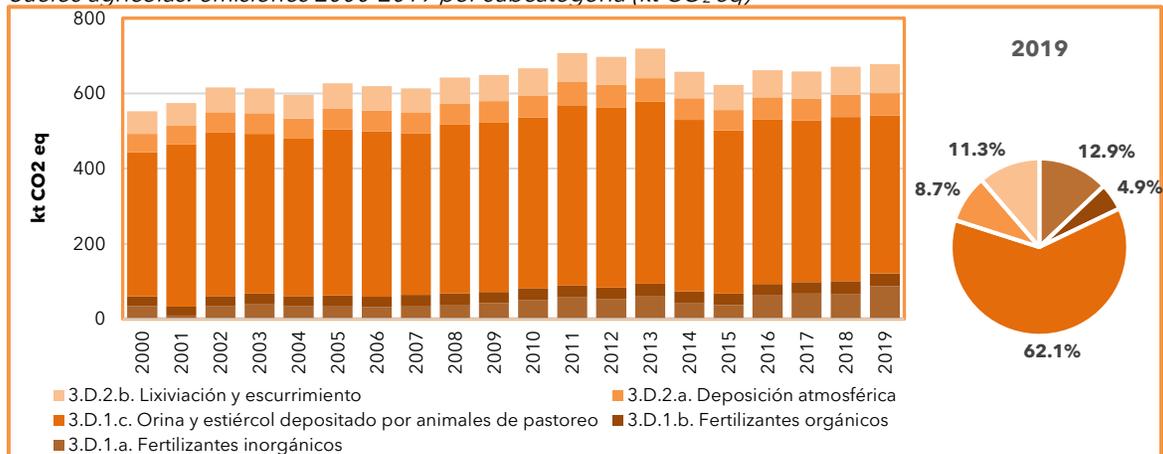
*Suelos agrícolas: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías y actividades	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	443.1	504.5	536.1	577.9	527.7	537.6	541.7
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	34.5	36.0	51.3	62.0	67.7	67.0	87.5
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	25.9	27.1	30.5	32.3	30.6	33.7	33.5
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	382.6	441.4	454.3	483.6	429.4	437.0	420.7
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	109.1	122.0	130.4	140.8	130.3	132.8	135.9
3.D.2.a. Deposición atmosférica	49.3	55.3	58.5	62.8	57.6	58.8	59.2
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	59.8	66.7	71.9	78.0	72.7	74.0	76.8
<b>TOTAL</b>	<b>552.2</b>	<b>626.5</b>	<b>666.5</b>	<b>718.8</b>	<b>658.0</b>	<b>670.5</b>	<b>677.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.5. 5.**

*Suelos agrícolas: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### RE.5.6. Quema de residuos agrícola en el campo (FCR 3.F)

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O producto de la *quema de residuos agrícolas en campo*, como caña de azúcar y otros cultivos, cuya biomasa es el principal depósito de carbono afectado. Se considera fuego a toda perturbación que afecta no solamente 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*.

En 2019, las emisiones de la categoría contabilizaron 14.7 kt CO<sub>2</sub>eq, reduciéndose en 22.2 % desde 2000 y aumentando un 5.0 % desde 2017. El mayor porcentaje de estas emisiones corresponde a la quema de residuos de caña de azúcar con un 93.7 %, y hace referencia al quemado previo a la cosecha como una práctica realizada en los cañaverales; le sigue la quema de residuos de cereales (cultivos de arroz y caña) con un 6.3 %.

### RE.5.7. Encalado (FCR 3.G)

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> que se generan producto del encalado, actividad realizada para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos en sistemas 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 CO<sub>2</sub> 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.

En 2019, las emisiones de la categoría contabilizaron 0.01 kt CO<sub>2</sub>eq. Sin embargo, las emisiones se han incrementado en 561.0 % desde 2000 y se han reducido en un 9.4 % desde 2017. Con respecto a los tipos de cal usada, el mayor porcentaje de emisiones corresponde al uso de *caliza* con un 93.7 %; el restante 6.3 % lo aporta la *dolomita*.

### RE.5.8. Aplicación de urea (FCR 3.H)

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> producto de la aplicación de urea a todos los cultivos agrícolas e incluso plantaciones forestales.

En 2019, las emisiones contabilizaron 4.4 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 29.4 % desde 2000 y reduciéndose en 27.4 % desde 2019. Uno de los motivos que explica esta oscilación es el fenómeno del Niño, mientras que la reducción de los últimos años puede ser producto del incremento del precio de la urea.

## RE.6. Sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (FCR 4)

### RE.6.1. Panorama general del sector

El sector UTCUTS aborda las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> resultantes de los cambios en las existencias de carbono en los depósitos de biomasa (aérea y subterránea), materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) y materia orgánica del suelo para todas las tierras gestionadas. Además, se incluyen en el sector las emisiones de GEI producidas por los incendios en 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 y absorciones de GEI por actividades que impactan la biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta y materia orgánica del suelo en las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras. Así mismo, las categorías de tierras se han desagregado por región climática y tipo de suelo. En Panamá, se asume que todas las tierras son gestionadas y que los suelos son minerales.

El sector UTCUTS representó un 57.4 % del balance nacional de GEI en 2019, en términos absolutos. Este sector es el único que registra absorciones netas. En el mismo año, el balance del sector alcanzó -30,113.7 kt CO<sub>2</sub> eq, aumentando la tendencia de la absorción neta en un 35.8 % desde 2000, pero disminuyendo en un 5.5 % desde 2017 (Figura RE.6. 1 y Tabla RE. 6. 1). Este aumento gradual a lo largo de la serie se debe al incremento medio anual de biomasa de las *tierras forestales que permanecen como tales*. Se observa que a lo largo de la serie existe una tendencia a la baja de tierras convertidas a tierras forestales, ya que cada vez menos cultivos y pastos cambian a ser tierras forestales (rastros).

Con respecto a las categorías que aportan mayormente al balance nacional de GEI en 2019, en valores absolutos un 89.9 % corresponde a *tierras forestales*, un 8.6 % a *pastizales*, un 1.5 % a *tierras de cultivo* y un 0.1 % a *asentamientos*.

**Tabla RE. 6. 1.**

Sector UTCUTS: balance por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

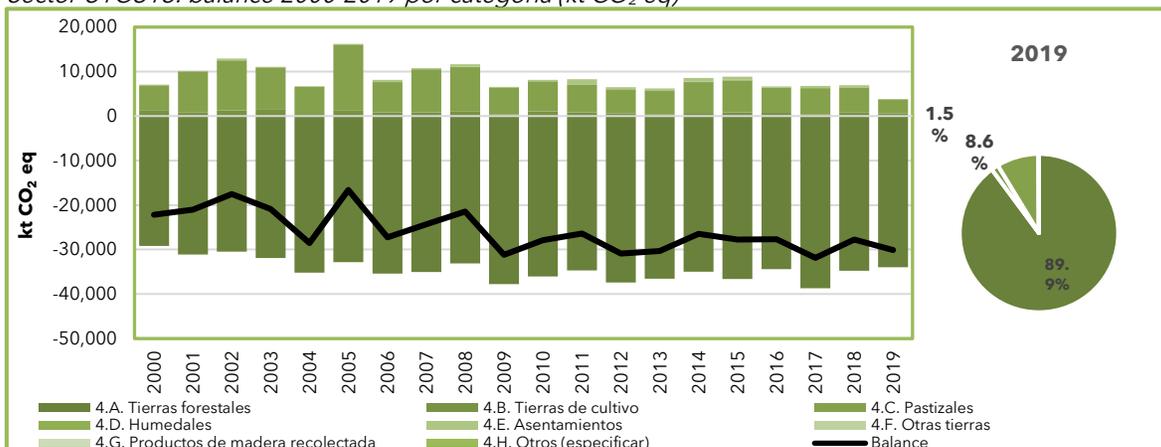
Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.A. Tierras forestales	-29,213.7	-35,431.7	-34,697.4	-34,363.4	-38,665.8	-34,723.6	-33,947.4
4.B. Tierras de cultivo	1,334.4	815.6	817.2	952.8	454.1	751.4	552.8
4.C. Pastizales	5,506.2	6,799.9	6,192.7	5,373.0	5,803.6	5,694.1	3,254.0
4.D. Humedales	163.7	NO	143.1	25.6	30.3	3.0	NO
4.E. Asentamientos	28.7	545.8	1,118.3	270.2	511.2	449.8	26.9
4.F. Otras tierras	NO	NO	NO	59.0	NO	50.3	NO
<b>Balance</b>	<b>-22,180.6</b>	<b>-27,270.5</b>	<b>-26,426.1</b>	<b>-27,682.7</b>	<b>-31,866.6</b>	<b>-27,775.0</b>	<b>-30,113.7</b>

Nota: NO = No ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.6. 1.**

*Sector UTCUTS: balance 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Las emisiones por tipo de GEI del sector UTCUTS estuvieron representadas por un 98.9 % de CO<sub>2</sub>, seguido por un 0.7% de CH<sub>4</sub>, y un 0.4 % de N<sub>2</sub>O. Respecto a los gases precursores se reportan CO (6.5 kt) y NO<sub>x</sub> (158.3 kt) productos de las quemas de biomasa de tierras forestales, de cultivos y pastizales.

### RE.6.2. Definiciones de uso de la tierra y los sistemas de clasificación

El sector UTCUTS incluye las seis categorías de uso de la tierra. La definición y desagregación nacional y su homologación con las *Directrices del IPCC* de 2006 se presentan en la Tabla RE. 6. 2:

**Tabla RE. 6. 2.**

*Homologación entre las definiciones de uso de la tierra de las Directrices del IPCC de 2006 y Panamá*

Categoría de uso de la tierra según el IPCC	Definición IPCC	Subdivisión según Panamá	Definición de Panamá
Tierras forestales	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> .	<i>Bosque maduro</i>	Bosque en un estado sucesional avanzado o en su etapa final de sucesión, que pudo o no estar sujeto a un aprovechamiento selectivo.
		<i>Bosque secundario</i>	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.
		<i>Plantación latifoliada</i>	Bosque predominantemente compuesto por árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada.
		<i>Plantación conífera</i>	Puede ser formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos.
		<i>Manglar</i>	Grupo de árboles, arbustos, matorrales, algunos helechos y/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.
		<i>Rastrojo</i>	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.

<i>Categoría de uso de la tierra según el IPCC</i>	<i>Definición IPCC</i>	<i>Subdivisión según Panamá</i>	<i>Definición de Panamá</i>
<i>Tierras de cultivo</i>	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, y tierras convertidas en tierras de cultivo.</i>	<i>Cultivo anual</i>  <i>Cultivo perenne</i>	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").
<i>Pastizales</i>	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.	<i>Pasto</i>	Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.
<i>Humedales</i>	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, tierras de cultivo, pastizales o asentamientos.</i> Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.	<i>Tierras inundadas</i>  <i>Cuerpos de agua naturales/v egetación baja inundable</i>	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.
<i>Asentamiento</i>	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.	<i>Asentamiento</i>	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.
<i>Otras tierras</i>	Incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías.	<i>Otras tierras</i>	Misma definición nacional

**Nota:** Las definiciones nacionales provienen del Nivel de Referencia Forestal de Panamá 2018, mientras que la definición de la subcategoría «Manglar» se tomó del documento sobre Manglares de Panamá (ANAM & ARAP, 2013).

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

A su vez, cada categoría, subcategoría y subdivisión de uso de la tierra, establecida por el país, fue desagregada de acuerdo con la región climática (tropical montano, tropical muy húmedo y tropical húmedo), tipo de suelo (suelo de arcilla de baja actividad), prácticas de laboreo (laboreo total, laboreo reducido y sin laboreo), entrada de materia orgánica (entrada alta, entrada media y entrada baja) y tipo de pasto (pasto mejorado, pasto moderadamente degradado, pasto no degradado y pasto severamente degradado).

### RE.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) de las *Directrices del IPCC* de 2006. Contando con datos de actividad año a año en una serie que comprende información desde 2000 hasta 2019, utilizando el software *Collect Earth Online*.

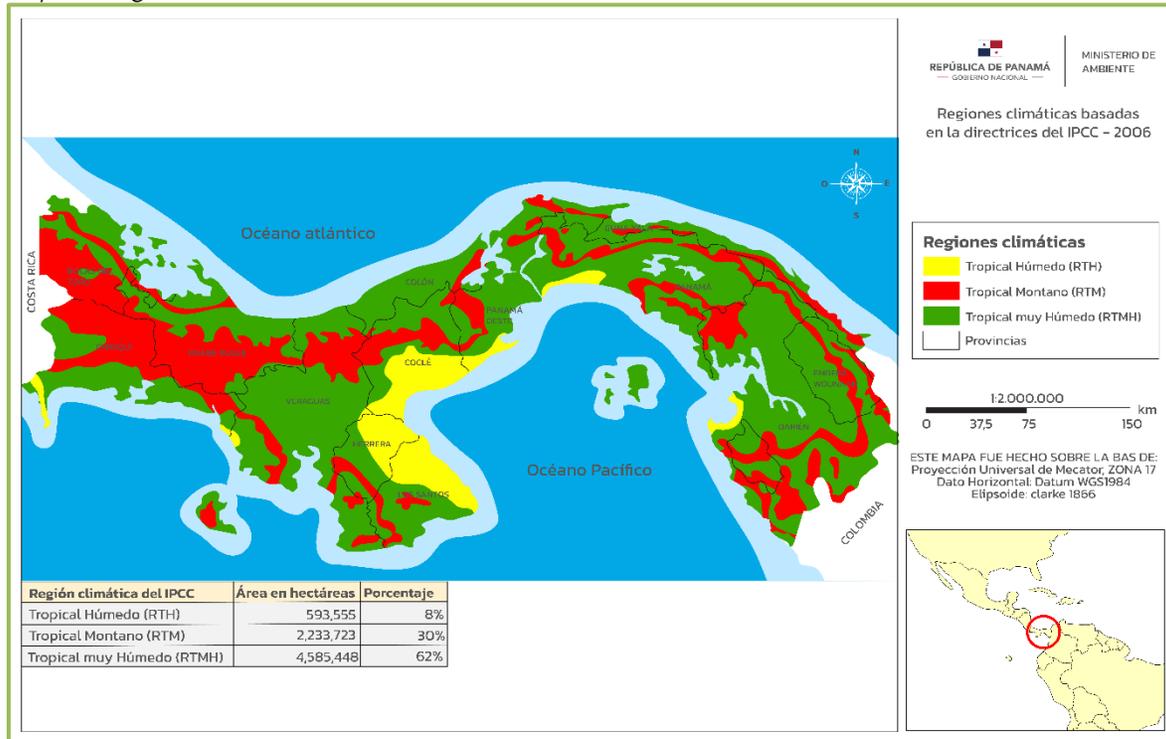
El diseño de muestreo para la obtención de datos geoespaciales (interpretación de imágenes satelitales) se desarrolló en la actividad denominada "Mapatón 2021", la que incluyó un muestreo aleatorio estratificado en cuatro estratos estadísticos y estratificados a posteriori en tres regiones climáticas. Esta actividad es el resultado de la colaboración interinstitucional entre el Ministerio de Ambiente, el Servicio Forestal de los Estados Unidos y personal de la FAO.

Como resultado final se estableció un tamaño de muestra de 9,800 unidades de muestreo distribuidas aleatoriamente en cuatro estratos estadísticos (muestreo aleatorio estratificado). La combinación de los cuatro estratos estadísticos originales y las tres regiones climáticas de Panamá dio como resultado un total de doce estratos. Este proceso de estratificación a posteriori permitió mejorar la representatividad estadística de los cálculos de áreas de uso de la tierra, contar con datos de actividad y seleccionar factores de emisión por región climática, dando como resultado una menor incertidumbre global del sector UTCUTS. La unidad de muestreo consistió en parcelas de una (1) ha.

Para agrupar los datos de actividad por región climática, se empleó el mapa de Regiones Climáticas (Figura RE.6. 2) elaborado por el equipo técnico de la Dirección de Cambio Climático y la Dirección de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente. Las parcelas del Mapatón 2021 se proyectaron sobre el mapa de regiones climáticas y se usó la herramienta Intersecar de ArcGis para que cada una de las parcelas se asociara a una región climática específica.

**Figura RE.6. 2.**

*Mapa de regiones climáticas de Panamá.*



**Fuente:** Elaborado propia, Dirección de Cambio Climático y Dirección de Información Ambiental, 2020.

#### **RE.6.4. Tierras forestales (FCR 4.A)**

Esta categoría incluye las emisiones de GEI y absorciones de CO<sub>2</sub> generadas como resultado de cambios en los depósitos de C en las *tierras forestales que permanecen como tales* y en las *tierras convertidas en tierras forestales* (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones y absorciones de *tierras forestales que permanecen como tales*, así como *tierras convertidas en tierras forestales*. Adicionalmente, se estima el carbono liberado/secuestrado producto de los cambios entre las diferentes subcategorías dentro de *tierras forestales* (ej. de rastrojo a bosque secundario, o viceversa). No se incluye los suelos orgánicos, ya que se asume para el país que todos los suelos son minerales.

En 2019, el balance de la categoría contabilizó una absorción neta de 33,947.4 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 16.2 % desde 2000, pero disminuyendo en un 12.2 % desde 2017 (Figura RE.6. 3). Este aumento se debe en gran parte a las *tierras forestales que permanecen como tales* debido al incremento medio anual de la biomasa de las tierras forestales. También, se registra una reducción en las tierras de *pastizales convertidas a tierras forestales* en los últimos años. La subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales* representa el 89.7 % del balance de la categoría, mientras que *tierras convertidas en tierras forestales* representan el restante 10.3 % (Tabla RE. 6. 3 y Figura RE.6. 1).

**Tabla RE. 6. 3.**

*Tierras forestales: balance por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

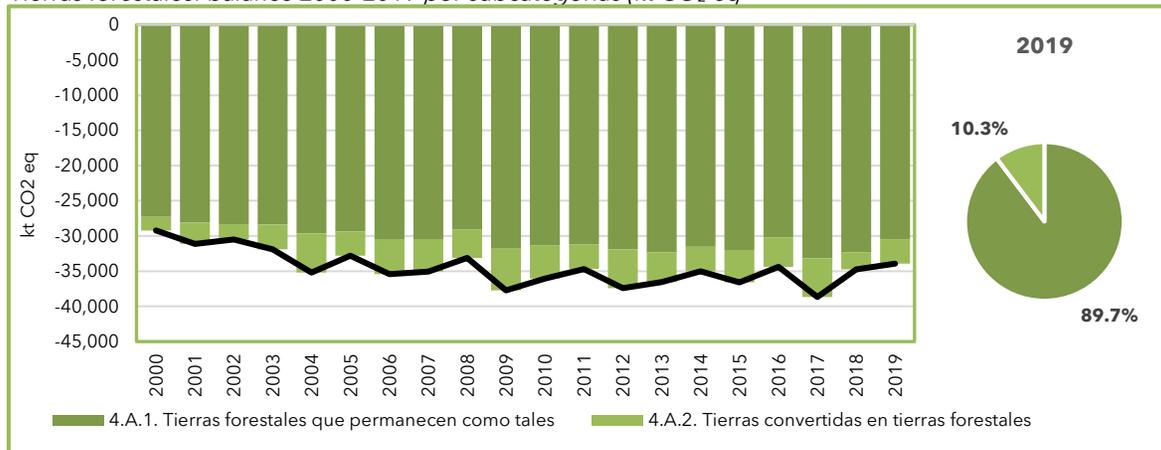
Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-27,289.2	-29,343.2	-31,307.3	-32,322.3	-33,148.2	-32,280.1	-30,452.7
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	-1,924.5	-3,459.5	-4,748.8	-4,230.4	-5,517.6	-2,443.4	-3,494.6
<b>Balance</b>	<b>-29,213.7</b>	<b>-32,802.7</b>	<b>-36,056.1</b>	<b>-36,552.7</b>	<b>-38,665.8</b>	<b>-34,723.6</b>	<b>-33,947.4</b>

Nota: Los valores en positivo significan emisiones y en negativo absorciones.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.6. 3.**

*Tierras forestales: balance 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto a los tipos de tierras forestales que aportan mayormente a las absorciones en 2019, un 40.6 % corresponde a rastrojo, un 32.4 % a bosque secundario, un 13.1 % a bosques maduros, un 7.0 % a plantaciones latifoliadas, un 6.3 % a bosques de manglar y, finalmente, las plantaciones coníferas con un aporte mucho menor de 0.6 % (Tabla RE. 6. 4 y Figura RE.6. 4). Se mantiene en pie la relevancia significativa que tienen los rastrojos y bosques secundarios.

**Tabla RE. 6. 4.**

*Tierras forestales: balance por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

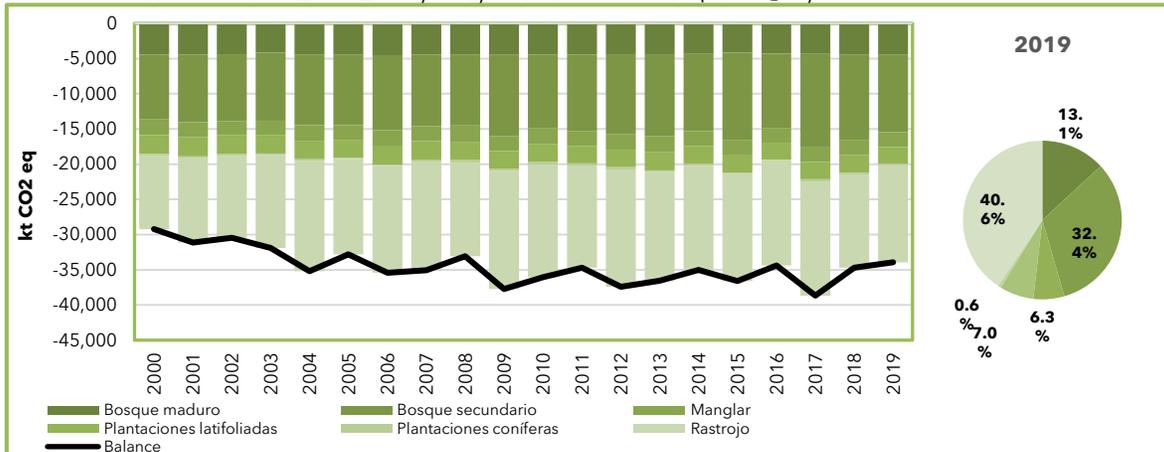
Tipo de tierra forestal	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Bosque maduro	-4,406.6	-4,488.5	-4,439.6	-4,356.8	-4,353.8	-4,475.7	-4,455.9
Bosque secundario	-9,249.7	-9,981.7	-10,471.0	-11,655.8	-13,280.7	-12,078.1	-10,999.0
Manglar	-2,196.6	-2,064.5	-2,243.2	-2,301.6	-2,085.7	-2,123.5	-2,142.3
Plantaciones latifoliadas	-2,649.0	-2,584.2	-2,551.4	-2,549.5	-2,401.9	-2,502.2	-2,368.7
Plantaciones coníferas	-292.4	-144.9	-333.6	-210.3	-321.5	-275.5	-203.4
Rastrojo	-10,419.4	-13,538.8	-16,017.2	-15,478.6	-16,222.1	-13,268.6	-13,778.0
<b>Balance</b>	<b>-29,213.7</b>	<b>-32,802.7</b>	<b>-36,056.1</b>	<b>-36,552.7</b>	<b>-38,665.8</b>	<b>-34,723.6</b>	<b>-33,947.4</b>

Nota: en el caso de *bosque maduro que permanece como tal* se estima que encuentra en equilibrio, por lo tanto, su emisión es igual a su absorción.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.6. 4.**

*Tierras forestales: balance 2000-2019 por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### RE.6.5. Tierras de cultivo (FCR 4.B)

Esta categoría aborda las emisiones y absorciones producto de las *tierras de cultivo que permanecen como tales* y las *tierras convertidas en tierra de cultivo*. Se incluyen los 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 los depósitos de C en las *tierras de cultivo* (anual o perenne) segregado por región climática y tipo de suelo.

En 2019, el balance de la categoría contabilizó 552.8 kt CO<sub>2</sub>eq, disminuyendo en un 58.6 % desde 2000, pero aumentando en un 21.7% desde 2017. El comportamiento del balance ha permanecido fluctuante a lo largo de la serie, lo que puede deberse a las dinámicas de la producción agrícola nacional (aumento de importaciones), las pocas tierras convertidas a tierras de cultivo o, en algunos casos, al abandono de tierras agrícolas por la falta de precios competitivos, escasa mano de obra o al aumento del precio de los insumos.

### RE.6.6. Pastizales (FCR 4.C)

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> y no CO<sub>2</sub> de *pastizales que permanecen como tales* y las emisiones y absorciones de las *tierras convertidas en pastizales*, así como las quemadas de pastizales (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones provenientes de los cambios en los depósitos de C de las *tierras convertidas en pastizales*. Es importante señalar que 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*, lo cual equivale a las emisiones de la categoría *quemadas prescritas de sabanas* del sector Agricultura, así como las emisiones no CO<sub>2</sub> producto de la transición de *tierras forestales a pastos*.

En 2019, el balance de la categoría contabilizó 3,254.0 kt CO<sub>2</sub>eq, disminuyendo en un 40.9 % desde 2000 y en un 43.9 % desde 2017 (Tabla RE. 6. 5 y Figura RE.6. 5); debido a una disminución en la conversión de *tierras forestales a pastizales*. Sin embargo, es importante notar que a lo largo de la serie se mantiene un incremento gradual de *tierras de cultivos convertidas en pastizales*, lo cual puede explicar en parte el abandono de tierra agrícola y disminución en las emisiones de *tierras de cultivos*.

**Tabla RE. 6. 5.**

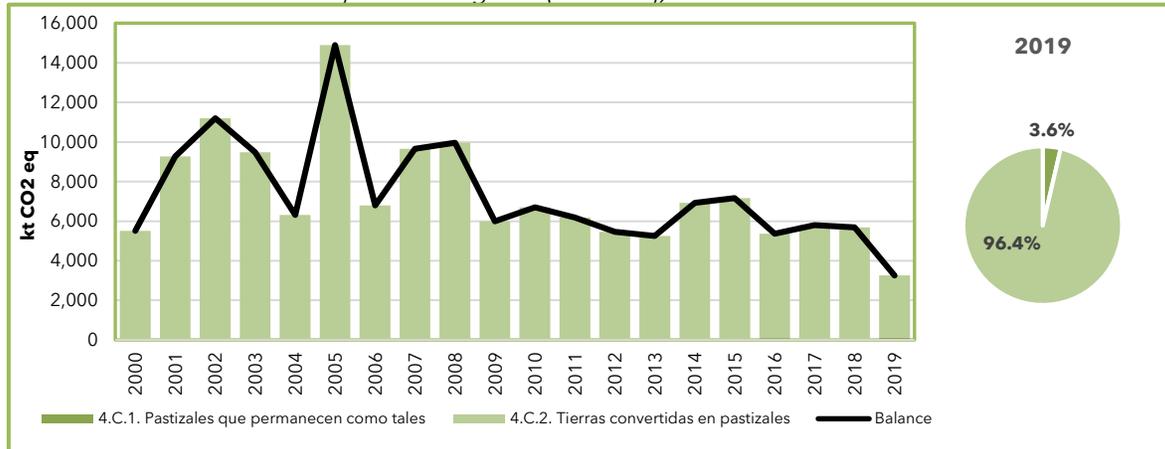
*Pastizales: balance por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq).*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.5	7.6	4.1	4.2	18.3	15.3	118.6
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	5,501.7	14,884.4	6,688.2	5,255.4	5,785.3	5,678.8	3,135.4
<b>Balance</b>	<b>5,506.2</b>	<b>14,892.0</b>	<b>6,692.3</b>	<b>5,259.6</b>	<b>5,803.6</b>	<b>5,694.1</b>	<b>3,254.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.6. 5.**

*Pastizales: balance 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub>eq).*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

## RE.6.7. Humedales (FCR 4.D)

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 ocurre en el país. La subcategoría de *tierras inundadas* sí ocurre en el país, principalmente debido a proyectos hidroeléctricos. Por este motivo se hizo la distinción para esta serie temporal entre *tierras inundadas*

(alteradas por la mano del hombre) de los *cuerpos de aguas naturales y vegetación baja inundable*. En 2019 no se registran emisiones GEI debido a que las tierras de humedales se mantuvieron como tal.

### RE.6.8. Asentamientos (FCR 4.E)

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> producto de la conversión de *tierras a asentamientos* (IPCC, 2006). En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones provenientes de los cambios de los depósitos de C desde tierras a asentamientos.

En 2019, el balance de la categoría contabilizó 26.9 kt CO<sub>2</sub>eq, disminuyendo en 6.2 % desde 2000 y en un 94.7 % desde 2017. Para este último año, estas emisiones provienen de *tierras de cultivo y pastizales* convertidas en *asentamientos*. Sin embargo, a lo largo de la serie se observa que gran parte de las tierras forestales también fueron convertidas directamente en asentamientos.

### RE.6.9. Otras tierras (FCR 4.F)

Esta categoría aborda las emisiones/absorciones de los cambios producidos en la conversión de tierras a *otras tierras* (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, la categoría incluye 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. Según las estimaciones realizadas, solo se registran emisiones para 2016 y 2018.

## RE.7. Sector Residuos (FCR 5)

### RE.7.1. Panorama general del sector

El sector Residuos aborda las emisiones de GEI generadas por la disposición y tratamiento de residuos, el tratamiento biológico de los residuos sólidos, la incineración e incineración abierta de residuos y el tratamiento y eliminación de aguas residuales (IPCC, 2006). En el contexto nacional, este sector incluye las emisiones de las categorías *disposición de los residuos sólidos* y el *tratamiento y descargas de aguas residuales*.

El sector Residuos representó un 3.1 % del balance nacional de GEI en 2019 (7.3 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,634.6 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 106.2 % desde 2000 y en un 0.2 % desde 2017 (Tabla RE.7. 1 y Figura RE.7. 1). El aumento de los residuos producidos a nivel general y el aumento de la población nacional, pero particularmente en la capital (Ministerio de Ambiente, 2014), teniendo en cuenta que es un parámetro que incide proporcionalmente en el aumento de las emisiones del sector.

Con respecto a las categorías estimadas del sector, en 2019 un 81.1 % corresponde a *disposición de residuos sólidos* y un 19 % a *tratamiento y descarga de aguas residuales*. Esto demuestra la relevancia que tiene la actividad de la disposición de residuos sólidos a nivel nacional.

**Tabla RE.7. 1.**

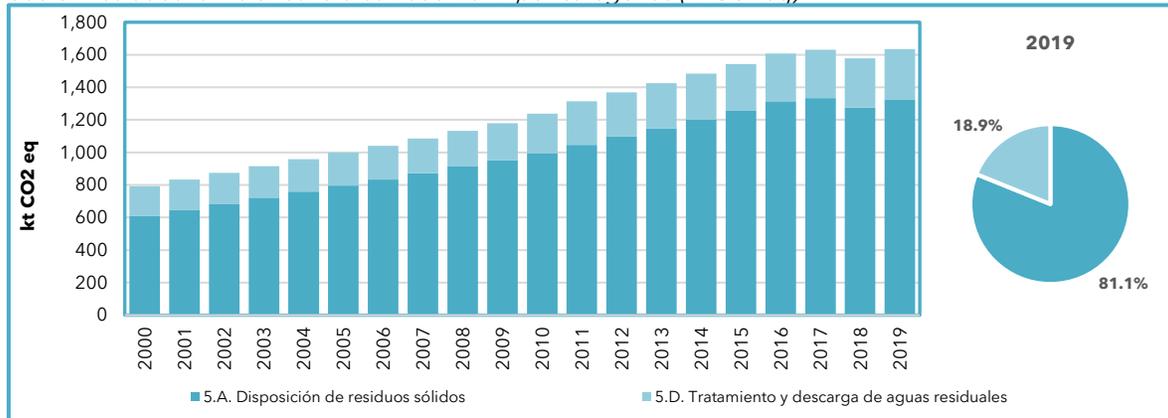
*Sector Residuos: emisiones totales por categoría (kt CO<sub>2</sub>eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
5.A. Disposición de residuos sólidos	610.8	796.2	995.3	1,149.1	1,334.0	1,274.4	1,326.1
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	182.1	203.6	243.3	277.0	297.9	303.2	308.5
<b>TOTAL</b>	<b>792.8</b>	<b>999.7</b>	<b>1,238.5</b>	<b>1,426.1</b>	<b>1,631.9</b>	<b>1,577.6</b>	<b>1,634.6</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura RE.7. 1.**

*Sector Residuos: emisiones totales 2000-2019 por categorías (kt CO<sub>2</sub>eq).*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

En cuanto a las emisiones del sector por tipo de GEI, en el 2019 estuvieron representadas por un 96.7 % de CH<sub>4</sub> y un 3.3 % de N<sub>2</sub>O.

### RE.7.2. Disposición de residuos sólidos (FCR 5.A)

El tratamiento y la disposición de los residuos sólidos municipales, industriales y otros tipos de residuos producen cantidades significativas de CH<sub>4</sub> y, en menor medida, de CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> biogénico se genera por la descomposición de la materia orgánica derivada de la biomasa y no se incluye en la contabilidad del sector. La estimación de emisiones para esta categoría varía respecto a las características de control, disposición de los residuos y gestión de los sitios de disposición de residuos sólidos (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de CH<sub>4</sub> de la subcategoría *sitios de disposición de residuos no gestionados*, dado que no se cuenta con un desglose de todos los tipos de sitio de disposición a nivel país.

En 2019, las emisiones contabilizaron 1,326.1 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 117.1 % desde 2000 y disminuyéndose en un 0.6 % desde 2017. El aumento poblacional y sus patrones de consumo son los factores que inciden en el aumento de la cantidad de residuos producidos a nivel nacional (Ministerio de Ambiente, 2019).

### RE.7.3. Tratamiento y eliminación de aguas residuales (FCR 5.D)

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del tratamiento y eliminación de aguas residuales (municipales e industriales). Las aguas residuales se originan de las actividades domésticas, comerciales e industriales, y existen diferentes tipos de sistemas para su disposición como alcantarillados conectados a plantas de tratamiento, tanques sépticos, letrinas o vertidas directamente a fuentes de aguas superficiales, entre otros (IPCC, 2006). En el contexto nacional, esta categoría incluye los GEI de *aguas residuales domésticas*.

En 2019, las emisiones contabilizaron 308.5 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 69.4 % desde 2000 y en un 3.5 % desde 2017. El volumen de agua demandada por la población creciente se traduce en mayores volúmenes de generación de aguas residuales y se espera que el volumen siga creciendo en los próximos años (Ministerio de Ambiente, 2021).

## RE.8. Nuevos cálculos y mejoras del INGEI

La necesidad de contar con una serie de tiempo y un año base de las emisiones para que el país pueda contar con información sobre las tendencias históricas de las mismas y realizar un seguimiento de los efectos de las acciones de mitigación a nivel nacional, sumado al compromiso de contar con inventarios más transparentes y robusto, ha llevado a la implementación de nuevos cálculos y mejoras. A continuación, se presentan las diferencias del presente INGEI con respecto al último inventario reportado previamente por el país ante la CMNUCC, y se justifican los nuevos cálculos y mejoras en el inventario.

### RE.8.1. Justificación e implicancias de los nuevos cálculos

Este nuevo INGEI al igual que el INGEI 2020 presentado con el 2IBA fueron elaborados siguiendo los lineamientos establecidos por las *Directrices del IPCC* de 2006. Para el presente inventario se mejoraron ciertos aspectos metodológicos para sectores como Energía, IPPU, UTCUTS y Residuos para toda la serie temporal. Adicionalmente, se logró incorporar el uso de ciertos factores de emisión del Refinamiento 2019 de las *Directrices del IPCC* de 2006.

El presente INGEI ha sido elaborado por capacidades nacionales y representa la primera serie temporal con el SSINGEI en marcha, lo que hizo posible incrementar la exhaustividad a la hora de obtener los datos de actividad, el mapeo de nuevas fuentes y la implementación de mejoras identificadas previamente.

Dado que Panamá está comprometido con contar con inventarios cada vez más robustos, comparables y consistentes, la mejora más significativa para este inventario se centra en los métodos para la correcta representación de las tierras, ya que se logró consensuar el uso de los datos de actividad empleando un muestreo estadístico de fotointerpretación con *Collect Earth*, generados por el Mapatón 2021. Esto dio como resultado el recálculo de las estimaciones del sector UTCUTS para así contar con una serie temporal desde el año 2000 al 2019.

Pese a lo descrito anteriormente, las diferencias entre el INGEI actual y el INGEI anterior no son muy significativas; sin embargo, se observó un importante incremento en las absorciones netas de CO<sub>2</sub> en el INGEI actual. También se observan variaciones del perfil de emisiones y absorciones de GEI del país. Esta diferencia está dominada por los cambios del sector UTCUTS y dan como resultado un promedio porcentual de -7.2 % para los años comparados.

**Tabla RE.8. 1.**

*Nuevos cálculos: comparación del balance nacional de GEI del INGEI2020 y el INGEI2022 (kt).*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI 2020	-13,654.1	-17,187.4	-13,215.4	-11,777.4	-9,758.3
INGEI actual	-12,814.8	-6,201.2	-13,197.6	-13,955.2	-14,103.1
<b>Diferencia</b>	<b>839.30</b>	<b>10,986.20</b>	<b>17.80</b>	<b>-2,177.80</b>	<b>-4,344.80</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-6.15%</b>	<b>-63.92%</b>	<b>-0.13%</b>	<b>18.49%</b>	<b>44.52%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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.

## RE.8.2. Aspectos relevantes en los nuevos cálculos y plan de mejora

### RE.8.2.1. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Energía

El presente INGEI incluye mejoras en la calidad de los datos y el tratamiento de los mismos. Se actualizó el factor de conversión de la IEA aplicado a los datos brutos (de kbp a TJ) utilizando el que se encuentra público en el sitio web de la agencia. Adicionalmente, se corrigieron los factores de emisión de CH<sub>4</sub> de otro queroseno y otro carbón bituminoso utilizado en el cálculo de las emisiones de la subcategoría *industrias manufactureras y de la construcción*.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Energía se ha considerado lo siguiente:

- Tomando en consideración que la mayoría de las subcategorías bajo *actividades de quema del combustible* han sido identificadas como categorías principales, 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<sub>2</sub>, y a partir de ello estimar las emisiones con el método de Nivel 2.

- Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE, para la mejora de la información de los años anteriores a 2004.
- Implementación del Sistema de Información Energética de Panamá (siePanamá) y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.
- Investigar opciones para la desagregación del consumo de diesel oil en las barcasas de apoyo del Canal de Panamá del total reportado por la AMP. Asimismo, desagregar la información respecto a la navegación dentro del BEN.
- Estimación de los datos de consumo de combustible de la navegación marítima (2000 - 2008), utilizando técnicas de empalme de datos como la extrapolación y la correlación.
- Investigar opciones para desagregar del consumo de combustibles en *vehículos todoterreno y otra maquinaria y pesca nacional e internacional del transporte terrestre*.

#### RE.8.2.2. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector IPPU

Para este INGEI se mejoró la categoría *uso de lubricantes* a través de la desagregación de los datos de actividad en *lubricantes y grasas*; esto permitió una mejora metodológica a la categoría mediante la implementación de la metodología Nivel 2 que dicta las *Directrices del IPCC* de 2006. Adicionalmente, se excluyeron las emisiones por *producción de cal* porque, mediante visita a campo, se confirmó que la actividad no produce emisiones de GEI para este sector, mientras que una revisión de la UNO a su base de datos permitió identificar nuevas fuentes de consumos de HFC.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector IPPU se ha considerado lo siguiente:

- Desarrollar factores de emisión país específico con el apoyo de los actores clave, principalmente en las categorías principales del balance nacional, como producción de cemento y el uso de productos sustitutos de las SAO.
- Implementar un sistema de transferencias de información con el sector privado, a través de convenios y acuerdos de cooperación. Debido a la relevancia que tiene como proveedor de datos para este sector.
- Robustecer la búsqueda de los datos de actividad que no fueron posible conseguir para estos nuevos cálculos. Principalmente la información referente a los pequeños, producción de vidrios, el uso de SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos, la data de los sustitutos de las SAO previa a 2012 y uso de anestésicos con fines médicos.

- Establecer una sinergia con la Autoridad Nacional de Aduanas 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.

### RE.8.2.3. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Agricultura

En el INGEI 2000-2019 se realizaron nuevos cálculos en la categoría *quema de residuos agrícolas en el campo* debido, principalmente, al ajuste y uso apropiado de la masa de combustible aplicado a cada una de las subcategorías, por lo que se presentan diferencias en las estimaciones con respecto a la serie presentada en el 2IBA

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Agricultura se ha considerado lo siguiente:

- Desarrollo de factores de emisión país específico para las categorías principales del sector, en especial para la *fermentación entérica de otros vacunos y ganado lechero*.
- Investigar, a través de los expertos del sector, sobre información de los diferentes sistemas de gestión de estiércol y masa típica de animal que le permita al equipo técnico de Agricultura contar con datos más exactos para las estimaciones.
- Se estimarán las emisiones producto del *nitrógeno mineralizado resultante de la pérdida en las existencias de carbono orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión* y la subcategoría *residuos agrícolas*.

### RE.8.2.4. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS

En este INGEI se estimaron las emisiones y absorciones año a año, a diferencia del inventario anterior; con una metodología actualizada y consistente para la estimación de los datos de actividad de uso y cambio de uso de la tierra en hectáreas. Además, se contó 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*.

Mejoras al inventario del sector UTCUTS para el presente inventario:

- Se implementó un protocolo de muestreo con el software *Collect Earth Online* (CEO). Este proceso permitió: mejorar la estimación de los datos de actividad de uso y cambio de uso de la tierra y disminuir la incertidumbre, construir una serie temporal año a año para el período 2000 al 2019;

disminuyendo con ello la posibilidad de que se subestimen emisiones o sobreestimen absorciones por cambios entre categorías de uso de la tierra.

- Se empleó información actualizada de factores de emisión (biomasa) derivada 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*.
- Se cuenta con un plan de acción para mejorar la compilación de los siguientes datos estadísticos: aprovechamiento forestal (plantaciones y bosque natural) provenientes de la Dirección Forestal, de la Dirección de Política Ambiental y de quemados e incendios de masas vegetales provenientes de la Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental.
- El trabajo de cálculo y estimación de las emisiones y absorciones del sector UTCUTS fue desarrollado con capacidades nacionales y los resultados fueron revisados por un panel de expertos técnicos de la CMNUCC como parte de un proceso de garantía de la calidad.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector UTCUTS se ha considerado lo siguiente:

- Realizar la estimación de datos de actividad de los años 2020 y 2021 aplicando el protocolo de muestreo de uso de la tierra en *Collect Earth Online* (Proceso Mapatón 2023).
- Impulsar la inclusión de estimaciones de emisiones y absorciones de *productos de madera recolectada*. No se cuenta con una hoja de ruta, pero se necesita capacitación en este tema para planificar un abordaje.
- 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.
- Incorporar observaciones relacionadas con los procesos de cálculo en hojas de trabajo y aplicación de las *Directrices del IPCC de 2006* realizadas por el equipo de expertos de la CMNUCC (ver tabla 8.11 IIN 2020).
- Implementar los planes de acción para mejorar la recopilación de datos estadísticos provenientes de la Dirección Forestal, de la Dirección de Política Ambiental y la Dirección de Verificación Ambiental.

#### RE.8.2.5. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Residuos

La diferencia de los resultados de la serie temporal con el INGEI previo se deben a la actualización de datos de actividad en una de sus categorías. En el caso de la categoría de *disposición de residuos sólidos* se utilizaron las mismas fuentes de información y factores de emisión, por lo que solamente fueron añadidos los años restantes de la serie temporal. En el caso de la categoría de *tratamiento y descargas de aguas residuales*, las diferencias se atribuyen a la utilización de

nuevos datos provenientes del INEC. Los datos de los años faltantes fueron calculados mediante interpolación de datos.

La información de la categoría de *disposición de residuos sólidos* es la misma que fue sometida a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al equipo técnico de Residuos en el ciclo de inventario anterior. En el recálculo de las estimaciones se tomaron en cuenta, en la medida que fue posible, algunas mejoras en la serie temporal.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Residuos se ha considerado lo siguiente:

- Mejorar la información sobre los flujos de los residuos sólidos, aguas residuales y lodos en el país.
- 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 la extrapolación basada en drivers, combinadas con otras opciones incluyendo licitación de expertos y datos de soporte que pudieran captarse para ese objetivo.
- Mejorar la estimación realizada con acciones como incluir la aplicación del modelo de residuos del IPCC como está concebido y separando, en la extensión posible, las corrientes de residuos abordadas en este.
- Corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.
- Implementar acciones para mejorar, en la extensión posible, la información sobre la ocurrencia de incineración abierta/incendios en los SDRS del país.
- Elaboración de un análisis profundo para la selección de factores de emisión, como es el caso del MCF, que se basa en los tipos de sitios de disposición y actualmente no existe categorización de dichos sitios por profundidad.
- Implementación de un sistema de registro de los volúmenes que ingresan a los sitios de disposición de residuos a nivel nacional.
- Realizar acciones para recolectar la información necesaria para la estimación de la categoría *incineración y quema abierta de residuos*, específicamente, la subcategoría de *incineración de desechos*.
- Realizar acciones para recolectar la información necesaria para la estimación de la categoría *tratamiento biológico de residuos sólidos*.
- Homologación de definiciones de las *Directrices del IPCC* con el equipo técnico sectorial del sector Residuos, como por ejemplo las de eliminación y tratamiento de aguas residuales.
- Realizar acciones para recolectar la información necesaria para la estimación de la subcategoría de *tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales*.

---

# 1 INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 2000-2019



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. INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 2000 - 2019

Este es el Resumen Ejecutivo del Informe del Inventario Nacional 2022 (IIN2022), que incluye el sexto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2019<sup>12</sup> (INGEI 2022), siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 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<sup>13</sup>.

Este resumen incluye un contexto y los antecedentes de los inventarios nacionales de GEI, seguido de una descripción de los arreglos institucionales; el proceso de elaboración del inventario; metodologías y fuentes de información, sistemas de medición; el análisis de las categorías principales; y la evaluación de la incertidumbre y la exhaustividad. Posteriormente, se presenta la tendencia de las emisiones y absorciones de GEI del país, seguido del análisis de cada uno de los sectores: Energía, Procesos industriales y uso de productos (IPPU), Agricultura, Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), y Residuos. Finalmente, se describen los aspectos relevantes de los nuevos cálculos y el plan de mejora del inventario.

### 1.1. Contexto y antecedentes sobre los inventarios nacionales de GEI

La influencia humana en el sistema climático es ahora un hecho establecido: El Cuarto Informe de Evaluación (AR4) declaró en 2007 que el 'calentamiento del sistema climático es inequívoco', y el AR5 afirmó en 2013 que 'la influencia humana en el sistema climático es clara'. La evidencia combinada de todo el sistema climático refuerza esta conclusión. Es inequívoco que el aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en la atmósfera durante la era industrial es el resultado de actividades humanas y que la influencia humana es el principal impulsor de muchos cambios observados en la atmósfera, océano, criosfera y biosfera. (IPCC , 2021)

La CMNUCC, de la cual Panamá forma parte desde su ratificación mediante la Ley No. 10 de 12 de abril de 1995, 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).

<sup>12</sup> El Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 2000-2019 es parte de los anexos técnicos que acompañan a la Cuarta Comunicación de Nacional de Cambio Climático de Panamá.

<sup>13</sup> Más información en [https://unfccc.int/sites/default/files/convention\\_text\\_with\\_annexes\\_spanish\\_for\\_posting.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf)

Con la ratificación de la CMNUCC, Panamá se une a la mayoría de los países que adquieren el compromiso de elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes sus inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes de emisión y de absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables. En general, los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (INGEI) tienen el objetivo de contabilizar las emisiones y absorciones de GEI antropogénicas del territorio nacional, incluyendo los administrativos y las zonas marinas en los cuales el país tiene jurisdicción, durante un período de tiempo específico, generalmente correspondiente a un año calendario.

Un inventario nacional de GEI contabiliza las emisiones y absorciones de GEI antropogénicas del territorio nacional, incluyendo los administrativos y las zonas marinas en los cuales el país tiene jurisdicción, durante un período de tiempo específico, generalmente correspondiente a un año calendario. La secuencia de estimaciones anuales de los inventarios (p. ej. cada año, desde 2000 a 2019) se denomina serie temporal. Debido a la importancia de hacer el seguimiento de las tendencias de emisiones a través del tiempo, los países deben garantizar que la serie temporal de estimaciones sea lo más coherente posible.

Además de cumplir con las obligaciones de presentación de información ante la CMNUCC, la elaboración y presentación de inventarios nacionales de GEI pueden proporcionar una serie de otros beneficios a un país. Estos incluyen:

- Proporcionar información útil para la evaluación y planificación del desarrollo económico, como la información sobre el suministro y la utilización de recursos naturales (p. ej. tierras de cultivo, bosques, recursos energéticos) e información sobre la demanda y producción industrial.
- Proporcionar información útil para abordar otros problemas ambientales (p. ej. calidad del aire, uso de la tierra, gestión de desechos, etc.).
- Aclarar las lagunas de datos nacionales que, si se llenan, pueden ser beneficiosas por otras razones (p. ej. datos de flotas de vehículos).
- Evaluar las opciones de mitigación de GEI.
- Sentar las bases para los esquemas de comercio de emisiones (UNDP, 2005).

Panamá ha presentado previamente cinco INGEl ante la CMNUCC (Tabla 1. 1) por medio de canales de reporte oficial como los son: las Comunicaciones Nacionales, Informes Bienales de Actualización e Informes del Inventario Nacional (IIN), 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).

**Tabla 1. 1.**

*Inventarios Nacionales de GEI de Panamá presentados ante la CMNUCC*

Informe	Año de presentación	Período incluido	Metodología utilizada
Primera Comunicación Nacional <sup>14</sup>	2001	1994	Directrices Revisadas del IPCC de 1996
Segunda Comunicación Nacional <sup>15</sup>	2011	2000	Directrices Revisadas del IPCC de 1996
Tercera Comunicación Nacional <sup>16</sup>	2018	2005 y 2010	Directrices del IPCC de 2006
Primer Informe Bienal de Actualización <sup>17</sup>	2019	2013	Directrices del IPCC de 2006
Segundo Informe Bienal de Actualización <sup>18</sup> e IIN2020 <sup>19</sup>	2021	1994-2017	Directrices del IPCC de 2006

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Anteriormente, a 2019, los inventarios presentados por Panamá, con excepción de la *Primera Comunicación Nacional*, fueron elaborados con el apoyo de servicios externos de consultoría debido a la falta de arreglos institucionales y poca experiencia técnica a nivel nacional en esta temática, sin embargo, dada a la relevancia de los INGEI para la construcción de políticas públicas, el país optó por asumir la elaboración de esta herramienta, fortaleciendo su marco institucional. Para ello fue necesario institucionalizar procedimientos idóneos, así como los mecanismos necesarios para la creación y el fortalecimiento de la capacidad nacional que garanticen la elaboración y presentación periódica de estos inventarios. Es así como a partir de la elaboración del *Segundo Informe Bienal de Actualización*, se realiza la serie temporal del inventario con capacidades nacionales (MiAMBIENTE, 2022). La elaboración de estos inventarios inició desde 2018, con un proceso de construcción de capacidades técnicas nacionales.

Esta Cuarta Comunicación Nacional incluye el sexto INGEI de Panamá que presenta los resultados de la serie temporal 2000-2019 e incluye emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e hidrofluorocarbonos (HFC) y absorciones de CO<sub>2</sub> para los sectores de Energía, IPPU, Agricultura, UTCUTS y Residuos. Dado que Panamá se comprometió a contar con inventarios cada vez más robustos, comparables y consistentes, se hace necesario hacer uso de la flexibilidad del Marco Reforzado de Transparencia. A diferencia de la serie temporal presentada en el 2IBA (1994-2017), para este inventario se redefinió el año base a 2000, debido a las limitaciones para acceder a información completa, principalmente para el sector de UTCUTS, ya que, por las características y posición geográfica, el país no cuenta con imágenes satelitales continuas y libre de cobertura nubosa para el período de años comprendidos de 1990 a 1999. Por lo que en este inventario se generó un vacío de reporte, el cual está detallado en el IIN 2022.

<sup>14</sup> Disponible en [Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)  
<sup>15</sup> Disponible en [Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)  
<sup>16</sup> Disponible en [Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá](#)  
<sup>17</sup> Disponible en [Primer Informe Bienal de Actualización de Panamá](#)  
<sup>18</sup> Disponible en [Segundo Informe Bienal de Actualización de Panamá](#)  
<sup>19</sup> Disponible en [Primer Informe del Inventario Nacional de Panamá 2020](#)

Este INGEI fue liderado y preparado por capacidades nacionales. Adicionalmente, es el primer inventario desarrollado utilizando el marco establecido por el Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero de Panamá, también conocido como SSINGEI, herramienta de gestión de los inventarios, adaptada a la realidad nacional, la cual permitió la incorporación de mejoras metodológicas y de procedimientos.

### **1.1.1. Arreglos nacionales de Panamá para el INGEI**

El presente INGEI de Panamá es el resultado del esfuerzo coordinado por el Ministerio de Ambiente como punto focal del país ante la CMNUCC, en el marco del proyecto “Desarrollo de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC”, ejecutado por el Gobierno Nacional de la República de Panamá y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

A nivel nacional, según lo establecido en el artículo 87 del Texto Único de la Ley General de Ambiente, el Ministerio de Ambiente es la entidad responsable de elaborar periódicamente los INGEI con el apoyo de otras instituciones.

Desde 2018, el Ministerio de Ambiente inicia el proceso de mejora de la elaboración, actualización y presentación de inventarios, proceso que presentaba claras brechas al no estar institucionalizado, carecer de arreglos institucionales, procedimientos adecuados y falta de capacidades nacionales necesarias. Estas brechas se fueron superando con el establecimiento de un marco legal robusto y el fomento de la capacidad que trajo como resultado el establecimiento del SSINGEI de Panamá.

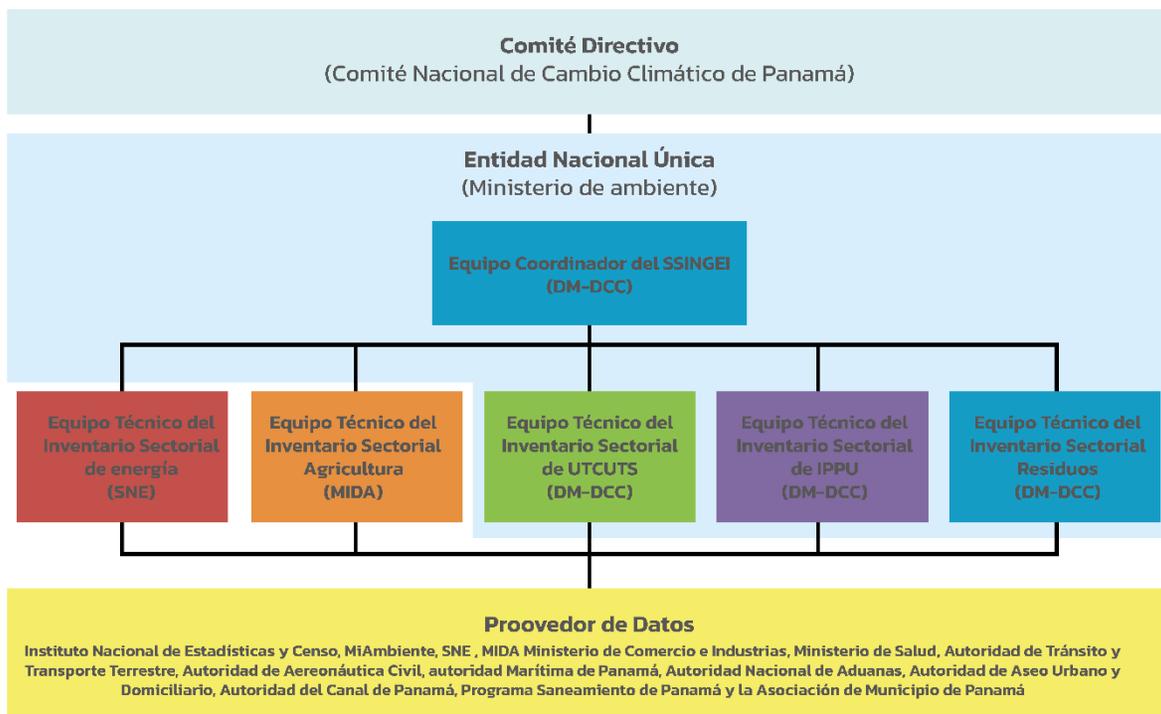
Posteriormente, esta responsabilidad mancomunada es formalizada mediante el Decreto Ejecutivo N°100 de 20 de octubre de 2020, el cual establece el SSINGEI como la herramienta nacional para la elaboración y actualización de inventarios y que comprende todos los arreglos institucionales y de procedimiento para tal fin. Mediante este decreto, se constituye al INGEI como la base científica para la formulación de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos nacionales que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI o al incremento de los sumideros de carbono a nivel nacional.

En concreto, se le otorga al Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente la responsabilidad y función de coordinar el SSINGEI; crear el Equipo Coordinador de Inventarios y los Equipo Técnicos Sectoriales, y dictar los roles y responsabilidades que tendrán las instituciones o partes interesadas en el desarrollo de los INGEI, tales como el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Ministerio de Salud (MINSAL), Ministerio de Comercio e Industrias (MICI), Secretaría Nacional de Energía (SNE), Autoridad Nacional de Aduanas (ANA), Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), entre otros.

Como muestra la (Figura 1. 1), la estructura organizacional del SSINGEI está conformada por el Ministerio de Ambiente, como entidad nacional única responsable final del inventario y que cuenta, a su vez, con: el Equipo Coordinador del SSINGEI bajo el paraguas organizacional del Departamento de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático como responsable de la elaboración del inventario y las actividades estipuladas en el plan de trabajo; un Comité Directivo (Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá o CONACCP), responsable de la validación nacional de los documentos; 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. (MiAMBIENTE, 2022)

**Figura 1. 1.**

*Diagrama de la estructura del SSINGEI de Panamá*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

El SSINGEI de Panamá establece objetivos específicos (Figura 1. 2) y líneas de trabajo definidas en el Manual de Procedimientos del SSINGEI de Panamá, el cual fue adoptado mediante la Resolución N°DM-0138-2022. Además, el SSINGEI ha sido establecido de conformidad con las modalidades, procedimientos y directrices para el marco de transparencia reforzado del Acuerdo de París con mira al cumplimiento de los futuros requerimientos de presentación de la información que el país ha comprometido ante la CMNUCC.

## Figura 1. 2.

### Objetivos del SSINGEI de Panamá

Estimar las emisiones y absorciones de GEI según las obligaciones internacionales

Proporcionar información nacional resultante de calidad sobre las emisiones y absorciones de GEI del país para la planificación, implementación y evaluación de políticas públicas

Establecer lineamientos de trabajo para la planificación, implementación y gestión de los INGEI

Proporcionar las herramientas necesarias para el desarrollo de los inventarios

Prestar asistencia técnica para asegurar la mejora de los INGEI y la coherencia con otras iniciativas nacionales en materia de GEI

Facilitar el examen técnico por expertos o la revisión por pares de la información presentada

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

La serie temporal 2000-2019 comprende el primer inventario desarrollado bajo el marco del SSINGEI que, siguiendo las líneas de trabajo establecidas en el Manual de Procedimientos, ha significado una mejora significativa en la planificación, elaboración y gestión del inventario nacional. A continuación, se describen las líneas de trabajo del SSINGEI de Panamá:

La primera línea de trabajo, *Gestión de SSINGEI*, tiene por objetivo la gestión permanente para mantener operativo el SSINGEI. Su función incluye proveer la conceptualización del SSINGEI, establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo a la estructura de los arreglos institucionales y jurídicos necesarios para desempeñar sus funciones, según proceda, entre los organismos gubernamentales y otras entidades responsables, y designar una entidad nacional única que asume la responsabilidad general del inventario.

*Ciclo del inventario* tiene por objetivo la planificación, elaboración y gestión de las actividades del inventario para su reporte periódico y oportuno, asignando áreas de trabajo para cada equipo técnico. Su función se basa en establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo a los procedimientos generales y específicos, las herramientas apropiadas para gestionar la información (datos de actividad y factores de emisión), herramientas de cálculo de los GEI, hojas de resumen sectorial y nacional, herramientas para los temas transversales del inventario e informes de los inventarios sectoriales y el informe del inventario nacional.

*Calidad y mejoramiento* 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.

*Capacitación y entrenamiento* tiene por objetivo dotar al SSINGEI de la capacidad suficiente para la ejecución oportuna de sus funciones, incluida la definición de las competencias técnicas del personal que participe en el proceso de elaboración y gestión de los inventarios. Su función incluye el establecimiento y mantención (documentación y archivo) de los materiales para el fomento de capacidades de los equipos técnicos en materia de inventarios, y el plan de capacitación y entrenamiento.

*Divulgación* tiene por objetivo proporcionar la información necesaria para cumplir las obligaciones en materia de presentación de informes ante la CMNUCC y poner a disposición de las partes interesadas información de calidad sobre las emisiones y absorciones de los GEI del país. Su función se basa en establecer y brindar sostenibilidad en el tiempo a la generación de material, la documentación y archivo de los materiales apropiados para la difusión, comunicación y sensibilización y mantener un plan de divulgación del inventario de Panamá.

El SSINGEI de Panamá es un sistema nuevo que está comprometido con la mejora continua. Es por ello que, durante julio de 2022, tanto el sistema como el Informe del Inventario Nacional 2020, fueron sometidos de manera voluntaria a un proceso de garantía y control de la calidad dictado por expertos de la CMNUCC. Durante este espacio se recibieron sugerencias y se identificaron las principales brechas, dando como resultado un proceso de priorización de acciones críticas que requerían ser abordadas de manera inmediata antes de la entrega del inventario, principalmente enfocadas en mejorar la transparencia de la información. También se identificaron acciones a mediano y largo plazo para implementar a través del plan de mejora del inventario para la preparación de los futuros informes bienales de transparencia, que deberán ser presentados a partir de 2024.

## **1.2. Elaboración del INGEI 2000-2019**

El desarrollo del presente inventario inició con la puesta en marcha del SSINGEI y el uso de sus nuevas herramientas, lo que requirió un proceso de adaptación. La fase de planificación de este inventario arrancó en enero de 2021 con la formalización del equipo coordinador y personal, designación formal de los ETIS, definición de los productos del SSINGEI, establecimiento de los procedimientos y cronograma del inventario y evaluación del presupuesto disponible. Esta fase culminó en junio 2021 con la primera reunión del SSINGEI en modalidad híbrida, en donde por motivos de pandemia se contó con la asistencia de los ETIS, más no se pudo asegurar la participación de todos los proveedores de datos. Esta reunión fue de suma importancia, ya que en la misma se presentó el plan de trabajo, el cual facilitó la designación de tareas y cumplir con la periodicidad de entrega de los INGEI.

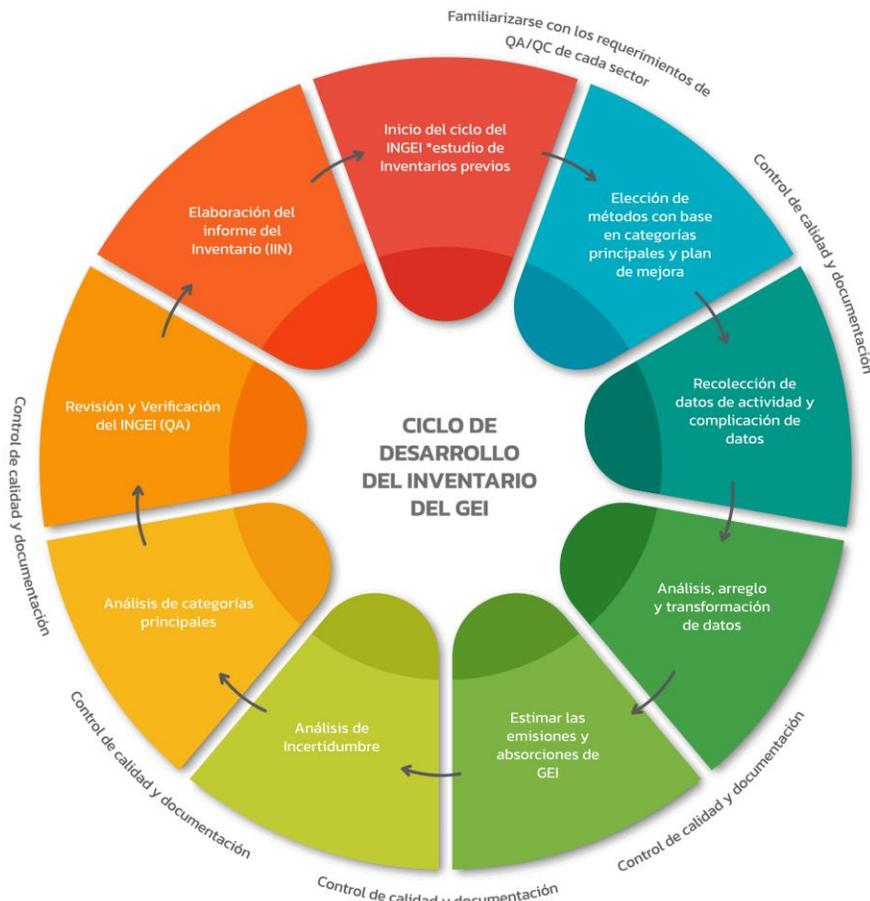
En julio de 2021, se evaluaron las prioridades para el nuevo ciclo de inventario como punto de partida para la elaboración del inventario (Figura 1. 3) y se establecieron los procedimientos específicos para cada sector y cada ETIS elaboró un cronograma para garantizar el cumplimiento de las actividades establecidas en el plan de trabajo como: la determinación de la disponibilidad de información, su solicitud a través de los canales oficiales y los métodos a utilizar para la compilación, el desarrollo de los cálculos, implementación de procedimientos de control de calidad y análisis de incertidumbres.

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 privados y fueron recibidos de manera oportuna. Actualmente, no se han implementado acuerdos específicos con los proveedores de datos sectoriales. Sin embargo, el Decreto Ejecutivo No. 100 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 de datos se puede encontrar en la <Tabla 3> del Manual de Procedimientos del SSINGEI.

Independiente de lo anterior, el SSINGEI avanzará en la formalización de acuerdos con los proveedores de datos, especialmente con aquellos proveedores de datos desde el sector privado, de la academia o de cualquier otra parte interesada pertinente.

Posteriormente en julio de 2022, el equipo coordinador inició la compilación del inventario, realizó el análisis de las categorías principales e inició el desarrollo del *Informe del Inventario Nacional* para su presentación en la 4CN, donde también se celebró una reunión extraordinaria del SSINGEI para verificar los avances en el cumplimiento del plan de trabajo del inventario.

**Figura 1. 3.**  
*Ciclo de Inventario*

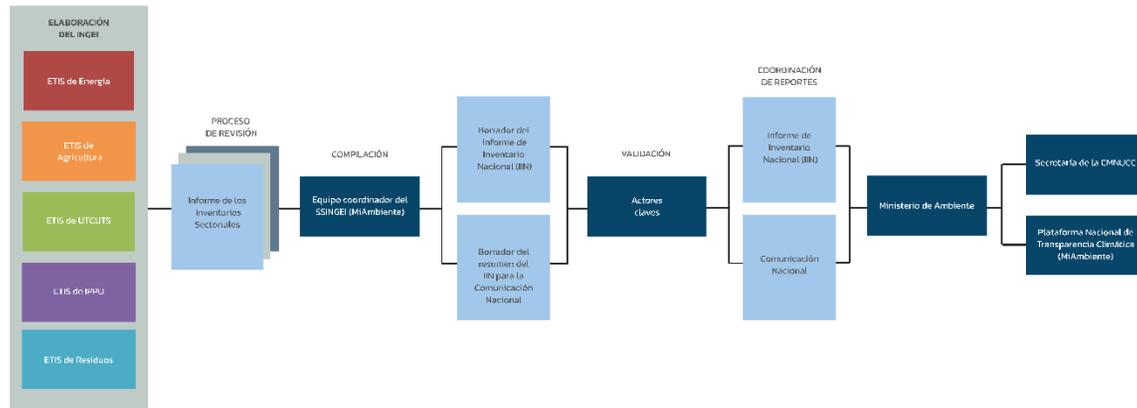


**Fuente:** Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la Figura 1.1, Capítulo 1, Volumen 1, *Directrices del IPCC de 2006*.

Cabe destacar que, paralelamente al proceso de elaboración de este inventario, el 2IBA fue sometido al *Proceso de consulta y análisis internacional* (ICA) que establece la CMNUCC. Durante este ejercicio, se evidenciaron las mejoras de reporte y un mayor cumplimiento de las disposiciones establecidas por la CMNUCC para el desarrollo de estos informes, en comparación con el inventario incluido en el 1IBA. Realizar ambos ejercicios de manera simultánea significó una oportunidad única para mejorar la preparación y reporte de información y el aumento de la transparencia de la mitigación al cambio climático y sus efectos.

En cumplimiento con lo establecido en el Decreto Ejecutivo N°100 de 2020, una vez listo el inventario nacional, se contó con la validación sectorial por parte de los actores clave y esto se realizó en un período de 15 días. Posteriormente, el equipo coordinador del SSINGEI documentó las sugerencias recibidas en una nueva versión entregada al equipo coordinador de reportes para su visto bueno. Este informe es presentado al Ministro de Ambiente como máxima autoridad del Ministerio de Ambiente para su aprobación, para ser presentado a la CMNUCC (Figura 1. 4)

**Figura 1. 4.**  
*Proceso de aprobación del INGEI 2000-2019.*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Un punto importante para resaltar es que Panamá ha implementado el formato común de reporte (FCR) de la Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI), el cual consiste en un conjunto de plantillas y documentos estandarizados para la elaboración de un informe del inventario nacional y el capítulo de inventarios de los reportes ante la CMNUCC, incluyendo las hojas de resumen sectorial y nacional con una codificación única para cada fuente y absorción de GEI, subcategoría, categoría y sector. El FCR permite dar cumplimiento a los requerimientos de las *Directrices para los IBA*. El uso de estas herramientas ha sido clave para lo que será la transición al nuevo sistema de reporte del MRT del Acuerdo de París.

### 1.2.1. Generalidades de la planificación, elaboración y gestión del inventario

La planificación, elaboración y gestión de las actividades del INGEI son claves para asegurar el reporte en el tiempo oportuno a la Secretaría de la CMNUCC, durante estas etapas se asignaron áreas de trabajo para el equipo técnico, incluyendo el establecimiento de los procedimientos generales y específicos para los temas transversales del INGEI.

### 1.2.2. Subsistema de calidad

La garantía y control de la calidad y verificación (GCCV) es una parte esencial en el proceso de elaboración de inventarios, esto asegura la mejora continua de los inventarios en el tiempo. En línea con las *Directrices del IPCC de 2006*, Panamá ha implementado una serie de actividades y procedimientos de GCCV para el presente INGEI 2000-2019, las cuales son la base para implementación del sistema de GCCV en el marco del SSINGEI. El Subsistema de calidad del SSINGEI de Panamá incluye todas las actividades y productos de control de la calidad, garantía de la calidad y verificación para la mantención y el incremento de la calidad de los inventarios de Panamá con base en un mejoramiento continuo.

Para el presente inventario, el sistema de calidad se fue construyendo paralelamente, por lo que en las sesiones respectivas de cada sector se presenta de manera resumida las actividades incluidas en el proceso de cálculo, identificación de parámetros y origen de los datos. Para futuros inventarios el plan de calidad permitirá presentar mayores detalles con respecto al seguimiento e implementación de las mejoras, producto del desarrollo de nuevas herramientas en el marco del SSINGEI.

Las principales definiciones y actividades de calidad implementadas para el presente INGEI se describen a continuación.

### **1.2.2.1. Actividades generales de control de la 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. Lo realiza el personal encargado de elaborar el INGEI.

De forma general, Panamá implementó las actividades y procedimientos de control de calidad incluidas en 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. Estas actividades fueron agrupadas en según las categorías siguientes:

- Lista de verificación del coordinador de GCCV.
- Lista de verificación del líder de INGEI: revisiones transversales para la visión general de la calidad del INGEI.
- Lista de verificación del líder de INGEI: lista de verificación detallada para el IIN.
- Lista de actividades generales de control de la calidad (método de Nivel 1).
- Lista de procedimientos de control de la calidad de categoría específica (método de Nivel 2 o superior).
- Lista de verificación del líder sectorial: lista de verificación detallada para los informes de los inventarios sectoriales.

Es importante mencionar que las actividades específicas de control de calidad se describen en las secciones pertinentes a cada categoría.

### **1.2.2.2. Actividades generales de garantía de la calidad**

La garantía de la calidad es un sistema planificado de procedimientos de revisión efectuados por personal que no participa directamente del proceso de elaboración del INGEI. Las revisiones, efectuadas preferiblemente por terceros independientes, se llevan a cabo sobre un inventario terminado, tras la puesta en práctica de los procedimientos de control de la calidad.

En este sentido, el INGEI 2000-2019 –desde la elección de los métodos hasta el momento en que se obtienen los resultados finales– pasó por un proceso de consulta y revisión por profesionales externos al equipo técnico, tanto nacionales como internacionales. Pasadas estas consultas, las recomendaciones y sugerencias recibidas fueron atendidas en la medida de lo posible, de lo contrario pasaron a formar parte del plan de mejoramiento del INGEI. Cada una de estas revisiones son archivadas y documentadas.

Las principales recomendaciones y sugerencias recibidas, y cómo fueron abordadas e incluidas por el equipo técnico se describen en las secciones pertinentes a cada categoría.

### **1.2.2.3. Actividades generales de verificación**

La verificación se refiere al conjunto de actividades y procedimientos que se llevan a cabo durante la planificación y la elaboración de un INGEI, o después de terminarlo, y que puede contribuir a definir su fiabilidad para los usos que se pretende dar al INGEI.

Algunas de las actividades de verificación implementadas en el INGEI 2000-2019 fueron, entre otros, la comparación de datos nacionales con bases de datos internacionales (como la Agencia Internacional de Energía, FAO, etc.); comparación del método sectorial y el método de referencia en el sector Energía; comparación entre los GEI resultantes de la aplicación de métodos de Nivel 2 versus el método de Nivel 1; etc.

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

### **1.2.3. Cambios de los arreglos nacionales respecto al INGEI previo**

Desde la presentación del INGEI2020, la elaboración de los inventarios esta materializado con el establecimiento del Decreto Ejecutivo No. 100 de 2020. Mediante este decreto se institucionaliza el SSINGEI con el fin de que estos sean sostenibles y mejorables en el tiempo. En consecuencia, el INGEI 2000-2019, ha sido liderado y preparado por capacidades nacionales, gracias a la creación y fortalecimiento de capacidades, el establecimiento de arreglos institucionales, y la institucionalización de los procesos de elaboración y presentación de los informes en los periodos de tiempo establecidos bajo la CMNUCC.

La implementación y mantenimiento de un sistema nacional de inventarios adaptado a sus circunstancias y capacidades nacionales con el propósito de presentar oportunamente sus INGEI y mejorar la calidad de ellos a lo largo del tiempo ha permitido proporcionar información cada vez más útil de acuerdo con las tendencias nacionales de GEI del país.

#### 1.2.4. Gestión de la información

A partir del inventario previo, la gestión de información del INGEI se lleva a cabo mediante el Subsistema de información, el cual 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 la cual responde a las necesidades del SSINGEI, y el acceso a los Equipos Técnicos de Inventarios Sectoriales se brinda mediante permisos específicos otorgados por el Equipo Coordinador para resguardar la seguridad de la información.

Adicionalmente, el SSINGEI cuenta con un módulo virtual que forma parte de la Plataforma Nacional de Transparencia Climática (<https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/modulo-ssingei/>) (como repositorio histórico de las emisiones y absorciones de GEI a nivel nacional. Además, ha empleado los medios necesarios para garantizar la conservación y accesibilidad de todos los datos de los inventarios, de manera que puedan ser consultados, revisados y actualizados según sea necesario. Asimismo, el sistema cuenta con los mecanismos pertinentes para proteger la información confidencial o de acceso restringido, velando por los intereses de los sectores pertinentes, cónsonos con los lineamientos normativos de transparencia en la República de Panamá.

En cuanto a la transferencia de información, esta se realizó a través de comunicaciones oficiales entre cada una de las instituciones y organizaciones, luego de múltiples mesas de trabajo y reuniones de seguimiento donde el equipo técnico pudo solicitar la información necesaria y elegir las metodologías oportunas de acuerdo con la información disponible en el país. Siguiendo los lineamientos de las *Directrices del IPCC de 2006*, el equipo técnico trabajó los datos para que fueran compatibles con la metodología, elaboró hojas de compilación para los datos de actividad y factores de emisión, como también hojas de trabajo para el cálculo de emisiones o absorciones para cada uno de los sectores.

Una vez obtenidos los resultados, estos fueron sometidos a revisiones externas al equipo técnico del INGEI como un control de calidad y verificación. El proceso de flujo de información se resume en la Figura 1. 5

**Figura 1. 5.**

*Diagrama de flujo de información para el INGEI*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Un punto importante de mencionar es que Panamá ha implementado el formato común de reporte (FCR) de la Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI), el cual consiste en un conjunto de plantillas y documentos estandarizados para la elaboración de un informe del inventario nacional y el capítulo de inventarios de los reportes ante la CMNUCC, incluyendo las hojas de resumen sectorial y nacional con una codificación única para cada fuente y absorción de GEI, subcategoría, categoría y sector.

### 1.3. Metodologías, métodos y fuentes de información

La metodología más reciente para el desarrollo de los inventarios –promovida y aprobada por la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París (CMA) y aplicadas por Panamá para su INGEI 2000 - 2019– son las *Directrices del IPCC de 2006*<sup>20</sup>, que incluyen metodologías y métodos para estimar los principales GEI producto de la actividad humana, estos GEI son: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub> y el trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>). Las *Directrices del IPCC de 2006* están conformadas por cinco volúmenes. El primero de ellos describe una orientación general para el desarrollo de un inventario nacional de GEI. Los otros cuatro volúmenes están orientados a sectores específicos –sus procesos, fuentes o sumideros– los cuales son: Energía; Procesos industriales y uso de productos (IPPU); Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU); y Residuos. Es importante observar que Panamá presenta el sector AFOLU separado en dos sectores, por una parte, se presenta el sector Agricultura y, por otra parte, el sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) con el fin de transparentar los GEI de cada sector y facilitar el desarrollo y gestión de cada sector, ya que son preparados por equipos técnicos diferentes.

<sup>20</sup> Ver párrafo 17 del anexo de la [Decisión 18/CMA.1](#).

Aplicar los indicadores de calidad de las *Directrices* (transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud) contribuyen a obtener estimaciones con menos sesgos y asegurar la mejora de la calidad de los inventarios.

Según estas *Directrices*, el abordaje metodológico simple más común consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana, denominado datos de actividad, con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria, denominados factores de emisión. Por consiguiente, la ecuación básica es:

### Ecuación 1. 1.

*Ecuación básica para la estimación de gases de efecto invernadero*

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

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente. con base en la Sección 1.4, Capítulo 1, Volumen 1, *Directrices del IPCC de 2006*.

Aunque la Ecuación 1. 1 es muy utilizada, las *Directrices del IPCC de 2006* también contienen métodos de equilibrio de masa. Para el sector UTCUTS de este INGEI se utilizó el método de pérdidas y ganancias, el cual abarca todos los cambios anuales en las existencias de carbono de cualquier depósito (Ecuación 1. 2).

### Ecuación 1. 2.

*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:

- $\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa (aérea y subterránea), considerando la superficie total, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa considerando la superficie total, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_L$  = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa considerando la superficie total, t C año<sup>-1</sup>

Además de los abordajes metodológicos descritos anteriormente, las *Directrices del IPCC de 2006* incluyen métodos de Nivel los cuales representan un nivel de complejidad metodológica. En general, se presentan tres niveles. El Nivel 1 es el método básico (usualmente por defecto), el Nivel 2, el intermedio, y el Nivel 3 es el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos. A veces se denominan los niveles 2 y 3 métodos de nivel superior y se los suele considerar más exactos. Un resumen de los métodos de Nivel y los factores de emisión aplicados en el INGEI 2000-2019 se incluyen en la *Tabla 1. 2 y Tabla 1. 3*

**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 <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		HFC		PFC		SF <sub>6</sub>	
		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
<b>0.</b>	<b>Todas las emisiones y las absorciones nacionales</b>	<b>T1, T2, IE, NE, NO, NA</b>	<b>PE, D, OT, C, NA, NE, NO</b>	<b>T1, T2, NA, NO, NE, IE</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T1, T2, NA, NE, NO, IE</b>	<b>D, PE, IE, NA, OT, NE, NO</b>	<b>T1a, NE, NO</b>	<b>D, NE, NO</b>	<b>NO, NE</b>	<b>NO, NE</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>
<b>1.</b>	<b>Energía</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>						
1.A.	Actividades de quema de combustible	<b>T1, IE, NO</b>	<b>D, IE, NO</b>	<b>T1, IE, NO</b>	<b>D, IE, NO</b>	<b>T1, IE, NO</b>	<b>D, IE, NO</b>						
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	D, NO	T1, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, 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	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>						
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	NE, NO	NE, NO						
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>	NO	NO										
<b>2.</b>	<b>Procesos industriales y uso de productos</b>	<b>D, C, NE, NO</b>	<b>T2, T1, C, NE, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO, NE</b>	<b>NA, NO, NE</b>	<b>T1a, NE, NO</b>	<b>D, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>
2.A.	Industria de los minerales	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	T2, NE, NO	D, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO						
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	NA	NA
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NE	NE	NO	NO	NO, NE	NO	NE, NO	NE, NO
2.H.	Otros (especificar)	NE	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>3.</b>	<b>Agricultura</b>	<b>T1, NO</b>	<b>D, NO</b>	<b>T1, NA, NO, IE</b>	<b>D, NA, NO, IE</b>	<b>T1, NA, NE, NO, IE</b>	<b>D, NA, NE, NO, IE</b>						
3.A.	Fermentación entérica			T1, NA, NO	D, NA, NO								
3.B.	Gestión del estiércol			T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO						
3.C.	Cultivo del arroz			T1, NO	D, NO								
3.D.	Suelos agrícolas					T1, NE, NO	D, NE, NO						
3.E.	Quema prescrita de sabanas			IE	IE	IE	IE						
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo			T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO						
3.G.	Encalado	T1	D										
3.H.	Aplicación de urea	T1	D										

Cód	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		HFC		PFC		SF <sub>6</sub>	
		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	NO	NO										
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
<b>4.</b>	<b>Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>T1, T2, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, OT, NA, NE, NO</b>	<b>T1, T2, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T1, T2, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, PE, IE, NA, OT, NE, NO</b>						
4.A.	Tierras forestales	T1, T2, NO	PE, D, OT, NO	T1, T2, NA, NO, NE	PE, D, NO, NA, NE	T1, T2, NA, NO, NE	PE, D, NO, NA, NE						
4.B.	Tierras de cultivo	T1, T2, NA, NE, NO	PE, D, NA, NE, NO	T1, T2, IE, NO	PE, D	T1, T2, NO, NA	PE, D, IE, NA, NO						
4.C.	Pastizales	T1, T2, NA, NO	PE, D, NA, NO	T1, NE, NA, NO	PE, D, NE, NA, NO	T1	PE, D, NE, NA, NO						
4.D.	Humedales	T1, T2, NE, NO	D, NE, NO	NE	NE	NA	NA						
4.E.	Asentamientos	T1, T2, NA, NO	D, NE, NO	NE	NE	NA	NA						
4.F.	Otras tierras	T1, T2, NO, NA	D, NE, NO	NE	NE	NA	NA						
4.G.	Productos de madera recolectada	NE	NE										
4.H.	Otros (especificar)	NE	NE	NE	NE	NE	NE						
<b>5.</b>	<b>Residuos</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>T1, D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, D, NE, NO</b>	<b>T1, D, NE, NO</b>						
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NA	NA	T1, D, IE	T1, D, IE								
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos			NE	NE	NE	NE						
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	NE	NE	NE	NE	NE	NE						
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales			T1, D, NE	T1, D, NE	T1, D, NE	T1, D, NE						
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
<b>Elementos informativos</b>													
	Tanque internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
	Aviación internacional	T1	D	T1	D	T1	D						
	Navegación internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
	Emissiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	T1	D										
	CO <sub>2</sub> capturado	NO	NO										
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NE	NE										
	N <sub>2</sub> O indirecto					NO	NO						
	CO <sub>2</sub> indirecto	NO	NO										

**Nota:** T1 = método de Nivel 1; T1a = método de Nivel 1a; T2 = método de Nivel 2; C = confidencial; 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, 2022.

**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	NF <sub>3</sub>		NO <sub>x</sub>		CO		CO <sub>2</sub> DM		SO <sub>2</sub>	
		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
<b>0.</b>	<b>Todas las emisiones y las absorciones nacionales</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
<b>1.</b>	<b>Energía</b>			<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
1.A.	Actividades de quema de combustible			<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
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			<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
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 <sub>2</sub>										
<b>2.</b>	<b>Procesos industriales y uso de productos</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
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
2.C.	Industria de los metales	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								
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO	NO	NO								
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>3.</b>	<b>Agricultura</b>			<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>		
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										
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono										

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	NF <sub>3</sub>		NO <sub>x</sub>		CO		COVDM		SO <sub>2</sub>	
		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		
<b>4.</b>	<b>Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>			<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>		
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		
<b>5.</b>	<b>Residuos</b>			<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
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
<b>Elementos informativos</b>											
	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
	Emissiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa										
	CO <sub>2</sub> capturado										
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos										
	N <sub>2</sub> O indirecto										
	CO <sub>2</sub> indirecto										

**Nota:** T1 = método de Nivel 1; T1a = método de Nivel 1a; T2 = método de Nivel 2; C = confidencial; 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, 2022.

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. Las principales fuentes de información fueron:

- Estadísticas publicadas del Balance Energético Nacional (BEN): es la principal fuente de datos de actividad utilizada en el presente inventario. Es confeccionado por la SNE y se realiza siguiendo las pautas metodológicas de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) en términos de energía final, donde los consumos de las diferentes fuentes de energía se presentan en el ámbito de los sectores socioeconómicos.
- Estadística de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH): utilizada para desagregar algunos de los consumos informados de manera agregada en el BEN para varios de los subsectores considerados en el presente inventario. Tal fue el caso del consumo de kerosene, que incluye la gasolina de aviación (AV Gas), Aerokerosene (Jet Fuel) y el Kerosén (Kerosene).
- Estadísticas publicadas por la AMP: se informan los datos de venta de combustible marino en las terminales de los litorales Pacífico y Atlántico para el período 2009-2019, que fueron utilizadas en este inventario para reportar las emisiones de la navegación nacional e internacional.
- Los datos de producción y consumo de biogás, entregados por la empresa productora de electricidad del Relleno Sanitario Cerro Patacón.

### 1.3.2. Métodos y fuentes de información del sector IPPU

Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1a para *uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)*. Se aplicó un método de Nivel 2 para las categorías *industria de los minerales* y *uso no energético de combustibles y solventes*, utilizando datos de producción de las industrias cementeras y estadísticas nacionales de consumo de combustibles no energético, respectivamente. Los factores de emisión utilizados para todas las categorías son valores por defecto y las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector; también se utilizó el software del IPCC como herramienta de verificación. Las principales fuentes de información fueron:

- Datos de producción de clínker: proporcionados directamente por las industrias cementeras del país.

- 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).
- Datos de consumo de productos sustitutos de las SAO (sustancias puras y mezclas): estos datos fueron desagregados por uso estimado y específicamente las mezclas por contenido de HFC y PFC 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.

### 1.3.3. Métodos y fuentes de información del sector Agricultura

Las emisiones fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC* de 2006 para todas las categorías, incluyendo el uso de factores de emisión por defecto. En algunas categorías se aplicaron parámetros nacionales y el juicio de experto de profesionales del MIDA sobre el uso de algunos datos por su conocimiento en dinámica de la producción agropecuaria a nivel nacional. Las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Las principales fuentes de información fueron:

- Estadísticas nacionales del INEC: fuente de información para la obtención de datos de cabezas de ganado para cada una de las subcategorías y datos sobre superficie agrícola cultivada anual.
- Base de datos y estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT): utilizada para la validación y control de calidad de las estadísticas nacionales.
- Base de datos y juicios de expertos del MIDA: se utilizaron en aquellos datos faltantes y desagregación de los sistemas del estiércol por subcategoría.
- Datos estadísticos del Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica (SIECA): importaciones de fertilizantes nitrogenados.
- Estadísticas de incendios de DIVEDA del Ministerio de Ambiente: información sobre incendios y quemaduras de residuos agrícolas.
- Base de datos de la Autoridad Nacional de Aduanas: base de datos sobre importaciones de fertilizantes.

### 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. Se utilizaron datos de actividad con base en datos nacionales. Los 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 y de Carbono de Panamá (INFC)*, factores por defecto de las *Directrices del IPCC* de 2006, su Refinamiento 2019 y de una consultoría nacional denominada "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 FAO. Para las demás categorías se utilizaron solo factores por defecto. Las herramientas empleadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Las principales fuentes de información fueron:

- Herramienta *Collect Earth Desktop* de la iniciativa nacional denominada "Proyecto Mapatón 2021" resultado de la colaboración institucional entre el Ministerio de Ambiente, 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 del Ministerio de Ambiente.
- *Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá* del Ministerio de Ambiente.
- Estadísticas de incendios forestales de DIVEDA del Ministerio de Ambiente.
- Estadísticas de producción de madera de la Dirección de Política Ambiental del Ministerio de Ambiente y del INEC.
- Estadística de reforestación de la Dirección Forestal (DIFOR) del Ministerio de Ambiente
- Juicio de expertos del Ministerio de Ambiente, para consensuar la fracción de biomasa que es afectada por incendios en bosques en pie; el período de tiempo en que se da la transición entre categorías de uso de la tierra y el promedio del crecimiento anual de la biomasa.

### 1.3.5. Métodos y fuentes de información del sector Residuos

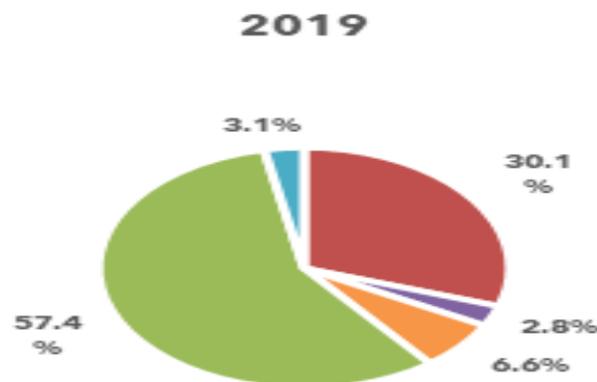
Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 para todas las categorías del sector, utilizando datos de actividad de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto. Las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Las principales fuentes de información fueron:

- Estadísticas nacionales del INEC de: población, consumo de proteína diaria nacional y sistemas de tratamiento de aguas residuales del censo.
- Tonelaje de residuos sólidos ingresados al Relleno Sanitario Cerro Patacón y a vertederos nacionales suministrado por los municipios o empresas administradoras de estos vertederos.
- Tasas de generación de residuos sólidos estimadas en estudios de la empresa INECO, Autoridad de Aseo Domiciliario para el desarrollo del *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos*.

### 1.3.6. Sistemas de medición

Para el reporte conjunto de las emisiones y absorciones de los diferentes GEI, se aplicaron los potenciales de calentamiento global (PCG) del *Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)*, de manera tal que las estimaciones pudieran ser expresadas en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq). Panamá ha aplicado los PCG del AR5 para hacer compatibles los resultados de su INGEI con otras iniciativas nacionales relacionadas con GEI, como por ejemplo su contribución determinada a nivel nacional (CDN) y el Programa Reduce Tu Huella. Los valores de PCG aplicados pueden observarse en la *Tabla 1. 4*

**Tabla 1. 4.**  
*PCG utilizados en el INGEI*



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

Además de lo anterior, en las hojas de trabajo, las tablas por sectores, 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 IIN 2022. 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 CO<sub>2</sub> por los sumideros.

### 1.4. Análisis de categorías principales

Según las *Directrices del IPCC de 2006* es una buena práctica que cada país identifique las categorías principales de una forma sistemática y objetiva. 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 deben ser la prioridad para enfocar el incremento de la calidad de los inventarios y dar mayor confianza en las estimaciones desarrolladas.

El análisis de categorías principales para este INGEI se realizó para el 2000 como año base y para el 2019. La evaluación se efectuó por nivel (N) y tendencia (T) tanto para el método 1 y método 2. Además, se realizó el mismo análisis con un subconjunto de datos que exceptuaba el sector UTCUTS; esto se hizo con el fin de excluir la influencia y efectos de las absorciones en la evaluación del nivel y la tendencia.

El método 1 evalúa la influencia que ejercen diversas categorías de emisión y absorción sobre el nivel y la tendencia del inventario, que, al sumarse acumuladas en orden de magnitud descendente, totalizan 95 % de la suma total de todas las emisiones y absorciones de GEI del país en términos absolutos (por nivel) y de la evaluación de la tendencia en comparación al año base (por tendencia).

El método 2, al igual que el método 1, evalúa la influencia que ejercen las categorías de emisión y absorción sobre el nivel y la tendencia, pero tomando en cuenta los resultados del análisis de incertidumbre. El método 2 resulta útil para priorizar actividades que mejoren la calidad del inventario y reduzcan la incertidumbre en general. Las categorías principales por método 2 son aquellas que al sumarse en orden de magnitud descendente totalizan el 90 % de la suma total del nivel y la tendencia con la incertidumbre.

Las principales conclusiones del análisis de categorías principales indican que el CO<sub>2</sub> por *Industria de la energía - líquido* y el CH<sub>4</sub> por la *Fermentación entérica* son las categorías que cumplen con la mayor cantidad de criterios y métodos evaluados sobre el nivel y la tendencia, seguido por el CO<sub>2</sub> de *Industrias manufactureras y de la construcción y Transporte terrestre*, lo que demuestra su influencia como principales fuentes de emisión. Otras fuentes relevantes son el CH<sub>4</sub> por la *Disposición de desechos sólidos*; el CO<sub>2</sub> de *Industrias de la energía - gas natural, Transporte -Navegación Marítima y Fluvial y Producción de cemento* y los HFC por *Refrigeración y aire acondicionado*. En la *Tabla 1. 5* se presenta un resumen de los resultados obtenidos, en donde a través de una "X" se muestra el o los criterios y métodos que cumple cada categoría. Estos resultados deberán ser considerados al establecer las prioridades de mejora del próximo inventario.

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

**Tabla 1. 5.**

Resumen del análisis de categorías principales del INGEI 2000-2019 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
1.A.1. Industrias de la Energía - Líquido	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
1.A.1. Industrias de la Energía - Sólido	CO <sub>2</sub>				X	X							
1.A.1. Industrias de la Energía - Gas natural	CO <sub>2</sub>			X	X	X	X			X	X		X
1.A.1. Industrias de la Energía - Gas natural	CH <sub>4</sub>	X											
1.A.1. Industrias de la Energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	X											
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	X											
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X		X	X	X		X
1.A.3.a. Transporte - Aviación civil	CO <sub>2</sub>	X											
1.A.3.b. Transporte - Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.A.3.d. Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO <sub>2</sub>			X	X	X	X			X	X		X
1.A.4. Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>		X	X	X				X		X		
1.A.4. Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	X											
1.A.4. Otros sectores - Biomasa	CO <sub>2</sub>		X				X						
2.A.1 Producción de cemento	CO <sub>2</sub>		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 <sub>4</sub>		X		X		X						
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	X											
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>		X				X						
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	X											
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	X											
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O		X	X	X		X		X				
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O		X				X						
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	X		X		X		X		X		X	
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>			X		X		X		X			
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>					X							
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>			X		X		X		X			
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH <sub>4</sub>		X	X	X	X	X		X	X	X		
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH <sub>4</sub>		X										
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N <sub>2</sub> O	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, 2022.

## 1.5. Evaluación general de la incertidumbre

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial para un inventario exhaustivo. La estimación y reporte de las incertidumbres permiten priorizar los esfuerzos para mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y definir los temas específicos en los que es necesario realizar acciones a fin de enriquecer los atributos del inventario y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología.

El análisis de la incertidumbre del INGEI 2000-2019 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 2019.

Para 2019, la incertidumbre del INGEI alcanza el  $\pm 71.9\%$ . Según el análisis de los expertos nacionales, las incertidumbres 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  $\text{CO}_2$  de *tierras forestales que permanecen como tales* es el mayor contribuyente a la varianza, si bien, su incertidumbre combinada no es de las mayores ( $\pm 15.7\%$ ), 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 relevantes a la varianza son el  $\text{CH}_4$  de la *disposición de residuos sólidos*, el  $\text{CO}_2$  de *tierras convertidas en tierras forestales*, el  $\text{CO}_2$  de *tierras convertidas en pastizales*, el  $\text{CO}_2$  de la *navegación marítima y fluvial* y los HFC por *refrigeración y aire acondicionado*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del INGEI fue de  $\pm 25.2\%$  entre 2000-2019.

La incertidumbre del sector Energía alcanzó el  $\pm 7.0\%$  dominada principalmente por la incertidumbre de los datos de actividad del  $\text{CO}_2$  de la categoría *navegación marítima y fluvial*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector ascendió a  $\pm 29.5\%$  entre 2000-2019.

La incertidumbre del sector IPPU alcanzó el  $\pm 66.2\%$  dominada por la incertidumbre de los factores de emisión del HFC de la categoría *refrigeración y aire acondicionado*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector ascendió en un muy importante  $\pm 330.3\%$  entre 2000-2019.

La incertidumbre del sector Agricultura alcanzó el  $\pm 31.6\%$  dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados para el  $\text{N}_2\text{O}$  de *emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  de suelos agrícolas*, en general para este sector, la incertidumbre se concentra en los valores por defecto para los factores de emisión tanto de  $\text{CH}_4$  como de  $\text{N}_2\text{O}$ . Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector ascendió a  $\pm 19.0\%$  entre 2000-2019.

La incertidumbre del sector UTCUTS alcanzó el  $\pm 16.7\%$  dominada ampliamente por la incertidumbre del  $\text{CO}_2$  de las *tierras forestales que permanecen como tales*, esto representa una disminución con respecto al INGEI2020 que alcanzaba un  $\pm 19.6\%$ , como resultado de la implementación de mejoras en el levantamiento de datos de actividad. En el caso particular del sector del sector UTCUTS, las incertidumbres de los datos de actividad y factores de emisión están asociadas al error de muestreo. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector ascendió a  $\pm 8.3\%$  entre 2000-2019.

La incertidumbre del sector Residuos alcanzó el  $\pm 93.0\%$  dominada por la incertidumbre de los factores de emisión de  $\text{CH}_4$  de la categoría *disposición de residuos sólidos* y de  $\text{N}_2\text{O}$  de *Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector ascendió a  $\pm 65.1\%$  entre 2000-2019.

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

### **1.6. Evaluación general de la exhaustividad**

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, un inventario es exhaustivo cuando se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y en caso de que falte alguno de los elementos se debe documentar claramente su ausencia junto con la respectiva justificación de la exclusión.

El INGEI de Panamá incluye todo el territorio nacional e incluye emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC y absorciones de  $\text{CO}_2$  para la serie 2000-2019. Las emisiones de  $\text{SF}_6$  no fueron estimadas por falta de información, mientras que las emisiones de PFC y  $\text{NF}_3$  no ocurren en el país. En cuanto a los gases precursores, solo se reportan parcialmente emisiones de  $\text{NO}_x$  y CO de los sectores Agricultura y UTCUTS, el resto de los gases precursores no fue estimado debido a la falta de información.

Para el análisis de uso y cambio de uso de la tierra se toma en cuenta el territorio continental, además de los territorios insulares de mayor tamaño, como las islas Coiba, Cébaco, Isla del Rey, entre otras. Panamá cuenta una superficie aproximada de 140,654 hectáreas de tierras insulares de la cual el 87.8 % fue monitoreado, es decir que fue incluido en el análisis de este INGEI. Tan solo el 12.2 % quedó fuera del muestreo por ser islotes e islas muy pequeñas (1-10 hectáreas) que la malla de muestreo no tomó en cuenta. Para poder evidenciar qué tipos de islas quedaron excluidas, se hizo una revisión (teledetección) de un grupo de islas e islotes y se pudo verificar que muchas de esas islas no presentan cambios de uso de la tierra, muchas están habitadas por pueblos indígenas y otras están descubiertas de vegetación.

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 1.6

**Tabla 1.6.**

*Fuentes y sumideros del INGEI de Panamá reportados como no estimados*

GEI	Categoría de fuente o sumidero	Explicación o comentario
<b>Energía</b>		
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.B.2.a. Petróleo	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.B.2.a. Petróleo	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.B.2.b. Gas natural	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	No hay información en la estadística nacional de 2000-2008 para estimar esta categoría.
<b>IPPU</b>		
CO <sub>2</sub>	2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	Específicamente en el uso de cerámicas no hay información en la estadística nacional, puesto que esta actividad se realiza principalmente de manera artesanal.
CO <sub>2</sub>	2.A.3. Producción de vidrio	No hay información en la estadística nacional.
CO <sub>2</sub>	2.D.2. Uso de la cera de parafina	No hay información en 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.
SF <sub>6</sub>	2.G.1. Equipos eléctricos	No se cuenta con estadística nacional.
N <sub>2</sub> O	2.G.3. N <sub>2</sub> O de usos de productos	No se cuenta con estadística nacional.
<b>AGRICULTURA</b>		
N <sub>2</sub> O	3.D.1.d. Residuos de cosechas	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
N <sub>2</sub> O	3.D.1.e. Mineralización de la materia orgánica del suelo	El país aún no ha desarrollado las capacidades técnicas para estimar esta categoría.
<b>UTCUTS</b>		
CO <sub>2</sub>	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	El cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa 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.
CO <sub>2</sub>	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono en suelos minerales no se estima debido a que 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 <sub>2</sub>	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono en los suelos orgánicos no se estima, ya que se asume que los suelos en Panamá son minerales.
CO <sub>2</sub>	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	El cambio anual en las reservas de carbono en los suelos orgánicos no se estima, ya que se asume que los suelos en Panamá son minerales.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	La pérdida anual de carbono 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

GEI	Categoría de fuente o sumidero	Explicación o comentario
		ocurren perturbaciones (incendios). Las emisiones de no CO <sub>2</sub> sí se estiman para incendios ocurridos en Pastizales.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	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.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono en suelos orgánicos no se estima porque se asume que los suelos en el país son gestionados y minerales.
CO <sub>2</sub>	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	El cambio anual en las reservas de carbono en suelos orgánicos no se estima porque se asume que los suelos en el país son gestionados y minerales.
CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O	4.D.1. Humedales que permanecen como tales	El C de bonales gestionados no se estima por falta de información sobre los cambios de uso de turberas; no se tienen mapeadas las áreas de turba o se tiene registro de extracción de turba en el país.
N <sub>2</sub> O	4.D.2. Tierras convertidas en humedales	El C de bonales gestionados no se estima por falta de información sobre los cambios de uso de turberas; no se tienen mapeadas las áreas de turba o se tiene registro de extracción de turba en el país.
CO <sub>2</sub>	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	El cambio anual en las reservas de carbono biomasa y en suelos no se estima porque se asume un Nivel 1.
CO <sub>2</sub>	4.G. Productos de madera recolectada	No se estiman las emisiones/absorciones de PMR, ya que el país no cuenta con las capacidades para realizar la trazabilidad y estimación de esta categoría.
<b>RESIDUOS</b>		
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	5.C. Incineración y quema abierta de residuos	No se incluyen por falta de datos de actividad sobre el volumen de residuos incinerados a nivel nacional.
CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional.
CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	5.D.2. Aguas residuales industriales	No se cuenta con estadística nacional.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Cabe destacar que, a diferencia del inventario anterior, con la implementación del plan de mejora, las estimaciones del sector UTCUTS para el INGEI 2000-2019 se realizaron año a año, lo que permitió observar las transiciones de los cambios de uso de la tierra, lo que antes no era posible por únicamente contar con información puntual para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017. Esto permitió la estimación de nuevas subcategorías de fuentes y sumideros que antes no era posible estimar y definir aquellas que no ocurren en el país.

Por otro 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 se asume para todo el país que los suelos son minerales.

Con respecto a las categorías incluidas en otro lugar (IE), la Tabla 1. 7 presenta las asignaciones que ha hecho el país y la explicación correspondiente.

**Tabla 1. 7.**

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

<b>GEI</b>	<b>Categoría de fuente o sumidero del IPCC</b>	<b>Asignación de Panamá</b>	<b>Explicación o comentario</b>
<b>ENERGÍA</b>			
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Carboneras que producen carbón vegetal.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.3.c. Ferrocarriles	1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Falta de información desagregada.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.3.e. Otro tipo de transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	Todo terreno. Falta de información desagregada.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	1.A.3.b. Transporte terrestre	Transporte de pesca. Falta de información desagregada.
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O	Navegación internacional	1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	Para Gas/Diésel Oil. Falta de información desagregada.
<b>AGRICULTURA</b>			
CO <sub>2</sub> y CH <sub>4</sub>	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 <sub>2</sub> de tierras forestales y pastizales; se entiende como sabanas algún tipo de pasto.
<b>UTCUTS</b>			
CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	No es posible la desagregación de la extracción de madera de las tierras que permanecen como tal, de las que han cambiado.
CO <sub>2</sub>	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	No es posible la desagregación de la extracción de leña de las tierras que permanecen como tal, de las que han cambiado.
CO <sub>2</sub>	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	No es posible la desagregación de las perturbaciones (incendios/plagas) de las tierras que permanecen como tal, de las que han cambiado.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Se asume que todas las remociones de madera se calculan en tierras forestales que permanecen como tal.
CO <sub>2</sub>	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Se asume que todas las remociones de madera combustible (leña) se calculan en tierras forestales que permanecen como tal, debido a limitaciones en la información disponible para desagregar la información por categorías de tierras.
<b>RESIDUOS</b>			
CH <sub>4</sub>	5.A. Disposición de residuos sólidos	5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	Debido a la falta de información, las emisiones estimadas fueron clasificadas como generadas en sitios no gestionados.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

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*, las emisiones de GEI de los tanques de combustible de la *aviación y la navegación internacional*, y las *emisiones de CO<sub>2</sub> 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 2000-2019 de Panamá.

---

# 2 TENDENCIA NACIONAL DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ



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

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 2019 y luego se describe e interpreta la tendencia 2000 - 2019 por sector y por gas de efecto invernadero.

### 2.1. Descripción de las emisiones y absorciones de GEI de 2017

El balance de emisiones de GEI incluidas en el INGEI de Panamá para el año 2019 por tipo de GEI (Tabla 2. 1), fueron: -14,298.9 kt CO<sub>2</sub>, 165.0 kt CH<sub>4</sub>, 3.9 kt N<sub>2</sub>O y 913.3 kt CO<sub>2</sub>eq de HFC. Las emisiones SF<sub>6</sub> no fueron estimadas por falta de información, mientras que las emisiones de PFC y NF<sub>3</sub> no ocurren en el país. Es muy relevante hacer notar 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.

En cuanto a los gases precursores, se estimaron emisiones de NO<sub>x</sub> y CO del sector Agricultura y del sector UTCUTS: estas alcanzaron los 6.9 kt y 172.5 kt respectivamente. No se estimaron las emisiones de COVDM y de SO<sub>2</sub> debido a la falta de información.

Más información y detalle sobre las emisiones y absorciones de GEI se encuentra cada capítulo específico de cada sector.

Más información sobre los INGEI de Panamá para los años presentados ante la CMNUCC y el detalle de la serie temporal 2000-2019 se encuentra en el [ANEXO DIGITAL](#).

**Tabla 2. 1.**

*Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá de 2019*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
<b>0.</b>	<b>Todas las emisiones y las absorciones nacionales</b>	<b>-14,298.9</b>	<b>165.0</b>	<b>3.9</b>	<b>913.3</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>6.9</b>	<b>172.5</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
<b>1.</b>	<b>Energía</b>	<b>15,577.1</b>	<b>4.6</b>	<b>0.4</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
1.A.	Actividades de quema de combustible	15,577.1	4.6	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.	Industrias de la energía	3,422.1	0.1	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	4,072.5	0.5	0.1					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.	Transporte	7,301.5	1.8	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.4.	Otros sectores	781.0	2.3	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	NE, 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	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>	NO										
<b>2.</b>	<b>Procesos industriales y uso de productos</b>	<b>558.4</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>913.3</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
2.A.	Industria de los minerales	555.4							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	3.0	NA, NO	NA, NO					NO	NO	NE, NO	NO
2.E.	Industria electrónica				NO	NO	NO	NO				
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				913.3	NO	NA	NO				
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	NE, NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>3.</b>	<b>Agricultura</b>	<b>4.7</b>	<b>96.3</b>	<b>2.8</b>					<b>0.4</b>	<b>14.2</b>	<b>NO</b>	
3.A.	Fermentación entérica		88.7									
3.B.	Gestión del estiércol		3.1	0.3								NO
3.C.	Cultivo del arroz		4.1									NO
3.D.	Suelos agrícolas			2.6								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					0.4	14.2		NO
3.G.	Encalado	0.2										
3.H.	Aplicación de urea	4.4										
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO										
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
<b>4.</b>	<b>Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>-30,439.1</b>	<b>7.6</b>	<b>0.4</b>					<b>6.5</b>	<b>158.3</b>	<b>NA, NO</b>	

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
4.A.	Tierras forestales	-34,055.8	2.7	0.1					1.6	50.1	NA, NO	
4.B.	Tierras de cultivo	513.4	1.0	0.0					0.4	17.6	NA	
4.C.	Pastizales	3,076.4	3.8	0.3					4.5	90.5	NA, NO	
4.D.	Humedales	NE, NO-	NE NO	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NA	
4.E.	Asentamientos	26.9	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	NE										
4.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
<b>5.</b>	<b>Residuos</b>	<b>NE, NO</b>	<b>56.5</b>	<b>0.2</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NE	47.4						NE	NE	NE	
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE					NE	NE	NE	
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		9.1	0.2					NE, NO	NE, NO	NE, NO	
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
<b>Elementos informativos</b>												
	Tanque internacional	17,175.0	1.4	0.4					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	2,337.6	0.0	0.1					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	14,837.4	1.3	0.4					NE	NE	NE	NO
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,518.7										
	CO <sub>2</sub> capturado	NO										
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO										
	N <sub>2</sub> O indirecto			NE								
	CO <sub>2</sub> indirecto	NE										

**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, 2022.

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

El balance nacional <sup>21</sup>entre emisiones y absorciones de GEI de 2019 –incluyendo al sector UTCUTS– registró un total de -7,738.3 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo el balance de tales absorciones en un 39.6 % desde 2000 y en un 45.1 % desde 2017, último año incluido en el inventario anterior (Tabla 2. 2.). Pese a la disminución de las absorciones netas del país, es de notar que Panamá continúa siendo un sumidero de GEI durante toda la serie temporal, absorbiendo mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que los GEI que son emitidos por las actividades antropogénicas.

**Tabla 2. 2.**

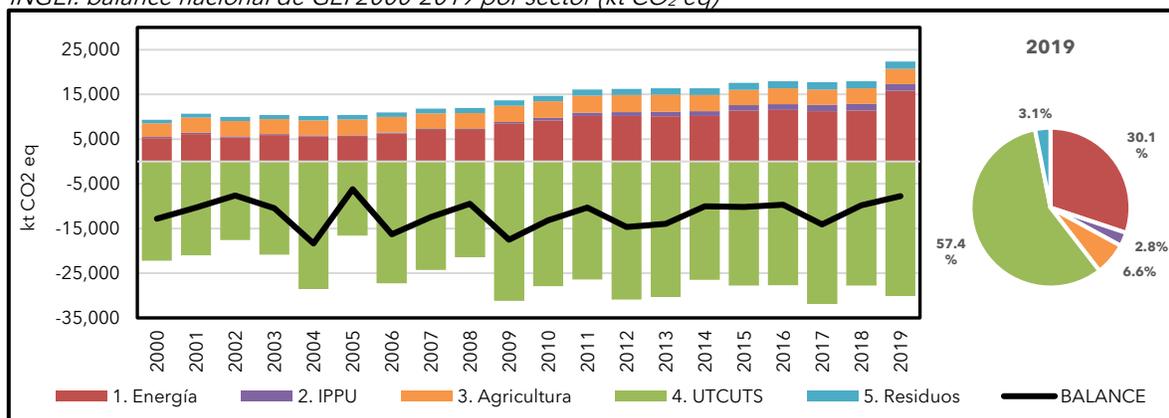
*INGEI: balance nacional de GEI por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1. Energía	5,191.8	5,674.7	9,195.8	10,150.9	11,246.4	11,413.7	15,814.0
2. IPPU	312.3	206.2	582.1	952.6	1,417.1	1,446.6	1,471.7
3. Agricultura	3,068.8	3,515.3	3,681.0	3,857.2	3,468.0	3,541.8	3,455.0
4. UTCUTS	-22,180.6	-16,597.1	-27,895.0	-30,342.1	-31,866.6	-27,775.0	-30,113.7
5. Residuos	792.8	999.7	1,238.5	1,426.1	1,631.9	1,577.6	1,634.6
<b>BALANCE</b>	<b>-12,814.8</b>	<b>-6,201.2</b>	<b>-13,197.6</b>	<b>-13,955.2</b>	<b>-14,103.1</b>	<b>-9,795.3</b>	<b>-7,738.3</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura 2. 1.**

*INGEI: balance nacional de GEI 2000-2019 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Con respecto a la participación de cada sector en el balance nacional, el sector UTCUTS es el de mayor relevancia, con 57.4 %, seguido del sector Energía con un 30.1 %, un 6.6 % del sector Agricultura, un 3.1 % del sector Residuos, y finalmente un 2.8 % del sector IPPU (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, incluidos en el sector UTCUTS, como sumidero de CO<sub>2</sub>, lo que impacta a su vez en que toda la tendencia de todo el INGEI 2000-2019 sea favorable a la absorción neta. Adicional, se puede observar un aumento sostenido en el tiempo de las emisiones nacionales de GEI, exceptuando el 2019, donde se logra observar un aumento importante en las emisiones del sector energía.

<sup>21</sup> 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.

En cuanto a las emisiones totales<sup>22</sup> de GEI (excluyendo al sector UTCUTS) de 2019, se registró un total de 22,375.3 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en 138.9 % desde 2000 y en un 26.0 % desde 2017 (Tabla 2. 3) debido principalmente al aumento del consumo de combustibles en el sector Energía.

Con respecto a la participación de cada sector individual en las emisiones totales de GEI en 2019, el sector Energía es el sector de mayor impacto en el INGEI, aportando un 70.7 %, seguido del sector Agricultura con un 15.4 %, un 7.3 % del sector Residuos y, finalmente, un 6.6 % del sector IPPU (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 2000-2019.

**Tabla 2. 3.**

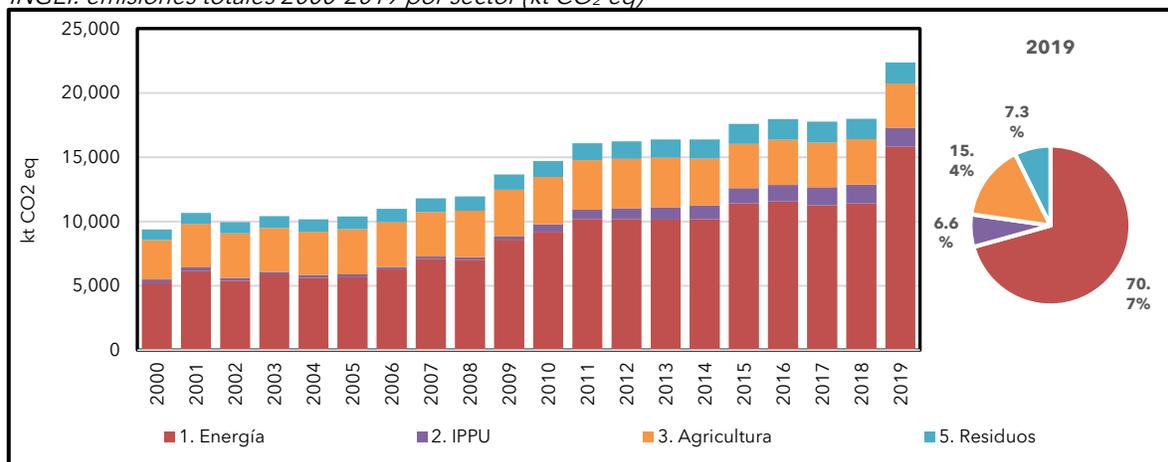
*INGEI: emisiones totales por sector (kt CO<sub>2</sub> eq).*

Sector	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1. Energía	5,191.8	5,674.7	9,195.8	10,150.9	11,246.4	11,413.7	15,814.0
2. IPPU	312.3	206.2	582.1	952.6	1,417.1	1,446.6	1,471.7
3. Agricultura	3,068.8	3,515.3	3,681.0	3,857.2	3,468.0	3,541.8	3,455.0
5. Residuos	792.8	999.7	1,238.5	1,426.1	1,631.9	1,577.6	1,634.6
<b>TOTAL</b>	<b>9,365.8</b>	<b>10,395.9</b>	<b>14,697.4</b>	<b>16,386.9</b>	<b>17,763.5</b>	<b>17,979.7</b>	<b>22,375.3</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura 2. 2.**

*INGEI: emisiones totales 2000-2019 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

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 positivas.

<sup>22</sup> El término «emisiones totales» a razón de este informe se refiere a la sumatoria de las emisiones de GEI nacionales, expresadas en CO<sub>2</sub> eq. Sin incluir las emisiones y absorciones del sector UTCUTS.

### 2.3. Descripción e interpretación de la tendencia por GEI

En 2019, el balance nacional de GEI estuvo representado por un 68.5 % de CO<sub>2</sub>, disminuyendo la absorción general de CO<sub>2</sub> del país en un 16.0 % desde 2000 y en un 29.4 % desde el 2017. Lo sigue el CH<sub>4</sub> con un 22.2 %, aumentando en un 33.4 % desde 2000 y en un 1.0 % desde 2017. La participación del N<sub>2</sub>O es de un 4.9 %, aumentando un 38.8 % desde 2000 y 10.2 % desde 2017. Por último, los HFC representaron solo un 4.4 %, aumentando de forma muy importante en un 1,554.5 % desde 2012 y un 41.4 % desde 2017 (Tabla 2. 4). Cabe resaltar que los primeros registros de HFC se tienen desde 2012, es por esto que se utiliza el 2012 para hacer la comparación en lugar de 2000.

**Tabla 2. 4.**

INGEI: balance nacional de GEI por GEI (kt CO<sub>2</sub>eq).

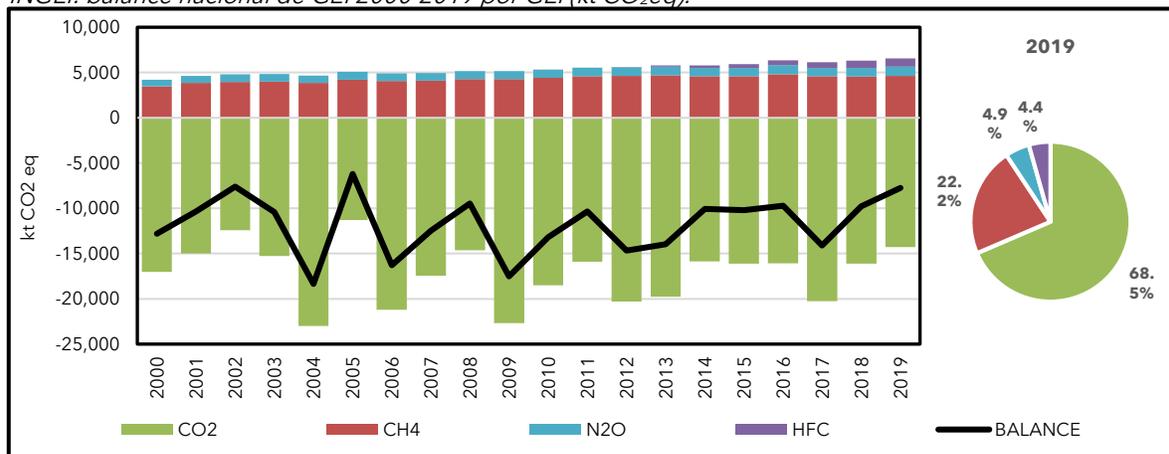
Sector	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	-17,018.4	-11,285.8	-18,509.9	-19,749.7	-20,255.8	-16,115.0	-14,298.9
CH <sub>4</sub>	3,464.2	4,209.2	4,410.3	4,680.1	4,574.3	4,572.1	4,620.9
N <sub>2</sub> O	739.4	875.4	902.0	955.5	931.0	946.9	1,026.3
HFC	NE	NE	NE	158.9	647.4	800.8	913.3
<b>TOTAL</b>	<b>-12,814.8</b>	<b>-6,201.2</b>	<b>-13,197.6</b>	<b>-13,955.2</b>	<b>-14,103.1</b>	<b>-9,795.3</b>	<b>-7,738.3</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

En la Figura 2. 3, si bien el balance nacional de GEI presenta ciertas fluctuaciones durante la serie 2000-2019, 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 CO<sub>2</sub> y que son reportados en la categoría *tierras forestales*. En línea con lo anterior, si bien el balance de CO<sub>2</sub> es favorable a la absorción durante toda la serie, se observa una tendencia a la disminución en los últimos años debido a una considerable disminución de las absorciones y un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los sectores de Energía e IPPU. El CH<sub>4</sub> presenta un leve aumento en la serie debido principalmente a las emisiones del sector Residuos, ya que las emisiones de CH<sub>4</sub> del sector Agricultura se mantuvieron con variaciones con tendencia a la baja. Este mismo comportamiento se repite con el N<sub>2</sub>O. 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.

**Figura 2. 3.**

INGEI: balance nacional de GEI 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub>eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Las emisiones totales de GEI de 2019 (Tabla 2. 5) estuvieron representadas por un 72.1 % de CO<sub>2</sub>, aumentando en un 200.9 % desde 2000 y en un 36.6 % desde 2017; seguido por un 19.7 % de CH<sub>4</sub>, aumentando un 33.1 % desde 2000 y disminuyendo un 0.5 % desde 2017; un 4.1 % de N<sub>2</sub>O, aumentando un 32.5 % desde 2000 y aumentando 4.7 % desde 2017, y 4.1 % de HFC, aumentando un 1,554.5 % desde 2012 y un 41.1 % desde 2017.

**Tabla 2. 5.**

*INGEI: emisiones totales por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

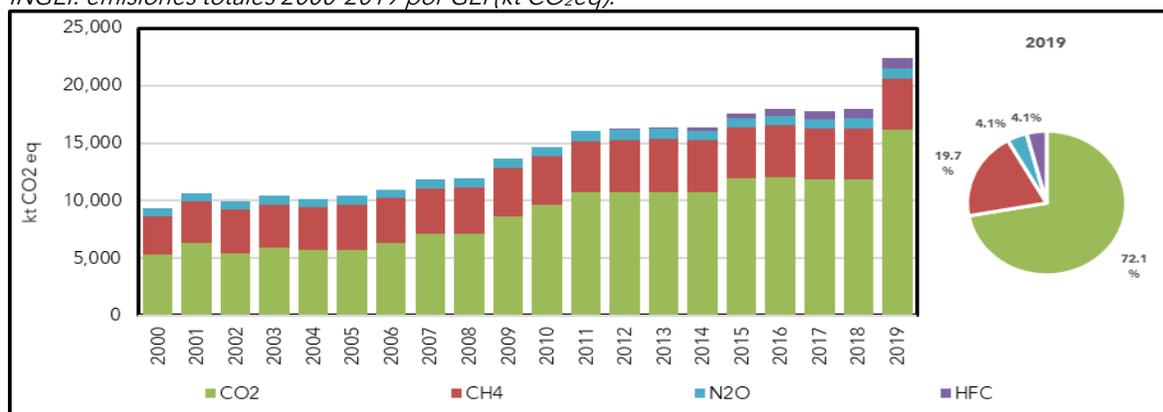
Sector	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	5,364.8	5,738.3	9,606.0	10,762.4	11,811.5	11,853.9	16,140.2
CH <sub>4</sub>	3,311.3	3,893.3	4,246.4	4,555.8	4,431.5	4,435.2	4,407.8
N <sub>2</sub> O	689.8	764.4	845.0	909.7	873.0	889.8	914.1
HFC	NE	NE	NE	158.9	647.4	800.8	913.3
<b>TOTAL</b>	<b>9,365.8</b>	<b>10,395.9</b>	<b>14,697.4</b>	<b>16,386.9</b>	<b>17,763.5</b>	<b>17,979.7</b>	<b>22,375.3</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

En la Figura 2. 4, se observa un importante aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> y al N<sub>2</sub>O, 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, mientras que el sector Residuos va aumentando sus emisiones durante toda la serie, por lo que se puede ver que se mantiene en valores similares. 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*.

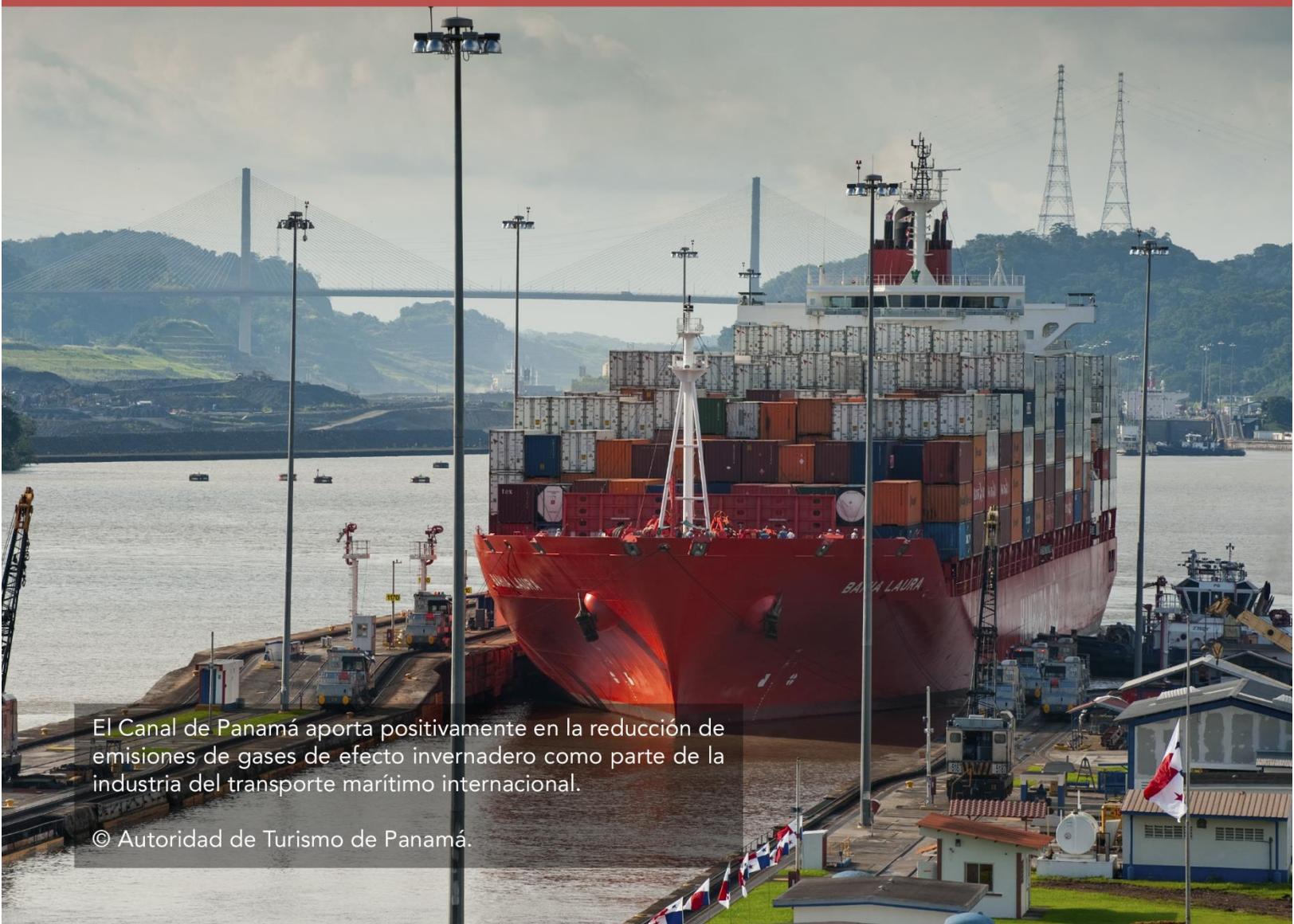
**Figura 2. 4.**

*INGEI: emisiones totales 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub>eq).*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

# 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 (FCR 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, 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

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 CO<sub>2</sub>. En todas esas actividades se puede producir CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (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 3.2.5); a su vez, se estiman e informan de manera separada del total del sector, las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 2019, por tipo de GEI, contabilizaron 15,577.1 kt CO<sub>2</sub>, 4.6 kt CH<sub>4</sub> y 0.4 kt N<sub>2</sub>O (Tabla 3. 1). 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. 1.**  
*Sector Energía: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2019*

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
<b>1. Energía</b>		<b>15,577.1</b>	<b>4.6</b>	<b>0.4</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
1.A. Actividades de quema de combustible		15,577.1	4.6	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1. Industrias de la energía		3,422.1	0.1	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal		3,422.1	0.1	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		NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción		4,072.5	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)		IE, NO	IE, NO	IE, NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3. Transporte		7,301.5	1.8	0.3					NE	NE	NE	NE
1.A.3.a. Aviación civil		67.7	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.3.b. Transporte terrestre		5,297.8	1.5	0.3					NE	NE	NE	NE
1.A.3.c. Ferrocarriles		IE	IE	IE					NE	NE	NE	NE
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial		1,936.0	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		781.0	2.3	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.a. Comercial / Institucional		309.0	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.b. Residencial		417.1	2.2	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca		54.9	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	NE, 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
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

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
1.B.2.a.	Petróleo	NE, NO	NE, NO	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE
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 <sub>2</sub>	NO										
1.C.1.	Transporte de CO <sub>2</sub>	NO										
1.C.2.	Inyección y almacenamiento	NO										
1.C.3.	Otros	NO										
<b>Elementos informativos</b>												
	Tanque internacional	4,522.9	0.3	0.1					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	815.1	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	3,707.8	0.3	0.1					NE	NE	NE	NE
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Emissiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,507.4										
	CO <sub>2</sub> capturado	NO										
	Para el almacenamiento doméstico	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Para almacenamiento en otros países	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO										
	N <sub>2</sub> O indirecto			NO								
	CO <sub>2</sub> 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, 2022.

El sector Energía es el principal sector emisor de GEI en el país, representando el 30.1 % del balance nacional de GEI en 2019 (70.7 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 15,814.0 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 204.6 % desde 2000 y en un 40.6 % desde 2017 (Tabla 3. 2 y Figura 3. 1), causado principalmente por el aumento del consumo de combustibles líquidos (gas/diésel oil y gasolina para motores) en el transporte terrestre y por la quema de combustibles sólidos (otro carbón bituminoso) en las industrias manufactureras y de la construcción. Así mismo, por el aumento del consumo del gas natural en las industrias de la energía debido a la baja disponibilidad hidráulica en dicho año.

**Tabla 3. 2.**

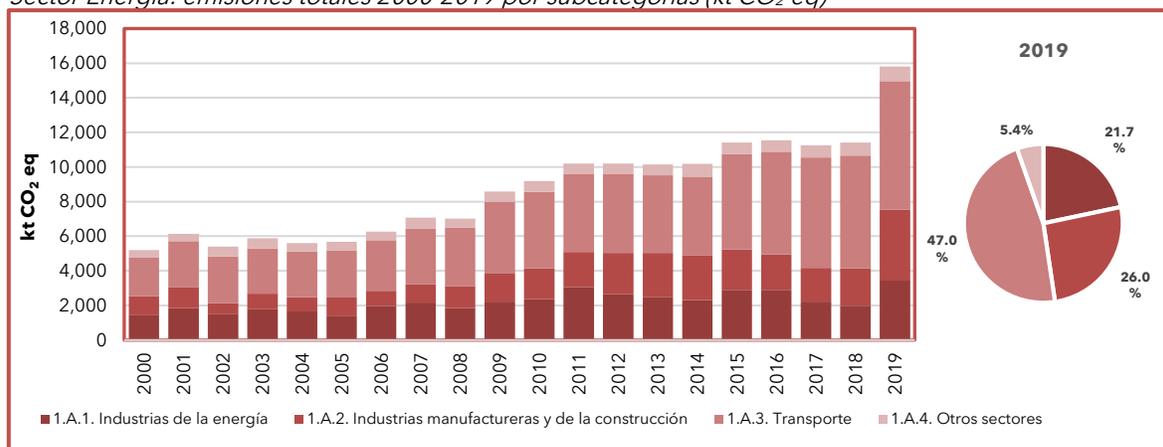
*Sector Energía: emisiones totales por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1.A.1. Industrias de la energía	1,464.2	1,406.4	2,365.6	2,493.3	2,212.8	1,973.8	3,429.4
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	1,076.0	1,056.4	1,780.4	2,534.1	1,957.9	2,175.4	4,106.0
1.A.3. Transporte	2,218.1	2,703.1	4,418.5	4,488.8	6,387.7	6,518.6	7,424.9
1.A.4. Otros sectores	433.6	508.9	631.3	634.7	688.0	746.0	853.8
<b>TOTAL</b>	<b>5,191.8</b>	<b>5,674.7</b>	<b>9,195.8</b>	<b>10,150.9</b>	<b>11,246.4</b>	<b>11,413.7</b>	<b>15,814.0</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura 3. 1.**

*Sector Energía: emisiones totales 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Las emisiones por tipo de GEI del sector Energía estuvieron representadas por un 98.5 % de CO<sub>2</sub>, seguido por un 0.8 % de CH<sub>4</sub>, y un 0.7 % de N<sub>2</sub>O de las emisiones totales del sector (Tabla 3. 3 y Figura 3. 2).

**Tabla 3. 3.**

*Sector Energía: emisiones totales por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	5,049.0	5,527.0	9,018.2	9,962.7	11,035.4	11,202.8	15,577.1
CH <sub>4</sub>	93.7	93.1	103.5	106.8	117.9	118.5	130.0
N <sub>2</sub> O	49.1	54.6	74.1	81.4	93.0	92.4	106.9
<b>TOTAL</b>	<b>5,191.8</b>	<b>5,674.7</b>	<b>9,195.8</b>	<b>10,150.9</b>	<b>11,246.4</b>	<b>11,413.7</b>	<b>15,814.0</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Figura 3. 2.**

*Sector Energía: emisiones totales 2000-2019 por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Con respecto a los gases precursores NO<sub>x</sub>, CO y COVDM, no se contabilizaron por falta de información desagregada respecto de las tecnologías utilizadas. Las emisiones de SO<sub>2</sub> 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. El Método sectorial aplicó datos de actividad provenientes de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto. Asimismo, se incluye un Método de referencia que se puede utilizar como control independiente del Método sectorial.

Las principales fuentes de datos de actividad utilizados son:

- Estadísticas publicadas del Balance Energético Nacional (BEN): es la principal fuente de datos de actividad utilizada en el presente INGEI. Es confeccionado por la SNE y se realiza siguiendo las pautas metodológicas de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) en términos de energía final, donde los consumos de las diferentes fuentes de energía se presentan a nivel de sectores socioeconómicos. Algunos puntos para tener en cuenta sobre el BEN al 2019:
  - No incluye datos vinculados a las operaciones del Canal de Panamá.
  - Los datos de producción y consumo de biogás se encuentran en GWh.
  - 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 2005-2019 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 INGEl esto se refleja en la subcategoría *transporte*.

- Panamá, a través de la SNE, tiene previsto trabajar en la mejora de sus estadísticas energéticas, con prioridad en armonizar la metodología aplicada con los estándares internacionales y con miras confeccionar un Balance de Energía Útil (BEU) que incluya consumos por subsectores, usos finales y eficiencias tecnológicas. Si bien la consistencia de la serie temporal también forma parte de los planes nacionales, su realización está prevista a largo plazo.
- Estadística de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH) de la SNE: utilizada para desagregar algunos de los consumos informados de manera agregada en el BEN para varios de los subsectores considerados en el presente INGEl, específicamente para los años 2005-2019. Tal fue el caso del consumo de kerosene, que incluye AV gas (gasolina para la aviación), jet fuel (queroseno para motor a reacción) y kerosene (otro queroseno).
- Estadísticas publicadas por la AMP: se informan los datos de venta de combustible marino en las terminales de los litorales Pacífico y Atlántico de diesel oil marino (gas/diesel oil) y fuel oil (fuelóleo residual) para el periodo 2009-2019, y que fueron utilizadas en este INGEl para reportar las emisiones de la navegación nacional e internacional.
- Los datos de producción y consumo de biogás (gas de vertedero), entregados por la empresa productora de electricidad del Relleno Sanitario de Cerro Patacón (RSCP).

La fuente de información para el Método de referencia fue el BEN para los datos de provisión y los factores de emisión son por defecto del Volumen 2 de las *Directrices del IPCC de 2006*. Para mayor detalle de esto, ver Sección 3.2.4.1.

En la Tabla 3. 4 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI. El detalle de los métodos, datos de actividad y factores de emisión utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada subcategoría.

**Tabla 3. 4.**

*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 <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
<b>1. Energía</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>
1.A. Actividades de quema de combustible	<b>T1, IE, NO</b>	<b>D, IE, NO</b>	<b>T1, IE, NO</b>	<b>D, IE, NO</b>	<b>T1, IE, NO</b>	<b>D, IE, NO</b>
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, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, 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	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
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	NE, NO	NE, NO
1.C. Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>	<b>NO</b>	<b>NO</b>				
<b>Elementos informativos</b>						
Tanque internacional	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
Aviación internacional	T1	D	T1	D	T1	D
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 <sub>2</sub> de la biomasa	T1	D				
CO <sub>2</sub> capturado	NO	NO				
Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO	NO				
N <sub>2</sub> O indirecto					NO	NO
CO <sub>2</sub> 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, 2022.

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. 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 1970-2019, 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.

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.

Esta información se presenta mensualmente en unidades de galones de combustible de manera digital por medio de un programa.

### ***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).

- Otros generadores, como la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), Minera Panamá, ingenios azucareros, información de generación de los sistemas regionales, Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP), etc.

Toda esta información está registrada de forma digital y se presentan en unidades de kWh o MWh.

### 3.1.3.2. 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. 5), resultando en la unidad energética de barril equivalente de petróleo (BEP).

**Tabla 3. 5.**

*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 <sup>3</sup>	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, 2022

Luego, se transforma de kilo barril equivalente de petróleo (kbep) a terajulio (TJ), utilizando los siguientes factores de conversión, obtenidos de la Agencia Internacional de Energía (IEA):

$$1 \text{ bep} = 0.146 \text{ tep}$$

$$1 \text{ tep} = 41.87 \text{ GJ}$$

La multiplicación de estos dos valores da el valor de 6.11 TJ/kbep y se utiliza en la Ecuación 3. 1 para obtener el consumo de combustible en TJ.

#### **Ecuación 3. 1.**

*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, 2022

Donde:

- Consumo<sub>combustible</sub> = cantidad de combustible consumido en TJ
- Consumo<sub>combustible</sub> = cantidad de combustible consumido en kbep
- Factor de conversión = factor de conversión de kbep a TJ obtenido de la IEA en TJ/kbep

El consumo de gas de vertedero y el fuelóleo residual y gas/diesel oil de consumo marino se estiman de diferente manera al resto, utilizando los datos proporcionados por el RSCP en m<sup>3</sup> y de la AMP en toneladas métricas, respectivamente.

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

### Ecuación 3. 2.

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, 2022

Donde:

- Consumo<sub>gas de vertedero</sub> = cantidad de gas de vertedero consumido en TJ
- Consumo<sub>gas de vertedero</sub> = cantidad de gas de vertedero consumido en m<sup>3</sup>
- Densidad = densidad del gas de vertedero consumido (0.000658 t/m<sup>3</sup>)
- VCN = valor calórico neto del gas de vertedero (50.4 TJ/kt)

El VCN del fuelóleo residual y gas/diesel 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. 3 para obtener su consumo en TJ.

### Ecuación 3. 3.

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

$$\text{Consumo}_{\text{combustible}} = \text{Consumo}_{\text{combustible}} \times \text{VCN}_{\text{combustible}} \times 10^{-3}$$

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Donde:

- Consumo<sub>combustible</sub> = cantidad de combustible consumido en TJ
- Consumo<sub>combustible</sub> = cantidad de combustible consumido en toneladas
- VCN<sub>combustible</sub> = valor calórico neto del combustible (40.4 o 43.0 TJ/kt)

## 3.2. Actividades de quema de combustibles (FCR 1.A)

### 3.2.1. Descripción de la categoría

En esta categoría se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O 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 3.2.5); a su vez, las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 2019, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 15,814.0 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 204.6 % desde 2000 y en un 40.6 % desde 2017 (Tabla 3. 2 y Figura 3. 1) (ver Sección 3.1.2).

Con respecto a las subcategorías, en 2019, un 47.0 % corresponde a *transporte*, un 26.0 % a *industrias manufactureras*, un 21.7 % a *industrias de la energía y de la construcción* y un 5.4 % 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 33.2 % 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. 4, además, para calcular el total de emisiones por GEI de la categoría de combustión estacionaria, se suman las emisiones en la Ecuación 3. 5 para todos los combustibles. En el caso de la combustión móvil, se aplicó la Ecuación 3. 6.

#### Ecuación 3. 4.

*Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión estacionaria*

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

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 CO<sub>2</sub>, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1

### Ecuación 3. 5.

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. 6.

CO<sub>2</sub> del transporte terrestre y emisiones de Nivel 1 de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

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

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<sub>a</sub> = combustible vendido (TJ)
- EF<sub>a</sub> = factor de emisión (kg/TJ). En el caso del CO<sub>2</sub>, 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

La mayoría de los datos de actividad del sector Energía provienen del BEN. Este se encuentra en hojas de cálculo, publicadas anualmente en la página web de la SNE. Toda la información que se reporta en el BEN, exceptuando el gas de vertedero, se encuentra en la unidad de kbep.

Debido a que el BEN reporta los combustibles de gasolina para la aviación, otro queroseno y queroseno para motor a reacción (AV gas, kerosene, jet fuel) en una sola columna, se utilizan los datos proporcionados por la DNH para desagregarlos en la estimación de las emisiones de esos combustibles. Esta información solo se encuentra disponible a partir de 2005, debido a cambios históricos de los organismos a cargo de la confección del BEN. Anterior a este año, se asume que todo se atribuye a otro queroseno, como se presenta en el BEN.

La desagregación de estos combustibles para 2005-2019 se realizó de la siguiente manera (usando como ejemplo 2019):

- Todo lo que está en «exportación» bajo la columna de «kerosene y jet fuel» en el BEN es queroseno para motor a reacción y se asigna a aviación internacional (5,348.2 kbep).
- Los datos proporcionados por la DNH indican que el queroseno para motor a reacción = 5,483.1 kbep y el BEN que la exportación de ese combustible = 5,348.2 kbep.  
Entonces: (5,483.1 - 5,348.2) kbep = 132.9 kbep  
Queroseno para motor a reacción restante = 132.9 kbep.

- El 132.9 kbep restante se asigna a queroseno para motor a reacción consumido en *transporte*.
- La gasolina para la aviación es 20.5 kbep e igualmente se asigna a *transporte*.
- El dato proporcionado de otro queroseno es 6.3 y de acuerdo con el BEN 0.3 kbep se consume en residencial y 1.2 kbep se consume en agro, pesca y minería (Tabla 3. 6).  
Entonces:  $(6.3 - 0.3 - 1.2)$  kbep = 4.8 kbep  
Donde el 4.8 kbep restante se asigna a *industrias manufactureras y de la construcción*.

**Tabla 3. 6.**

*Consumo de kerosene y jet fuel en el BEN, 2019 (kbep)*

<i>Sector de consumo</i>	<i>Kerosene y jet fuel</i>
Consumo sector energético	0.0
Consumo sector transporte	149.3
Consumo industrial	10.9
Consumo residencial	0.3
Consumo comercial, Ser, Pub	0.0
Consumo Agro, pesca y minería	1.2

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con esta metodología de desagregación existe una diferencia con lo que se reporta en las industrias en el BEN, debido a que el BEN reporta el transporte de las industrias dentro de «Industrias» y en el INGEI ese consumo se asigna a *transporte*.

El BEN no incluye información relacionada a las operaciones del Canal de Panamá, por lo cual, se tomaron los datos de fuel oil y marine diésel oil (fuelóleo residual y gas/diésel oil) de la venta de combustible marino en litoral Pacífico y Atlántico, los cuales se encuentran disponibles en la página web de la AMP desde el 2009, 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.

Por último, se obtuvieron los datos de producción y consumo de gas de vertedero directo de la empresa productora de electricidad del RSCP, mediante una nota. Al momento, no existe un procedimiento formal de entrega continua de esta información.

El detalle de los datos de actividad utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada subcategoría.

### 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. 7). El detalle de los factores de emisión utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada subcategoría.

**Tabla 3. 7.**

*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
Combustible líquido	Gasolinas y naftas	Gasolina para motores
	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
Otro combustible	Gases	Gas de refinería
	Gas natural	Gas natural
Biocombustibles sólidos	Leña	Madera/desechos de madera
	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, 2022

### 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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. Por ser el BEN la fuente principal de datos del INGEI realizado por el Método sectorial, las diferencias con el Método de referencia están en gran medida vinculadas a la metodología de confección del BEN.

### 3.2.4.2. Tendencia del CO<sub>2</sub> de la comparación entre métodos

La diferencia porcentual del Método Sectorial con respecto al Método de referencia para 2000 a 2019 se presentan en la Tabla 3. 8 y Figura 3. 3, donde se observa que la tendencia de emisiones de CO<sub>2</sub> presenta diferencias significativas entre ambos métodos para algunos años. El promedio de los absolutos de esta variación porcentual es de 17.7 %, con un máximo absoluto de 191.3 % en el 2004 y un mínimo de 0.9 % en 2017. Los valores por debajo del 5 % son considerados como diferencias aceptables según las *Directrices del IPCC* de 2006. Los valores con diferencias superiores a 5 %, en rojo, son atribuidos principalmente a la transformación de combustibles (hasta el 2002) y al ajuste estadístico atribuido al BEN.

**Tabla 3. 8.**

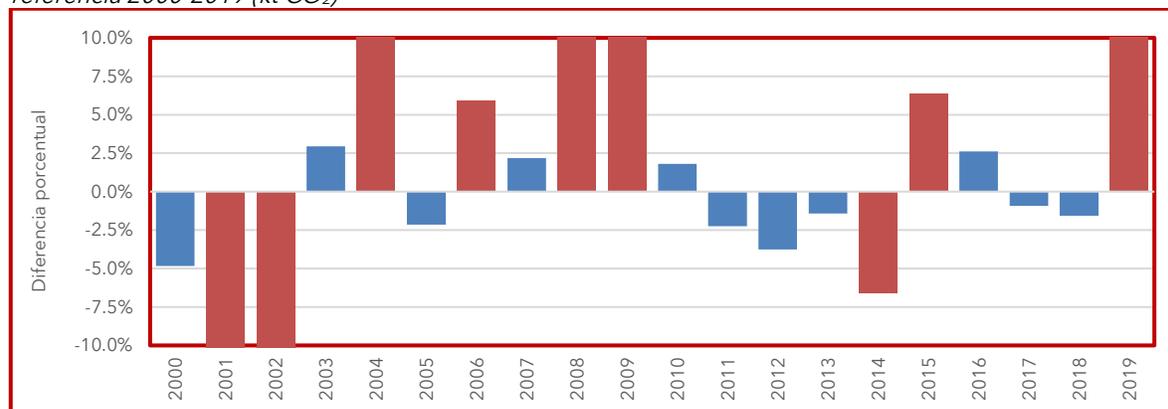
*Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub>)*

Métodos	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Método Sectorial	5049.00	5526.99	9018.16	9962.68	11035.45	11202.85	15577.08
Método de Referencia	5305.38	5648.62	8857.42	10106.13	11139.15	11380.37	13708.53
<b>Diferencia</b>	<b>-256.37</b>	<b>-121.62</b>	<b>160.74</b>	<b>-143.45</b>	<b>-103.70</b>	<b>-177.52</b>	<b>1868.54</b>
<b>Diferencia porcentual</b>	<b>-4.8%</b>	<b>-2.2%</b>	<b>1.8%</b>	<b>-1.4%</b>	<b>-0.9%</b>	<b>-1.6%</b>	<b>13.6%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 3. 3.**

*Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub>)*



Nota: con fines de visualización, la figura solo muestra los valores en un rango de  $\pm 10$  %. Los valores de 2001, 2002, 2004, 2008, 2009 y 2019 escapan considerablemente del rango definido.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

Las diferencias observadas entre el Método Sectorial con respecto al Método de Referencia tienen tres orígenes:

- Cierre de refinería: previo al cierre en 2002 existieron en esta industria situaciones de pérdidas muy significativas, probablemente debido a problemas en su funcionamiento. Esto se refleja en los años antes de 2003.
- Ajuste Estadístico del BEN: en el BEN existen datos en la variación de inventario que deben ser revisados, ya que en algunos casos ocasionan que la oferta total de ciertos combustibles sea negativa. Esto se refleja

entre los años del 2003 al 2019. La SNE tiene previsto un plan de mejora, para asegurar la coherencia de este parámetro.

- Fuentes de información distintas al BEN: para el desarrollo del Método sectorial se utilizan datos de fuentes de información adicionales al BEN, lo cual enmascara el efecto del ajuste estadístico en el consumo aparente. Esto se refleja en los años a partir de 2009.

### 3.2.4.3. Aspectos metodológicos del Método de referencia

En Panamá, el cálculo del Método de referencia se realiza utilizando la metodología de las *Directrices del IPCC de 2006* con datos para estimar el consumo aparente 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 (kbp). Se tomó en cuenta la producción, importación, exportación y cambios en las existencias de los combustibles, definidas en el BEN (Tabla 3. 9).
- Transformación de kbp a TJ utilizando el factor de conversión 6.11 (TJ/kbp), obtenido de la IEA (ver Sección 3.1.3.2 para más información).
- Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> utilizando los contenidos de carbono (Tabla 3. 10), el factor de oxidación del carbono igual a 1, y la relación del peso molecular del CO<sub>2</sub> a C (44/12).

**Tabla 3. 9.**

*Método de referencia: consumo aparente 2000-2019 por tipo de combustible (TJ)*

Año	Petróleo crudo	Gasolina para motores	Queroseno para motor a reacción	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	GLP	Coque de petróleo	Otro petróleo	Otro carbón bituminoso	Horno de coque/gas de coque
2000	98317.4	5378.7	-2635.8	2248.9	-34195.4	3359.5	-	-	1929.3	-
2001	117761.3	5042.7	-3468.2	464.6	-10181.9	3201.4	-	-	2025.8	-
2002	62,152.6	11,393.3	894.4	15,148.5	-4,908.6	2,742.6	435.6	-	-	-
2003	-	16,090.2	891.6	35,663.3	17,645.2	6,147.7	-	-	-	4.4
2004	-	9,774.9	2,025.7	24,559.9	-18,113.8	9,983.0	53.3	-	-	9.1
2005	-	18,713.0	3,349.3	29,860.7	18,332.5	5,482.3	1,378.6	-	-	8.3
2006	-	18,995.7	3,039.2	30,306.0	19,700.1	6,077.9	934.8	-	-	21.9
2007	-	20,950.0	1,629.4	42,744.8	20,067.2	6,190.2	911.6	-	-	18.8
2008	-	21,907.8	4,430.4	35,198.2	10,673.9	237.2	938.3	-	-	-
2009	-	25,531.0	1,128.9	37,856.1	15,535.0	6,421.1	1,874.9	-	-	-
2010	-	21,419.0	7,218.7	47,607.4	31,649.2	8,964.4	3,219.9	-	-	-
2011	-	28,783.6	7,217.0	57,935.5	26,476.6	7,294.2	2,375.2	-	7,310.6	-
2012	-	31,543.2	6,132.0	51,892.9	26,296.5	7,555.3	4,873.3	-	9,953.0	-
2013	-	32,905.9	3,145.5	55,288.9	18,827.3	9,254.0	4,783.4	-	10,532.7	-
2014	-	34,213.3	1,042.2	65,901.1	15,650.1	10,861.8	4,492.9	-	10,853.4	-
2015	-	37,479.2	1,067.3	52,756.7	22,541.1	11,403.8	4,759.5	-	10,918.1	-
2016	-	40,313.7	7,097.7	51,931.5	25,348.5	10,948.3	3,435.6	-	9,647.8	-
2017	-	42,977.2	11,596.1	61,216.4	24,798.1	9,850.5	-	-	2,691.8	-
2018	-	43,010.5	16,551.5	58,040.8	13,449.9	9,932.9	-	-	6,743.3	-
2019	-	43,134.5	5,331.9	55,056.3	10,642.9	10,328.7	2,773.0	-	27,652.1	-

**Nota:** con el fin de mantener una consistencia entre el INGEI presentado anteriormente (serie temporal 1994-2017), se mantuvo el combustible Otro petróleo dentro de la tabla de datos del consumo aparente.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 3. 10.**

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

<b>Combustible</b>	<b>Contenidos de carbono (kg/GJ)</b>
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, 2022

### 3.2.5. Tanques de combustible internacional

#### 3.2.5.1. 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 (ver Sección 3.2.10) 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 en su gran mayoría a las actividades 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. A su vez, incluye las naves que son atendidas en las terminales de venta de combustible marino, las cuales no siempre pasan por el Canal de Panamá.

En 2019, el total de tránsitos por el Canal fue 13,785 y se registró un tonelaje de 469 millones de toneladas netas CP/SUAB (medida de volumen del Sistema Universal de Arqueo de Buques del Canal de Panamá) (ACP, 2019). Por otro lado, en este mismo año, se atendieron en total 7,634 naves en las distintas terminales de venta de combustible marino establecidas en los litorales Pacífico y Atlántico (AMP, 2020).

### 3.2.5.2. Tendencia de los GEI de los tanques de combustible internacional

En 2019, las emisiones de GEI de la *aviación internacional* contabilizaron 2,355.4 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 319.4 % desde 2000 y en un 6.2 % desde 2017 (Tabla 3. 11 y Figura 3. 4), las variaciones de la tendencia se deben al incremento del turismo internacional dentro del país. Las emisiones de la *navegación internacional* contabilizaron 14,976.6 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 81.6 % desde 2009 y en un 11.0 % desde 2017, fundamentalmente debido al aumento del flujo a partir de la ampliación del Canal de Panamá en 2016, con excepción de la reducción de 2014 debido a una retracción del comercio internacional. Para el año 2019 se puede observar un aumento en las emisiones debido a la cantidad de naves atendidas en las terminales de venta de fuelóleo residual, posiblemente debido a los precios favorables del combustible marino en Panamá.

**Tabla 3. 11.**

*Tanques de combustible internacional: emisiones 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Aviación internacional	561.6	536.9	969.1	1,616.1	2,218.3	2,338.5	2,355.4
Navegación internacional	NE	NE	9,249.5	10,078.2	13,490.0	13,036.9	14,976.6
<b>TOTAL</b>	<b>561.6</b>	<b>536.9</b>	<b>10,218.6</b>	<b>11,694.3</b>	<b>15,708.3</b>	<b>15,375.4</b>	<b>17,331.9</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 3. 4.**

*Tanques de combustible internacional: emisiones 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.5.3. 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*, ver más detalles en la Sección 3.2.3, utilizando datos de las estadísticas nacionales (Tabla 3. 12) y factores de emisión por defecto (Tabla 3. 13).

En cuanto a los datos de actividad, para la *aviación internacional*, se utilizó el queroseno para motor a reacción reportado en el BEN bajo kerosene y jet fuel exportado, mientras que para la *navegación internacional* se utilizó la venta de fuel oil marino, reportado por la AMP para el período 2009-2019. Por la falta de datos de actividad para el período anterior, estas emisiones se reportan como no estimadas. El fuelóleo residual de la venta de combustible marino es íntegramente utilizado por el transporte internacional, mientras que existe una cantidad de gas/diésel oil de consumo marino que es utilizado tanto para transporte internacional, como para las barcas de apoyo nacionales. 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 y fluvial* nacional, ocasionando una sobreestimación de las emisiones.

**Tabla 3. 12.**

*Tanques de combustible internacional: datos de actividad 2000-2019 (TJ)*

Año	Aviación internacional		Navegación internacional
	Queroseno para motor a reacción (TJ)		Fuelóleo residual (TJ)
2000	7,794.7		–
2001	7,408.2		–
2002	8,111.3		–
2003	7,619.5		–
2004	7,015.4		–
2005	7,452.5		–
2006	8,397.8		–
2007	10,463.4		–
2008	11,975.2		–
2009	12,692.1		105,558.7
2010	13,451.1		118,392.4
2011	15,448.6		132,164.9
2012	18,097.1		133,051.0
2013	22,432.7		128,999.2
2014	26,888.7		125,933.5
2015	28,712.9		140,023.0
2016	30,292.3		150,964.3
2017	30,790.8		172,670.3
2018	32,461.5		166,869.6
2019	32,693.4		191,697.8

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 3. 13.**

*Tanques de combustible internacional: factores de emisión aplicados*

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

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 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*.

### 3.2.6. Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos

#### 3.2.6.1. Descripción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa

Las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 sector UTCUTS. Sin embargo, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se estiman e incluyen dentro 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 solo en 2014 y 2015 como biogasolina en el transporte automotor.
- 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.

### 3.2.6.2. Tendencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa

En 2019, las *emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa* usada con fines energéticos contabilizaron 1,518.7 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en un 3.5 % desde 2000 debido a la disminución en el consumo de *madera/desechos de madera* en las categorías *residencial e industrias manufactureras y de la construcción* y aumentando muy levemente en un 0.8 % desde 2017 (Tabla 3. 14 y Figura 3. 5). En Panamá, los datos de biomasa son mucho más inciertos en comparación con otros datos de las estadísticas nacionales de energía. La mayoría de la biomasa utilizada para energía es parte de la economía informal.

**Tabla 3. 14.**

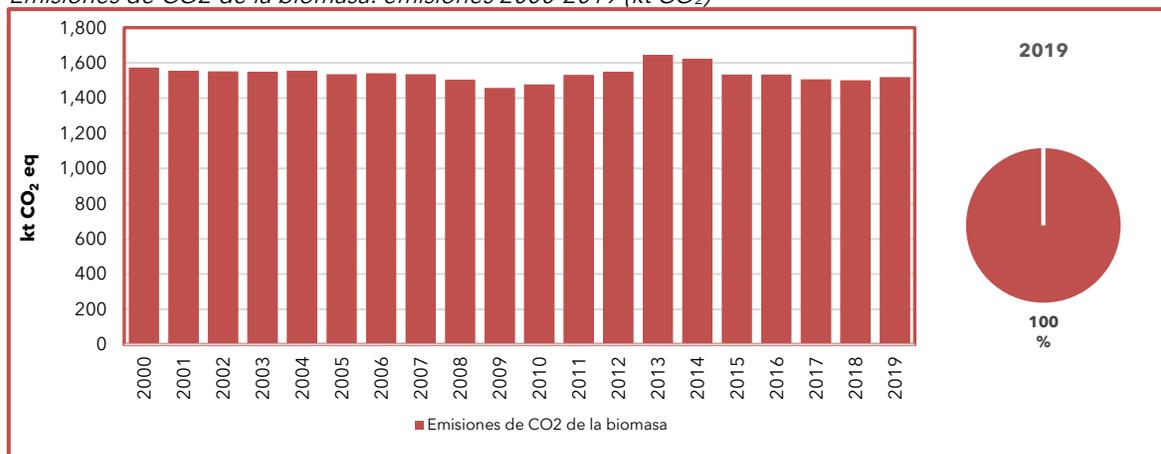
*Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: emisiones 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub>)*

<i>Categorías</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2013</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>
Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,574.5	1,535.4	1,478.1	1,645.6	1,506.5	1,501.9	1,518.7
<b>TOTAL</b>	<b>1,574.5</b>	<b>1,535.4</b>	<b>1,478.1</b>	<b>1,645.6</b>	<b>1,506.5</b>	<b>1,501.9</b>	<b>1,518.7</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 3. 5.**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: emisiones 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub>)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.6.3. Aspectos metodológicos de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa

Para la estimación de las *emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa* usada con fines energéticos se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, ver más detalles en la Sección 3.2.3, utilizando datos de las estadísticas nacionales obtenidos del BEN y de la empresa productora de electricidad del RSCP (Tabla 3. 15). Los factores de emisión utilizados fueron valores por defecto Tabla 3. 16

**Tabla 3. 15.**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: datos de actividad 2000-2019 (TJ)*

Año	Madera/ desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria	Carbón vegetal	Biogásolina	Gas de vertedero
2000	10,126.8	4,330.4	64.8	-	-
2001	10,061.4	4,209.1	63.0	-	-
2002	9,996.6	4,258.4	63.6	-	-
2003	9,932.4	4,310.4	61.8	-	-
2004	9,868.2	4,445.0	58.1	-	-
2005	9,805.9	4,308.6	56.2	-	-
2006	9,743.5	4,445.3	53.8	-	-
2007	9,681.2	4,457.8	53.2	-	-
2008	9,620.1	4,212.9	53.2	-	-
2009	9,560.2	3,821.9	50.7	-	-
2010	9,526.5	4,054.8	50.7	-	-
2011	9,468.5	4,664.1	49.5	-	-
2012	9,411.6	4,910.2	48.3	-	-
2013	9,355.4	5,676.6	47.7	350.3	-
2014	9,298.6	5,088.3	44.7	985.4	-
2015	9,243.1	4,945.4	42.5	-	-
2016	9,187.6	5,002.4	44.1	-	-
2017	9,132.1	4,747.4	41.3	-	78.4
2018	9,078.2	4,632.0	50.7	-	298.7
2019	9,024.3	4,837.7	48.6	-	343.5

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 3. 16.**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: factores de emisión aplicados*

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

### 3.2.7. 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).

### 3.2.8. Industrias de la energía (FCR 1.A.1)

#### 3.2.8.1. 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.

### 3.2.8.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 3,429.4 kt CO<sub>2</sub>eq, incrementándose en un 134.2 % desde 2000, debido al aumento de la demanda eléctrica y la generación por fuentes térmicas (búnker, diésel y carbón); y en un 55.0 % desde 2017, debido al aumento del consumo del gas natural, causado por la baja disponibilidad hidráulica en dicho año. La disminución que se refleja desde 2013 es atribuible al aumento de uso de fuentes de energía renovables (Tabla 3. 17 y Figura 3. 6).

**Tabla 3. 17.**

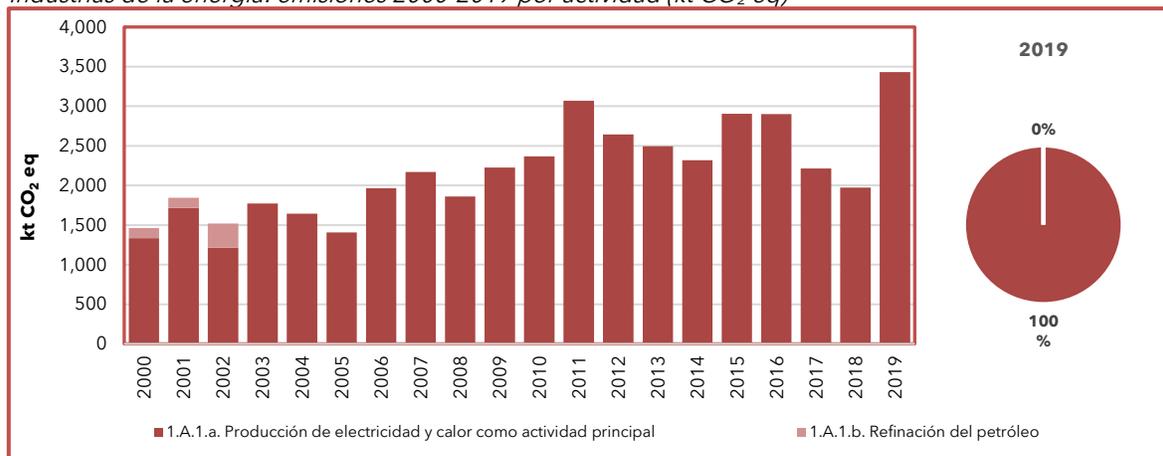
*Industrias de la energía: emisiones 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	1,335.4	1,406.4	2,365.6	2,493.3	2,212.8	1,973.8	3,429.4
1.A.1.b. Refinación del petróleo	128.8	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NO						
<b>TOTAL</b>	<b>1,464.2</b>	<b>1,406.4</b>	<b>2,365.6</b>	<b>2,493.3</b>	<b>2,212.8</b>	<b>1,973.8</b>	<b>3,429.4</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 3. 6.**

*Industrias de la energía: emisiones 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

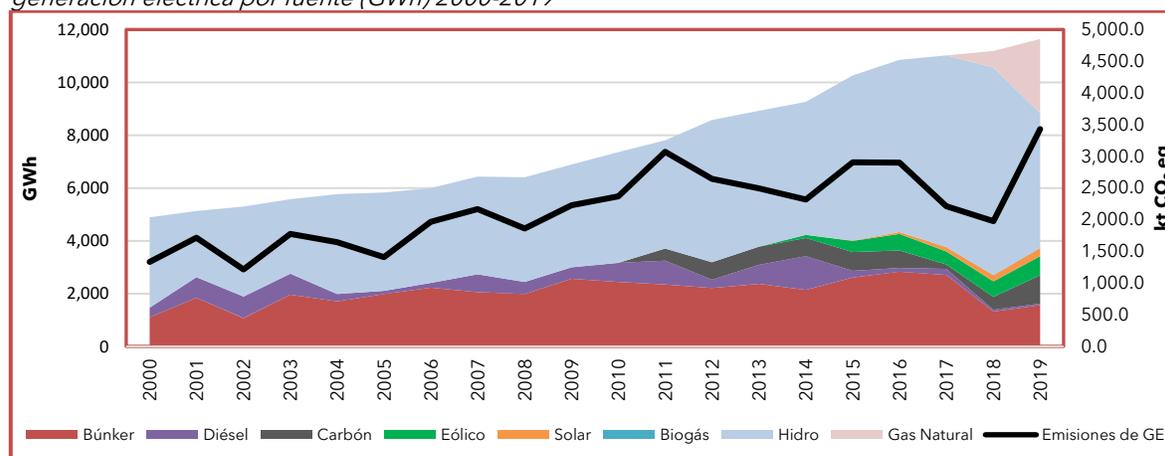


**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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, 2019), 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. 7). También se puede ver la reducción desde el 2013 debido a la incorporación al mercado eléctrico de fuentes renovables no convencionales y un aumento en 2019 debido al uso de combustibles fósiles por la falta de disponibilidad hídrica que se presenta en dicho año. 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. 7.**

*Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq) versus curvas de generación eléctrica por fuente (GWh) 2000-2019*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.8.3. 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, ver más detalles en la Sección 3.2.3. Los datos de actividad provienen de las estadísticas nacionales del BEN y de la empresa productora de electricidad del RSCP. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 18 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 3. 18.**

*Industrias de la energía: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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, 2022

### 3.2.8.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría provienen en su mayoría del BEN, exceptuando los datos de consumo de gas de vertedero que se obtuvieron directo de la empresa productora de electricidad del RSCP (Tabla 3. 19).

Tal como se mencionó en la Sección 3.1.3.2, para obtener el consumo en TJ de los combustibles del BEN (gasolina para motores, GLP, gas/diésel oil, fuelóleo residual, gas de refinería, otro carbón bituminoso y gas natural) se multiplica por el factor de conversión de kbep a TJ de la IEA (6.11 TJ/kbep). El consumo de gas de vertedero se estima de diferente manera al resto, utilizando los datos proporcionados por la empresa del RSCP, en m<sup>3</sup>. Se utiliza el valor de densidad proporcionado por la empresa y el VCN obtenido de las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 3. 19.**

*Industrias de la energía: datos de actividad 2000-2019 (TJ)*

Año	Gasolina para motores	Gases licuados de petróleo	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	Gas de refinería	Otro carbón bituminoso	Gas Natural	Gas de vertedero
2000	-	-	5,883.7	11,635.4	2,139.6	-	-	-
2001	-	-	7,166.4	15,298.2	2,176.2	-	-	-
2002	-	-	7,076.1	8,860.8	5,270.6	-	-	-
2003	-	-	7,821.6	15,345.4	-	-	-	-
2004	-	-	4,433.7	16,927.4	-	-	-	-
2005	-	-	2,041.4	16,158.8	-	-	-	-
2006	-	-	2,968.3	22,448.3	-	-	-	-
2007	-	-	8,479.4	19,807.4	-	-	-	-
2008	-	-	5,245.6	18,950.4	-	-	-	-
2009	-	-	5,529.2	23,360.3	-	-	-	-
2010	-	-	8,299.9	22,520.9	-	-	-	-
2011	-	-	10,347.7	20,698.0	-	7,310.6	-	-
2012	-	-	3,095.4	18,902.9	-	9,953.0	-	-
2013	-	-	5,831.4	13,638.3	-	10,532.7	-	-
2014	-	-	10,151.8	6,860.1	-	10,853.4	-	-
2015	-	-	2,661.9	21,501.1	-	10,918.1	-	-
2016	-	-	2,016.6	23,637.7	-	9,647.8	-	-
2017	-	-	2,832.7	22,493.2	-	2,691.8	-	78.4
2018	-	-	917.7	11,142.7	-	4,526.4	10,869.5	298.7
2019	-	-	968.6	12,715.1	-	4,963.0	33,808.4	343.5

**Nota:** con el fin de mantener una consistencia entre el INGEI presentado anteriormente (serie temporal 1994-2017), se mantuvieron los combustibles gasolina para motores y gases licuados de petróleo dentro de la tabla de datos de actividad.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.8.3.2. Factores de emisión aplicados en de la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 20.

**Tabla 3. 20.**

*Industrias de la energía: factores de emisión aplicados*

Combustible	FE CO <sub>2</sub>		FE CH <sub>4</sub>		FE N <sub>2</sub> O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasolina para motores	69,300	kg CO <sub>2</sub> /TJ	3.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.6	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Gas/diésel oil	74,100	kg CO <sub>2</sub> /TJ	3.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.6	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Fuelóleo residual	77,400	kg CO <sub>2</sub> /TJ	3.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.6	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Gases licuados de petróleo	63,100	kg CO <sub>2</sub> /TJ	1.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.1	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Gas de refinería	57,600	kg CO <sub>2</sub> /TJ	1.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.1	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Otro carbón bituminoso	94,600	kg CO <sub>2</sub> /TJ	1.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	1.5	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Gas Natural	56,100	kg CO <sub>2</sub> /TJ	1.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.1	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Gas de vertedero	54,600	kg CO <sub>2</sub> /TJ	1.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.1	kg N <sub>2</sub> O /TJ

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.8.4. 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 para los datos de actividad (Cuadro 2.15, Capítulo 2, Volumen 2; bajo la columna de Sondeos de Sistemas estadísticos menos desarrollados) y los factores de emisión (Cuadro 2.2 y 2.12, Capítulo 2, Volumen 2).

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en el Cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices. 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.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *industrias de la energía* varían desde  $\pm 3.0$  a 233.3 % dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 21). 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 CO<sub>2</sub>, 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 N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, que son en función de las tecnologías aplicadas y no del tipo de combustible, presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO<sub>2</sub>. En

este marco, y teniendo en cuenta para todas las subcategorías reportadas del sector, las emisiones de CO<sub>2</sub> son mucho mayores que las de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3. 21.**

*Industrias de la energía: incertidumbre combinada (%)*

<i>Categorías de fuente de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (± %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (± %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (± %)</i>
Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1.9%	2.3%	3.0%
Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.9%	139.8%	139.8%
Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	1.9%	217.4%	217.5%
Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	2.0%	5.4%	5.8%
Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	2.0%	150.0%	150.0%
Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	2.0%	233.3%	233.3%
Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	2.0%	3.9%	4.4%
Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	2.0%	150.0%	150.0%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 (2000-2019). 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.

Panamá, a través de la SNE, tiene previsto trabajar en la mejora de sus estadísticas energéticas, con prioridad en armonizar la metodología aplicada con los estándares internacionales, y con miras confeccionar un BEU que incluya consumos por subsectores, usos finales y eficiencias tecnológicas. Si bien la consistencia de la serie temporal también forma parte de los planes nacionales, su realización está pensada a un mayor plazo.

### **3.2.8.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría**

Durante el desarrollo del inventario del sector Energía, incluyendo todas sus subcategorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 1.2.2. 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.

#### **3.2.8.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad**

En general, la principal fuente de información y datos del sector Energía es el BEN elaborado por la SNE. Por este motivo, una vez que el Equipo técnico de Energía realiza la adaptación/conversión de la información y los datos del BEN al formato de datos de actividad en línea con los requerimientos de las *Directrices del IPCC de 2006*, desde kbp a TJ, se realiza una retroalimentación con el personal

técnico de la SNE encargado del BEN para analizar la consistencia de las tendencias y posibles discrepancias entre criterios de los expertos. Este proceso garantiza una visión experta que, a su vez, cumple la doble función de retroalimentar la elaboración misma del BEN.

### **3.2.8.5.2. Actividades específicas de control de calidad**

De forma general para todas las categorías y subcategorías del sector Energía se aplicaron las actividades de control de calidad siguientes:

- Análisis de la información utilizada para el levantamiento del BEN por expertos en el manejo de las estadísticas del sector energía y consulta a los proveedores de esta, en caso de observar no consistencia en los datos.
- Análisis de las variaciones significativas de las tendencias de GEI de la serie 2000-2019 y documentación que respalda cambios a través del tiempo.
- Comparación de resultados obtenidos mediante la aplicación del Método sectorial con el Método de referencia y sustentación de los resultados que muestran un porcentaje de diferencia mayor al 5 %.
- Utilización del Software del IPCC para el cálculo de las emisiones, a manera de comprobación de resultados.

Con respecto a las actividades específicas de control de la calidad de la subcategoría, se archivó la documentación que respalda el convenio para el cierre de la refinería en el 2002, la resolución por la cual se otorga licencia para la planta de generación eléctrica utilizando gas metano en 2017 y noticias acerca de las condiciones meteorológicas críticas que se han dado en el país, y acerca de la venta de búnker en las terminales establecidas en los litorales Pacífico y Atlántico.

### **3.2.8.5.3. Actividades específicas de verificación**

La principal actividad de verificación inherente al sector Energía es la comparación de resultados del Método sectorial con el Método de referencia y sustentación de los resultados que muestran un porcentaje de diferencia mayor al 5 %.

Adicionalmente, se realizó la comparación y análisis de las emisiones resultantes de la aplicación del Método sectorial con las emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de combustible realizadas y publicadas por la IEA<sup>23</sup>. El promedio de los absolutos de esta variación porcentual es de 9.1 %, con un máximo absoluto de 23.9 % en 2019

<sup>23</sup> Disponible en <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-overview>

y un mínimo de 0.8 % en 2014 (Tabla 3. 22 y Figura 3. 8). Estas diferencias podrían deber a:

- Desagregación de la información: la información desagregada de otro queroseno, queroseno para motor a reacción y gasolina para la aviación es entregada de manera agregada en el BEN en la columna de kerosene y jet fuel. Esto se refleja en los años entre 2005 y 2019.
- Información adicional en el inventario: en el 2009 se adicionó información de la venta 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. Esto se refleja entre los años 2009 y 2019.

**Tabla 3. 22.**

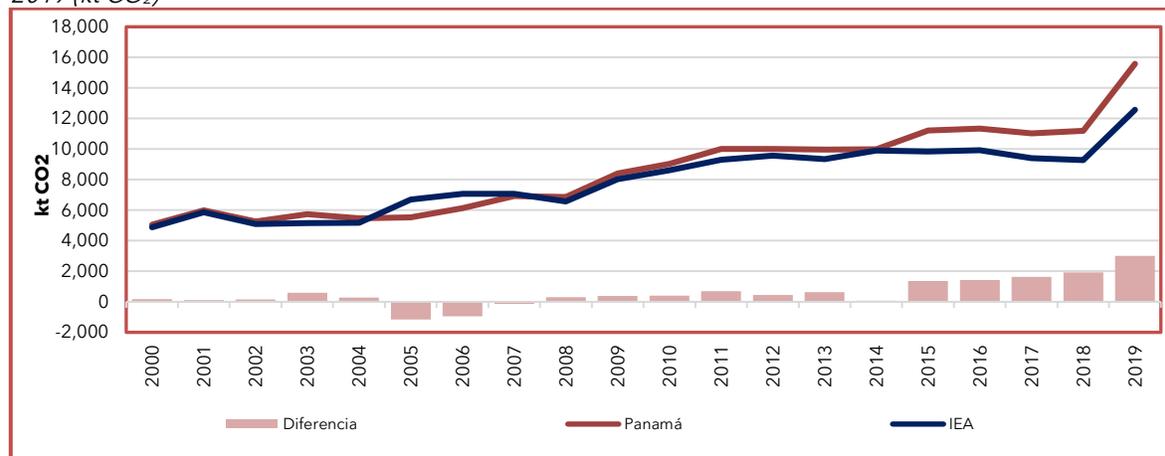
*Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub>: diferencia entre estimaciones de Panamá y estimaciones de la IEA 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub>)*

Fuente	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Panamá	5,049.0	5,527.0	9,018.2	9,962.7	11,035.4	11,202.8	15,577.1
IEA	4,878.8	6,687.1	8,604.0	9,331.6	9,392.2	9,281.0	12,569.5
<b>Diferencia</b>	<b>170.2</b>	<b>-1,160.1</b>	<b>414.1</b>	<b>631.0</b>	<b>1,643.3</b>	<b>1,921.8</b>	<b>3,007.6</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>3.5%</b>	<b>-17.3%</b>	<b>4.8%</b>	<b>6.8%</b>	<b>17.5%</b>	<b>20.7%</b>	<b>23.9%</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 3. 8.**

*Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub>: diferencia entre estimaciones de Panamá y estimaciones de la IEA 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub>)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

### 3.2.8.6. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos en la subcategoría, incluyendo leves mejoras en la calidad de los datos y el tratamiento de los mismos. La principal mejora aplicada para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría es la actualización del

factor de conversión, aplicado a los datos brutos, de kbpj a TJ de la IEA, colocando el que se encuentra público en el sitio web de la agencia.

Estos nuevos cálculos no presentan una diferencia significativa en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 23).

**Tabla 3. 23.**

*Industrias de la energía: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	1,464.1	1,406.3	2,365.5	2,493.2	2,212.7		
INGEI actual	1,464.2	1,406.4	2,365.6	2,493.3	2,212.8	1,973.8	3,429.4
<b>Diferencia</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>		
<b>%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

### 3.2.8.7. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

- 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<sub>2</sub>, y a partir de ello estimar las emisiones con el método de Nivel 2.
- Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE, para la mejora de la información de los años anteriores a 2004.
- Implementación del Sistema de Información Energética de Panamá (siePanamá) y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.

### 3.2.9. Industrias manufactureras y de la construcción (FCR 1.A.2)

#### 3.2.9.1. 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*.

Además, esta subcategoría incluye las emisiones de las actividades *manufactura de combustibles sólidos y ferrocarriles* debido a que estos consumos se encuentran reportados de manera agregada en el sector industrias dentro del BEN y no fue posible desagregarlo para el presente informe.

### 3.2.9.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 4,106.0 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 281.6 % desde 2000 y un 109.7 % desde 2017, debido principalmente a los megaproyectos resultantes del crecimiento de la economía del país, como la expansión del Canal de Panamá en el 2016 y el inicio de operaciones de proyectos de la industria minera desde 2018, en donde se utiliza combustible sólido (carbón mineral) en la generación eléctrica para el funcionamiento de dicha industria (Tabla 3. 2 y Figura 3. 1).

### 3.2.9.3. 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, ver más detalles en la Sección 3.2.3. Los datos de actividad provienen de las estadísticas nacionales del BEN y de información proporcionada por la DNH para 2005 a 2019, donde se incluyen datos que permitieron diferenciar el consumo de otro queroseno del queroseno para motor a reacción y la gasolina para la aviación. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 24 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 3. 24.**

*Industrias manufactureras y de la construcción: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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)	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, 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, 2022.

### 3.2.9.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría provienen en su mayoría del BEN, exceptuando el dato de actividad de otro queroseno para 2005 a 2019 que proviene de información proporcionada por la DNH (Tabla 3. 25), en donde se desagregó los datos de otro queroseno de la siguiente manera:

- Se obtuvo información proporcionada por la DNH para 2005 a 2019 de otro queroseno en galones y se transformó a kbep utilizando los factores de conversión de la OLADE, recopilados en la Tabla 3. 5.
- A este valor se le resta lo consumido en *otros sectores*, de acuerdo con lo indicado en el BEN, y lo resultante es lo que se atribuye al otro queroseno en las industrias.

Cabe resaltar que con esta metodología de desagregación existe una diferencia con el BEN, debido a que en este último se reporta el transporte de las industrias dentro del sector industrias, mientras que en el INGEI se reflejan en la subcategoría de *transporte*. Esto se debe a que la información de las industrias las reciben sin distinción de dónde se consume cada combustible.

Tal como se mencionó en la Sección 3.1.3.2, para obtener el consumo en TJ de los combustibles del BEN (madera/desechos de madera, otra biomasa sólida primaria, GLP, gasolinas para motores, otro queroseno, gas/diésel oil, fuelóleo residual, coque de petróleo, gas de horno de coque y otro carbón bituminoso) se multiplica por el factor de conversión de kbep a TJ de la IEA (6.11 TJ/kbep).

**Tabla 3. 25.**

*Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad 2000-2019 (TJ)*

Año	Gasolina para motores	Otro queroseno	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	GLP	Coque de petróleo	Otro carbón bituminoso	Gas de horno de coque	Madera/desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria
2000	–	11.7	6,181.5	6,902.4	102.2	–	1,929.3	–	2,271.0	4,330.4
2001	–	8.8	6,253.1	2,279.5	103.9	–	2,025.8	–	2,237.4	4,209.1
2002	–	22.5	4,956.4	2,342.0	104.8	435.6	–	–	2,203.7	4,258.4
2003	–	45.0	9,473.0	1,788.3	135.2	–	–	4.4	2,170.7	4,310.4
2004	–	66.9	8,957.9	1,939.2	112.2	53.3	–	9.1	2,137.7	4,445.0
2005	–	86.4	10,026.1	996.7	109.7	1,378.6	–	8.3	2,105.9	4,308.6
2006	–	51.7	9,189.0	2,141.3	121.6	934.8	–	21.9	2,074.1	4,445.3
2007	–	50.6	10,573.8	2,005.1	123.8	911.6	–	18.8	2,043.0	4,457.8
2008	–	43.4	11,995.6	2,371.9	1,610.8	938.3	–	–	2,012.4	4,212.9
2009	965.9	83.7	15,424.4	1,790.8	905.3	1,874.9	–	–	1,982.5	3,821.9
2010	1,042.6	48.1	14,868.3	1,552.7	2,120.3	3,219.9	–	–	1,952.5	4,054.8
2011	1,194.9	44.4	19,253.1	1,552.0	2,135.8	2,375.2	–	–	1,923.2	4,664.1
2012	1,793.5	46.8	20,414.4	1,528.1	2,257.5	4,873.3	–	–	1,894.4	4,910.2
2013	2,107.0	33.6	21,902.7	1,387.6	2,475.8	4,783.4	–	–	1,866.3	5,676.6
2014	2,281.2	15.6	22,949.0	1,315.8	2,479.5	4,492.9	–	–	1,837.8	5,088.3
2015	1,744.4	32.0	19,775.4	1,402.1	2,639.3	4,759.5	–	–	1,810.9	4,945.4
2016	1,667.4	39.6	17,254.2	1,681.8	2,777.3	3,435.6	–	–	1,783.9	5,002.4
2017	2,531.3	41.3	19,586.1	1,312.1	2,847.8	–	–	–	1,755.4	4,747.4
2018	2,699.6	37.2	19,831.0	1,332.6	2,939.1	–	2,216.9	–	1,730.0	4,632.0
2019	1,256.4	29.4	17,206.0	5,315.9	2,986.6	2,773.0	22,689.1	–	1,704.6	4,837.7

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

### 3.2.9.3.2. Factores de emisión aplicados en de la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 26.

**Tabla 3. 26.**

*Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión aplicados*

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

**Nota:** los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.6.

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

### 3.2.9.4. 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 para los datos de actividad (Cuadro 2.15, Capítulo 2, Volumen 2; bajo la columna de Sondeos de Sistemas estadísticos menos desarrollados) y los factores de emisión (Cuadro 2.3 y 2.12, Capítulo 2, Volumen 2).

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en el Cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices. 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.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *industrias manufactureras y de la construcción* varían desde ±15.9 a 233.8% dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 27). 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 CO<sub>2</sub>, 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 N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, que son función de las tecnologías aplicadas y no del tipo de combustible, presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO<sub>2</sub>. En este marco, y teniendo en cuenta para todas las subcategorías reportadas del sector, las emisiones de CO<sub>2</sub> son mucho mayores que las de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3. 27.**

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

<i>Categorías de fuente de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (± %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (± %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (± %)</i>
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	11.3%	2.9%	11.7%
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	11.9%	111.6%	112.2%
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	12.1%	177.1%	177.5%
Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	15.0%	5.4%	15.9%
Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH <sub>4</sub>	15.0%	150.0%	150.7%
Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N <sub>2</sub> O	15.0%	233.3%	233.8%
Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	47.0%	117.6%	126.7%
Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	47.0%	215.6%	220.7%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

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 (2000-2019). 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 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.

Panamá, a través de la SNE, tiene previsto trabajar en la mejora de sus estadísticas energéticas, con prioridad en armonizar la metodología aplicada con los estándares internacionales, y con miras confeccionar un BEU que incluya consumos por subsectores, usos finales y eficiencias tecnológicas. Si bien la consistencia de la serie temporal también forma parte de los planes nacionales, su realización está pensada a un mayor plazo.

### 3.2.9.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría

Ver Sección 3.2.8.5.

### 3.2.9.6. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos en la subcategoría, incluyendo leves mejoras en la calidad de los datos y el tratamiento de los mismos. Las mejoras aplicadas para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría incluyen la actualización del factor de conversión, aplicado a los datos brutos, de kbp a TJ de la IEA, colocando el que se encuentra público en el sitio web de la agencia; así mismo, se corrigieron los factores de emisión de CH<sub>4</sub> de otro queroseno y otro carbón bituminoso.

Estos nuevos cálculos no presentan una diferencia significativa en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 28).

**Tabla 3. 28.**

*Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	1,075.4	1,056.4	1,780.3	2,534.0	1,957.8		
INGEI actual	1,076.0	1,056.4	1,780.4	2,534.1	1,957.9	2,175.4	4,106.0
<b>Diferencia</b>	<b>-0.5</b>	<b>0.0</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>		
<b>%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

### 3.2.9.7. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta subcategoría se ha considerado lo siguiente:

- 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<sub>2</sub>, y a partir de ello estimar las emisiones con el método de Nivel 2.
- Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE, para la mejora de la información de los años anteriores a 2004.
- Implementación del SiePanamá y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.

### 3.2.10. Transporte (FCR 1.A.3)

#### 3.2.10.1. 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 y *transporte terrestre*. Las emisiones de *ferrocarriles* 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*.

#### 3.2.10.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

La categoría *transporte* es la principal emisora del sector Energía, representando el 47.0 % del sector para el 2019. En este año, las emisiones de GEI contabilizaron 7,424.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 234.7 % desde 2000 y en un 16.2 % desde 2017, debido principalmente al aumento del consumo de combustibles líquidos (gas/diésel y gasolina para motores) en el transporte terrestre, consecuencia del aumento de vehículos en circulación y a la adición del gas/diésel oil de uso marino desde 2009 (Tabla 3. 29 y Figura 3. 9).

Con respecto a las actividades, en 2019, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *transporte terrestre* con un 72.9 %, seguido por *navegación marítima y fluvial* con 26.2 % y *aviación civil* con 0.9 %.

**Tabla 3. 29.**

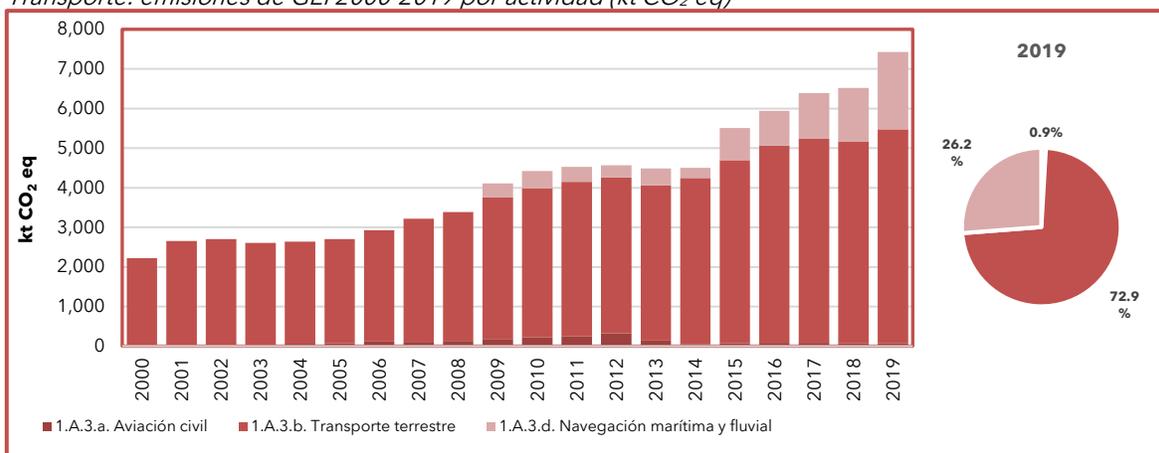
*Transporte: emisiones de GEI por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

<b>Categorías</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2013</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
1.A.3.a. Aviación civil	13.6	76.2	218.4	137.6	83.5	72.0	68.3
1.A.3.b. Transporte terrestre	2,204.5	2,626.8	3,760.9	3,926.7	5,147.4	5,096.5	5,409.2
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	NE	NE	439.2	424.6	1,156.8	1,350.0	1,947.5
<b>TOTAL</b>	<b>2,218.1</b>	<b>2,703.1</b>	<b>4,418.5</b>	<b>4,488.8</b>	<b>6,387.7</b>	<b>6,518.6</b>	<b>7,424.9</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 3. 9.**

*Transporte: emisiones de GEI 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.10.3. 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, ver más detalles en la Sección 3.2.3. Los datos de actividad provienen de las estadísticas nacionales del BEN e información proporcionada por la DNH para 2005 a 2019, donde se incluyen datos que permitieron diferenciar el consumo de queroseno para motor a reacción y la gasolina para la aviación del otro queroseno. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 30 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 3. 30.**

*Transporte: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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	IE	IE	IE	IE	IE	IE
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, 2022

#### 3.2.10.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría provienen en su mayoría del BEN, exceptuando los datos de actividad de queroseno para motor a reacción y gasolina para la aviación para 2005 a 2019, que provienen de información proporcionada por la DNH y el gas/diésel oil de uso marino que proviene de las estadísticas de la venta de combustible marino de la AMP (Tabla 3. 31). Para 2005 a 2019 se desagregaron los datos queroseno para motor a reacción y gasolina para la aviación de la siguiente manera:

- Se obtuvo información proporcionada por la DNH para 2005 a 2019 de queroseno para motor a reacción y gasolina para la aviación en galones y se transformó a kbep utilizando los factores de conversión de la OLADE, recopilados en la Tabla 3. 5
- Se sustrajo lo exportado en el BEN bajo kerosene y jet fuel al valor de queroseno para motor a reacción, ya que esto se atribuye completamente a la *aviación internacional*. Lo que resta de este valor se atribuye en su totalidad al queroseno para motor a reacción consumido en la *aviación civil*.
- El valor de gasolina para la aviación es consumido en la *aviación civil*.

Cabe resaltar que con esta metodología de desagregación existe una diferencia con el BEN, debido a que en este último se reporta el transporte de las industrias dentro del sector industrias y en el INGEI se reflejan en la subcategoría de *transporte*, para 2005 a 2019. Esto se debe a que la información de las industrias la reciben sin distinción de dónde se consume cada combustible.

Para los años anteriores al 2005 se atribuye todo el combustible de otro queroseno reportado en el BEN como consumido en el sector transporte, a la *aviación civil*.

Para *transporte marítimo* se utilizan los datos de actividad de la venta de gas/diésel oil de uso marino, reportado por la AMP para el período 2009-2019. Por la falta de datos de actividad para el periodo anterior, estas emisiones se reportan como no estimadas. Existe una cantidad de gas/diésel oil de consumo marino que es utilizado tanto para transporte internacional, como para las barcas de apoyo nacionales. 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 y fluvial* nacional, ocasionando una sobreestimación.

Tal como se mencionó en la Sección 3.1.3.2, para obtener el consumo en TJ de los combustibles del BEN se multiplica por el factor de conversión de kbep a TJ de la IEA (6.11 TJ/kbep). El consumo de gas/diésel oil de uso marino se estima de diferente manera al resto, utilizando los datos obtenidos de la AMP, en toneladas métricas. Se utiliza el VCN del gas/diésel oil obtenido de las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 3. 31.**

*Transporte: datos de actividad 2000-2019 (TJ)*

Año	Gasolina para motores	Gasolina para aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/diésel oil	Gas/diésel oil (marino)	GLP	Biogasolina
2000	17,871.8	–	–	187.7	12,417.7	–	–	–
2001	17,671.6	–	–	222.6	18,422.1	–	–	–
2002	18,004.1	–	–	76.0	18,850.8	–	–	–
2003	18,364.7	–	–	346.1	16,952.3	–	–	–
2004	19,376.6	–	–	822.6	15,968.6	–	–	–
2005	18,386.0	62.0	997.3	–	17,536.0	–	10.0	–
2006	18,713.4	59.2	1,556.2	–	19,463.9	–	275.5	–
2007	19,875.0	66.5	1,478.9	–	22,387.7	–	193.9	–
2008	21,838.8	58.9	1,825.4	–	22,506.3	–	116.8	–
2009	24,350.0	55.5	2,481.8	–	24,444.7	4,707.2	64.2	–
2010	26,046.9	57.0	2,975.4	–	25,337.3	5,892.1	50.0	–
2011	26,961.7	56.6	3,454.1	–	26,229.9	5,105.8	43.8	–
2012	28,055.1	64.7	4,445.1	–	25,840.5	4,088.4	28.3	–
2013	28,771.1	68.6	1,842.7	–	24,970.6	5,695.9	36.0	350.3
2014	31,327.0	74.6	673.9	–	26,030.3	3,540.7	30.3	985.4
2015	35,124.3	116.7	965.5	–	28,201.9	10,858.4	27.0	–
2016	38,046.6	118.7	1,051.0	–	30,227.7	11,718.4	28.7	–
2017	39,456.8	118.5	1,043.4	–	31,116.5	15,518.9	29.1	–
2018	39,684.0	129.7	872.9	–	30,228.3	18,111.3	29.1	–
2019	42,252.1	125.1	824.9	–	31,960.0	26,126.8	23.5	–

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.10.3.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 32.

**Tabla 3. 32.**

*Transporte: factores de emisión aplicados*

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

Nota: los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.6.

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.

### 3.2.10.4. 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 para los datos de actividad (Cuadro 2.15, Capítulo 2, Volumen 2; bajo la columna de Sondeos de Sistemas estadísticos menos desarrollados) y los factores de emisión (Cuadro 3.2.1 y 3.2.2, Capítulo 3, Volumen 2).

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O utilizados en *transporte terrestre*; 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.

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

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *transporte* varían desde  $\pm 4.7$  a 238.6 % dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 33). 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 CO<sub>2</sub>, 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 N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> son mucho mayores que las de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3. 33.**

*Transporte: incertidumbre combinada (%)*

<i>Categorías de fuente de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (± %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (± %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (± %)</i>
Aviación civil	CO <sub>2</sub>	4.4%	3.6%	5.7%
Aviación civil	CH <sub>4</sub>	4.4%	87.8%	87.9%
Aviación civil	N <sub>2</sub> O	4.4%	131.7%	131.8%
Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	3.6%	3.1%	4.7%
Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	4.6%	214.3%	214.4%
Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	3.5%	161.3%	161.3%
Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	50.0%	2.0%	50.0%
Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	50.0%	150.0%	158.1%
Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	50.0%	233.3%	238.6%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 (2000-2019). 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 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.

Por otro lado, para la estimación de las emisiones atribuidas al uso de los combustibles del transporte marítimo, se utiliza como dato de actividad la venta de gas/diésel oil de uso marino, reportado por la AMP para el período 2009-2019, 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. Por la falta de datos de actividad para el período anterior, estas emisiones se reportan como No Estimadas. El fuelóleo residual es íntegramente utilizado por el transporte internacional, mientras que existe una cantidad de gas/diésel oil que es utilizado tanto para transporte internacional, como para las barcas de apoyo nacionales. 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.

Panamá, a través de la SNE, tiene previsto trabajar en la mejora de sus estadísticas energéticas, con prioridad en armonizar la metodología aplicada con los estándares internacionales, y con miras confeccionar un BEU que incluya consumos por subsectores, usos finales y eficiencias tecnológicas. Si bien la consistencia de la serie temporal también forma parte de los planes nacionales, su realización está pensada a un mayor plazo.

Igualmente, se planea la estimación de los datos de consumo de combustible de la navegación marítima (2000-2008), utilizando técnicas de empalme de datos, como la extrapolación y correlación.

### **3.2.10.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría**

En general, se aplicaron las mismas actividades de la Sección 3.2.8.5, mientras que de forma específica para *transporte* se realizó la documentación que respalda cambios en las emisiones de GEI a través del tiempo, específicamente la ley que

establece el uso de bioetanol en el país desde 2013 y la resolución que autoriza el uso de la gasolina sin mezcla de bioetanol desde 2014.

### 3.2.10.6. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos en la subcategoría, incluyendo leves mejoras en la calidad de los datos y el tratamiento de los mismos. La principal mejora aplicada para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría es la actualización del factor de conversión, aplicado a los datos brutos, de kbep a TJ de la IEA, colocando el que se encuentra público en el sitio web de la agencia.

Estos nuevos cálculos no presentan una diferencia significativa en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 34).

**Tabla 3. 34.**

*Transporte: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	2,218.0	2,702.9	4,418.3	4,488.5	6,387.5		
INGEI actual	2,218.1	2,703.1	4,418.5	4,488.8	6,387.7	6,518.6	7,424.9
<b>Diferencia</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.2</b>		
<b>%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.10.7. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

- 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<sub>2</sub>, y a partir de ello estimar las emisiones con el método de Nivel 2.
- Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE, para la mejora de la información de los años anteriores a 2004.
- Implementación del siePanamá y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.
- Investigar opciones para la desagregación del consumo de diésel oil en las barcasas de apoyo del Canal de Panamá del total reportado por la AMP.

- Investigar opciones para la desagregación del consumo de combustibles en *vehículos todo terreno y otra maquinaria y pesca nacional e internacional* del *transporte terrestre*.
- Estimación de los datos de consumo de combustible de la navegación marítima (2000-2008), utilizando técnicas de empalme de datos, como la extrapolación y correlación.
- Investigar opciones para la desagregación del consumo de diesel oil en las barcas de apoyo del Canal de Panamá del total reportado por la AMP. Asimismo, desagregar la información respecto a la navegación dentro del BEN.

### 3.2.11. Otros sectores (FCR 1.A.4)

#### 3.2.11.1. 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*.

#### 3.2.11.2. Tendencia de los GEI de la subcategoría

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 853.8 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 96.9 % desde 2000, año en el cual las emisiones en la actividad *agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías* fueron muy pequeñas, y en un 24.1 % desde 2017, 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 abrupto de la economía en el país durante la última década (Tabla 3. 35 y Figura 3. 10).

Con respecto a las actividades, en 2019, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *residencial* con un 57.1 %, seguido por *comercial/institucional* con 36.4 % y *agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías* con 6.5 %.

**Tabla 3. 35.**

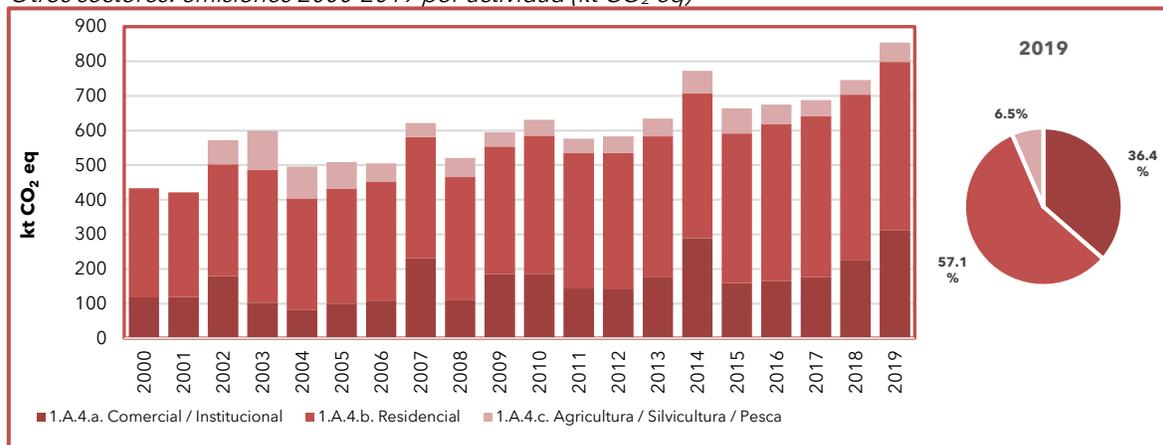
Otros sectores: emisiones 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
1.A.4.a. Comercial / Institucional	117.8	99.1	186.3	178.0	176.6	224.8	311.0
1.A.4.b. Residencial	315.7	333.5	398.4	404.8	465.6	478.5	487.6
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca	0.0	76.3	46.5	51.9	45.8	42.6	55.2
<b>TOTAL</b>	<b>433.6</b>	<b>508.9</b>	<b>631.3</b>	<b>634.7</b>	<b>688.0</b>	<b>746.0</b>	<b>853.8</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 3. 10.**

Otros sectores: emisiones 2000-2019 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 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, ver más detalles en la Sección 3.2.3. Los datos de actividad provienen de las estadísticas nacionales del BEN. Para los factores de emisión se utilizaron valores por defecto. La Tabla 3. 36 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 3. 36.**

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

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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, 2022

#### 3.2.11.3.1. Datos de actividad específicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la subcategoría provienen en su mayoría del BEN, exceptuando el dato de actividad de otro queroseno para 2005 a 2019, que proviene de información proporcionada por la DNH (Tabla 3. 37). Para 2005 a 2019 se desagregaron los datos de otro queroseno de la manera siguiente:

- Se obtuvo información proporcionada por la DNH para 2005 a 2019 de otro queroseno en galones y se transformó a kbep utilizando los factores de conversión de la OLADE, recopilados en la Tabla 3. 5
- Este valor se asigna según lo indicado en el BEN.

Cabe resaltar que, para el 2009, existe una inconsistencia con los datos proporcionados por la DNH para otro queroseno consumido en *otros sectores* y lo que presenta el BEN. Para esto, se hizo la consulta con la SNE y se acordó en utilizar lo obtenido con los datos de la DNH.

Tal como se mencionó en la Sección 3.1.3.2, para obtener el consumo en TJ de los combustibles del BEN (madera/desechos de madera, GLP, otro queroseno, carbón vegetal, gasolinas para motores, Gas/diésel oil y fuelóleo residual) se multiplica por el factor de conversión de kbep a TJ de la IEA (6.11 TJ/kbep).

**Tabla 3. 37.**

*Otros sectores: datos de actividad 2000-2019 (TJ)*

Año	Gasolinas para motores	Otro queroseno	Gas/ diésel oil	Fuelóleo residual	GLP	Madera/ desechos de madera	Carbón vegetal
2000	–	322.2	443.7	51.8	4,717.7	7,855.8	64.8
2001	–	192.7	455.8	46.6	4,668.1	7,824.1	63.0
2002	32.2	427.9	2,252.7	0.7	4,695.0	7,792.9	63.6
2003	92.7	414.9	1,416.4	–	6,055.5	7,761.7	61.8
2004	112.6	167.9	934.0	191.6	5,026.3	7,730.5	58.1
2005	326.9	85.6	659.7	234.6	5,362.6	7,700.0	56.2
2006	282.5	63.6	505.0	143.0	5,680.9	7,669.4	53.8
2007	1,067.6	15.3	1,304.0	57.1	5,872.4	7,638.2	53.2
2008	289.8	31.8	1,522.8	188.3	4,699.7	7,607.7	53.2
2009	363.1	86.7	1,789.3	26.9	5,619.7	7,577.7	50.7
2010	426.0	310.9	1,821.4	26.6	5,836.9	7,574.0	50.7
2011	501.9	92.6	1,911.3	28.3	5,040.5	7,545.3	49.5
2012	564.7	11.1	1,885.6	27.7	5,190.1	7,517.2	48.3
2013	553.8	9.7	2,410.3	59.8	5,371.1	7,489.1	47.7
2014	604.6	30.5	4,041.9	11.3	5,606.7	7,460.8	44.7
2015	610.6	2.3	2,431.7	9.4	5,821.7	7,432.3	42.5
2016	598.0	2.3	2,356.4	1.3	6,111.3	7,403.7	44.1
2017	635.7	1.6	2,327.8	–	6,321.9	7,376.8	41.3
2018	626.4	3.1	2,944.8	–	6,524.6	7,348.2	50.7
2019	627.3	9.3	4,265.0	–	6,668.8	7,319.7	48.6

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.11.3.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión por defecto aplicados se presentan en la Tabla 3. 38 y Tabla 3. 39.

**Tabla 3. 38.**

*Otros sectores: factores de emisión aplicados para comercial/institucional*

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

**Nota:** los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.6.

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

**Tabla 3. 39.**

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

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

**Nota:** los FE de los biocombustibles se encuentran sombreados debido a que las emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos no se incluye en el total del sector Energía. Para mayor detalle sobre esto, ver Sección 3.2.6.

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

### 3.2.11.4. 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 para los datos de actividad (Cuadro 2.15, Capítulo 2, Volumen 2; bajo la columna de Sondeos de Sistemas estadísticos menos desarrollados) y los factores de emisión (Cuadro 2.4, 2.5 y 2.12, Capítulo 2, Volumen 2).

Para la estimación de las incertidumbres de los factores de emisión de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> se tomó el valor porcentual por defecto más alto establecido en el Cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices. 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.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *otros sectores* varían desde ±10.4 a 281.0 % dominadas notoriamente por el uso de factores de emisión por defecto para CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 3. 40). 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 CO<sub>2</sub>, 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 N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, que son función de las tecnologías aplicadas y no del tipo de combustible, presentan incertidumbres mucho mayores a las del CO<sub>2</sub>. En este marco, y teniendo en cuenta para todas las subcategorías reportadas del sector, las emisiones de CO<sub>2</sub> son mucho mayores que las de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, la incertidumbre total del sector está dominada por la incertidumbre del CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3. 40.**

*Otros sectores: incertidumbre combinada (%)*

<i>Categorías de fuente de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (± %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (± %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (± %)</i>
Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	10.1%	2.3%	10.4%
Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	9.9%	99.3%	99.8%
Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	11.1%	171.3%	171.7%
Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	59.7%	149.3%	160.8%
Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	59.9%	274.5%	281.0%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 (2000-2019). 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.

Panamá, a través de la SNE, tiene previsto trabajar en la mejora de sus estadísticas energéticas, con prioridad en armonizar la metodología aplicada con los estándares internacionales, y con miras confeccionar un BEU que incluya consumos por subsectores, usos finales y eficiencias tecnológicas. Si bien la consistencia de la serie temporal también forma parte de los planes nacionales, su realización está pensada a un mayor plazo.

### **3.2.11.5. Actividades específicas de GCCV de la subcategoría**

Ver Sección 3.2.8.5.

### **3.2.11.6. Nuevos cálculos de la subcategoría**

Se realizaron nuevos cálculos en la subcategoría, incluyendo leves mejoras en la calidad de los datos y el tratamiento de los mismos. La principal mejora aplicada para el desarrollo de los nuevos cálculos de la subcategoría es la actualización del factor de conversión, aplicado a los datos brutos, de kbep a TJ de la IEA, colocando el que se encuentra público en el sitio web de la agencia.

Estos nuevos cálculos no presentan una diferencia significativa en comparación con el INGEI previamente presentado (Tabla 3. 41).

**Tabla 3. 41.**

*Otros sectores: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	2,218.0	2,702.9	4,418.3	4,488.5	6,387.5		
INGEI actual	2,218.1	2,703.1	4,418.5	4,488.8	6,387.7	6,518.6	7,424.9
<b>Diferencia</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.2</b>		
<b>%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 3.2.11.7. Plan de mejoramiento específico de la subcategoría

Como parte del plan de mejora para esta subcategoría se ha considerado lo siguiente:

- 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<sub>2</sub>, y a partir de ello estimar las emisiones con el método de Nivel 2.
- Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE, para la mejora de la información de los años anteriores a 2004.
- Implementación del siePanamá y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.

### 3.3. Emisiones fugitivas de combustibles (FCR 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 INGEI.

### 3.4. Transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (FCR 1.C)

Esta categoría no ocurre en el país.

# 4 SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

A nivel nacional, este sector incluye las emisiones de las categorías Industria de los minerales, Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes, y el Uso de productos sustitutos de sustancias que agotan la capa de ozono.  
© CEMEX Panamá.



## CAPÍTULO 4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (FCR 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, 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, 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 incluye las emisiones de las categorías *industria de los minerales, uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes y uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)*. Estas últimas comienza a registrarse en el país desde 2012.

Las categorías *industria química, industria de los metales e industria electrónica* no ocurren en el país. Además, las emisiones de la categoría *manufactura y utilización de otros productos*, como SF<sub>6</sub> y PFC de otros usos de productos en equipos eléctricos, así como el N<sub>2</sub>O 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.

Según estudio elaborado por el Ministerio de Economía y Finanzas del sector de la construcción en Panamá, el sector registró un crecimiento promedio de 17.8% entre 2008 y 2016. Este incremento se atribuye en gran medida a la ejecución de megaproyectos de infraestructura, como la Cinta Costera, Panamá Pacífico y la ampliación del Canal de Panamá (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017). 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)

Por otra parte, varias disposiciones del Protocolo de Montreal han acelerado el proceso de eliminación del hidroclorofluorocarbonos (HCFC), y las Partes han tomado medidas para proteger el ambiente al elegir sustitutos para estas Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (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 Global (PCG) 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 PCG. Además, en el sector del aire acondicionado móvil, los automóviles y otros vehículos pequeños usan HFC-134a como refrigerante. Es importante señalar que Panamá no produce estas sustancias, por lo que su consumo depende de las importaciones (MINSIA, 2017).

#### 4.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI del sector IPPU de Panamá de 2019, por tipo de GEI (Tabla 4.1 y Tabla 4.2) fueron 558.4 kt CO<sub>2</sub> y 913.3 kt CO<sub>2</sub> eq de HFC. Para las emisiones SF<sub>6</sub>, pese a que se encontró evidencia de importación nacional para su uso con fines eléctricos, no se contó con el tiempo suficiente para compilar datos de actividad y realizar las estimaciones. 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 y absorciones 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 sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 4.1**

*Sector IPPU: emisiones por GEI, categorías y subcategoría (kt) para 2019*

Código	Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
<b>2.</b>	<b>Procesos industriales y uso de productos</b>	<b>558,43</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>913,30</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
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	NE										
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	3.0	NA, NE	NA, NE					NO	NO	NE, NO	NO
2.D.1.	Uso de lubricantes	3.0							NO	NO	NE	NO
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	NE	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				

Código	Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
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				
2.E.5.	Otros (especificar)				NO	NO	NO	NO				
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				913,30	NO	NA	NO				
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado				913,25	NO	NA	NO				
2.F.2.	Agentes espumantes				NO	NO	NA	NO				
2.F.3.	Protección contra incendios				0,04	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	NE	NO	NO, NE	NE, NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.1.	Equipos eléctricos				NO	NO	NE	NO				
2.G.2.	SF <sub>6</sub> y PFC de otros usos de productos					NE	NE					
2.G.3.	N <sub>2</sub> 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, 2022

**Tabla 4.2**

*Sector IPPU: emisiones de HFC, categorías y sustancia (kt) para 2019*

Código	Categorías de fuente de GEI	HFC					
		HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-143a	HFC-227ea
<b>2.</b>	<b>Procesos industriales y uso de productos</b>	<b>289.49</b>	<b>0.02</b>	<b>49.28</b>	<b>362.10</b>	<b>212.36</b>	<b>0.04</b>
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
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
2.B.10.	Otros (especificar)						
2.C.	Industria de los metales	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
2.C.5.	Producción de plomo						
2.C.6.	Producción de cinc						
2.C.7.	Otros (especificar)	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
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Código	Categorías de fuente de GEI	HFC					
		HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-143a	HFC-227ea
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.3.	Células fotovoltaicas	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.5.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO	289.49	0.02	49.28	362.10	212.36	0.04
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	289.49	0.02	49.28	362.10	212.36	NO
2.F.2.	Agentes espumantes	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.3.	Protección contra incendios	NO	NO	NO	NO	NO	0.04
2.F.4.	Aerosoles	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5.	Solventes	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6.	Otras aplicaciones	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.1.	Equipos eléctricos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.2.	SF <sub>6</sub> y PFC de otros usos de productos						
2.G.3.	N <sub>2</sub> O de usos de productos						
2.G.4.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

El sector IPPU representó un 2.8 % del balance nacional en 2019 (6.6 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,471.7 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un importante 371.2 % desde 2000 y en un 3.9 % desde 2017 (Tabla 4.3). La tendencia observada (Figura 4.1) indica un aumento sostenido a partir de 2009 debido principalmente al aumento en la demanda de producción de cemento consecuencia del desarrollo de destacados proyectos de infraestructura como la Cinta Costera, Panamá Pacífico y la Ampliación del Canal, hasta 2014 con la culminación de algunas de estas grandes obras, que es cuando el sector de infraestructura comienza a registrar comportamientos moderados de crecimiento. Adicionalmente, con la salida de los HCFC del mercado por el cumplimiento del Protocolo de Montreal, a partir de 2012 se reporta el ingreso significativo de HFC como sustitutos de las SAO. El notorio descenso de las emisiones para el periodo 2002-2009 se debe a la salida del mercado de una de las productoras de clínker. Por último, el brusco aumento de las emisiones de HFC entre 2017-2019 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 2019, un 62.1 % corresponde al *uso de productos sustitutos de las SAO*, un 37.7 % a *industria de los minerales*, 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 como los HFC con alto Porcentaje de Calentamiento Global (PCG).

**Tabla 4.3**

*Sector IPPU: emisiones totales por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

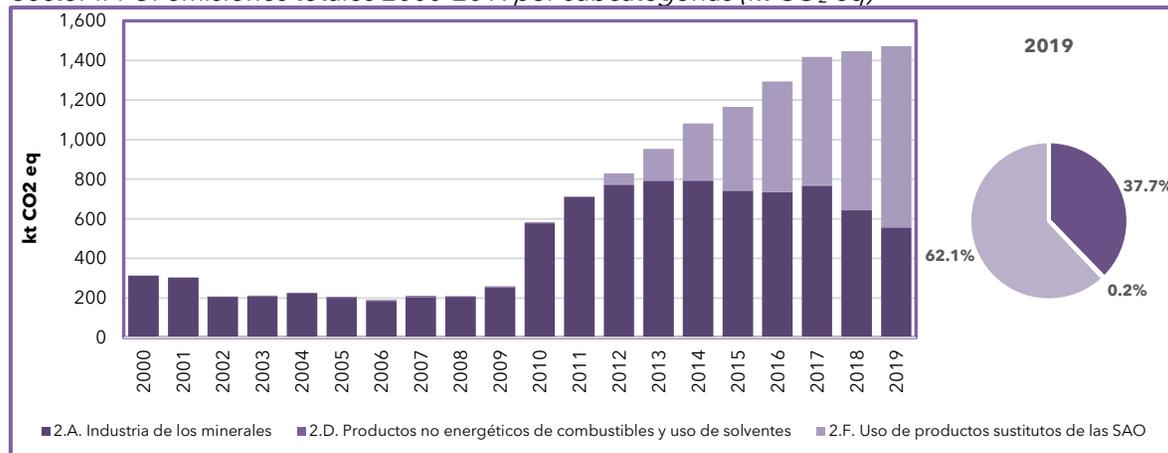
Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
2.A. Industria de los minerales	312.3	201.7	577.6	791.2	766.7	642.8	555.4
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	0.0	4.4	4.5	2.5	3.0	3.0	3.0
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	NE	NE	NE	158.9	647.4	800.8	913.3
<b>Total</b>	<b>312.3</b>	<b>206.1</b>	<b>582.0</b>	<b>952.6</b>	<b>1417.1</b>	<b>1,446.6</b>	<b>1,471.7</b>

**Nota:** NO = no ocurre.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 4.1**

*Sector IPPU: emisiones totales 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Las emisiones del sector IPPU por tipo de GEI, en el 2019, estuvieron representadas por un 62.1 % HFC de y un 37.9 % de CO<sub>2</sub> (Tabla 4.4 y Figura 4.2). Se destaca el importante incremento de los HFC desde su registro significativo al país en 2012, lo cual se debe principalmente al ingreso de los gases fluorados como sustitutos de las SAO para la subcategoría de *refrigeración y aire acondicionado*. En el caso de las emisiones de SF<sub>6</sub>, no se estimaron por falta de tiempo para compilar datos de actividad que permitieran la estimación de emisiones por uso con fines eléctricos. En cuanto a las emisiones de CH<sub>4</sub>, aunque son posibles en el sector de la industria de los minerales, resultan insignificantes. Por su parte, el NF<sub>3</sub> no ocurre en el país. Respecto al N<sub>2</sub>O 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 las limitaciones de tiempo establecido en el ciclo de inventarios y por falta de tiempo para la aplicación la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 4.4**

*Sector IPPU: emisiones totales 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

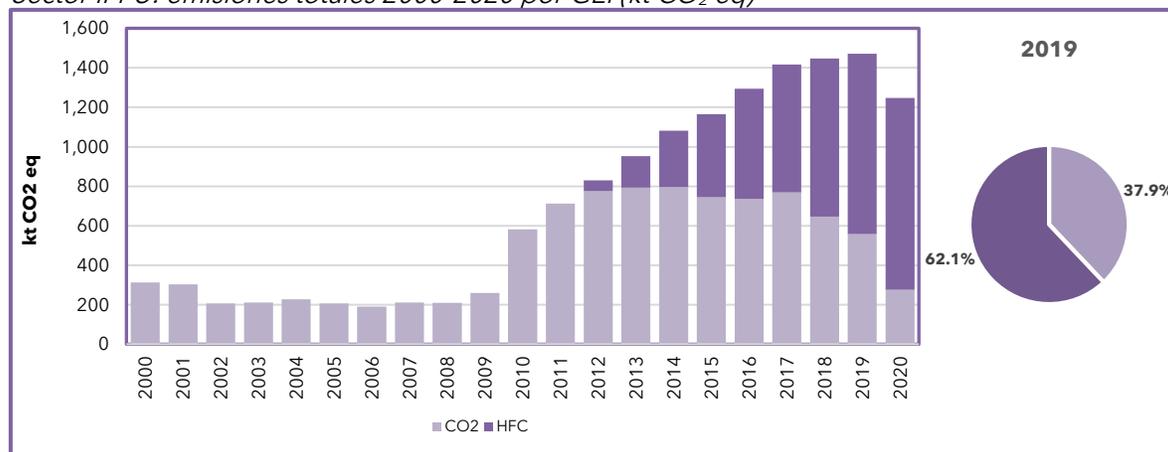
GEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	312.3	206.1	582.0	793.7	769.7	645.8	558.4
HFC	NE	NE	NE	158.9	647.4	800.8	913.3
<b>Total</b>	<b>312.3</b>	<b>206.1</b>	<b>582.0</b>	<b>952.6</b>	<b>1,417.1</b>	<b>1,446.6</b>	<b>1,471.7</b>

**Nota:** NO = no ocurre.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 4.2**

*Sector IPPU: emisiones totales 2000-2020 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

La estimación de las emisiones de HFC representa un importante logro para el INGEI. Estos 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. A continuación, en la Tabla 4.5 y Figura 4.3 muestran las emisiones de HFC producto de las sustancias que ingresan al país.

**Tabla 4.5**

*Sector IPPU: emisiones de HFC por sustancia (kt CO<sub>2</sub> eq)*

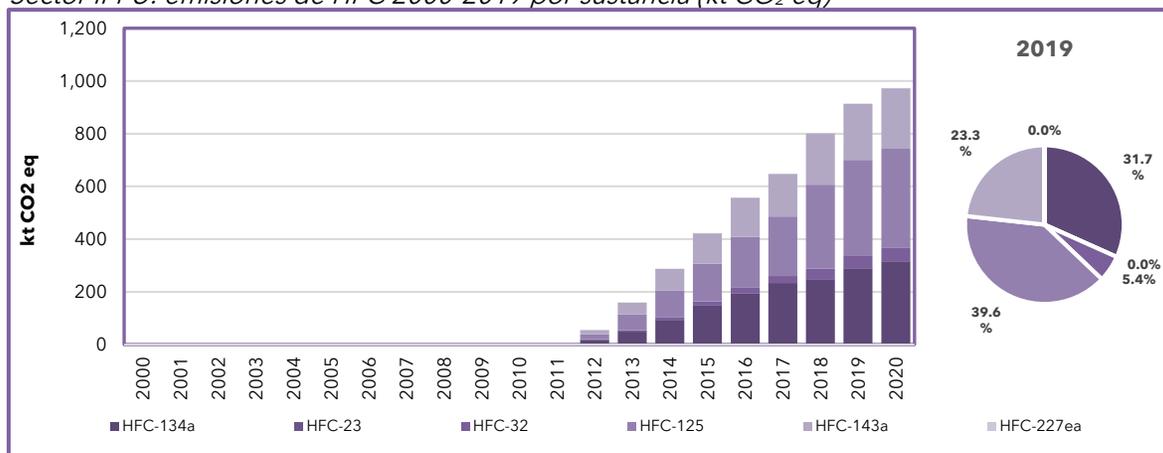
GEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
HFC-134a	NE	NE	NE	28.82	233.00	245.96	289.49
HFC-23	NE	NE	NE	0.05	0.02	0.02	0.02
HFC-32	NE	NE	NE	6.56	26.78	42.33	49.28
HFC-152A	NE	NE	NE	NO	NO	NO	NO
HFC-125	NE	NE	NE	58.41	225.49	318.39	362.10
HFC-143a	NE	NE	NE	45.08	162.11	194.03	212.36
HFC-227ea	NE	NE	NE	0.01	0.05	0.04	
<b>Total</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>158.9</b>	<b>647.4</b>	<b>800.8</b>	<b>913.3</b>

**Nota:** NO = no ocurre. Adicional, en comparación con el inventario anterior, no se registran emisiones de GEI HFC-152A en debido a una corrección en el porcentaje de una de las mezclas utilizadas

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 4.3**

*Sector IPPU: emisiones de HFC 2000-2019 por sustancia (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 4.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Las emisiones fueron estimadas de acuerdo a la metodología de Nivel 1a de las *Directrices del IPCC de 2006*, para el *uso de productos sustitutos de las SAO* que consiste en la utilización de factores de emisión, mientras que el método de Nivel 2 se aplicó para *industria de los minerales* y para la categoría *uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente*. Esto último representa una mejora metodológica con referencia al INGEI anterior ya que se logro la desagregación de grasas y lubricantes.

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. 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 2019*

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		HFC		PFC		SF <sub>6</sub>		NF <sub>3</sub>	
	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
<b>2. IPPU</b>	<b>T2, T1, C, NE, NO</b>	<b>D, C, NE, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>T1a, NE, NO</b>	<b>D, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
2.A. Industria de los minerales	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	T2, NE, NO	D, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO								
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	NE	NE	NO	NO	NO	NO	NE, NO	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, 2022.

Las principales fuentes de datos de actividad utilizados son:

- Datos de producción de clínker: proporcionados directamente por las industrias cementeras del país
- 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).
- Datos de consumo de productos sustitutos de las SAO (sustancias puras y mezclas). Estos datos fueron desagregados por uso estimado y específicamente las mezclas por contenido de HFC y PFC 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.

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.

## 4.2. Industria de los minerales (FCR 2.A)

### 4.2.1. Descripción de la categoría

Esta categoría abarca la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> 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 magnesia no metalúrgica.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de la *producción de cemento*. Las emisiones de *otros usos de carbonatos en los procesos*, que tienen lugar en el país por la producción de cerámicos, no se reportan por falta de datos de actividad dado que esta actividad se desarrolla de manera artesanal. En el

anterior INGEI se reportó *producción de cal* como una subcategoría de la industria de los minerales. Sin embargo, como parte de los procesos de mejora del inventario, el Equipo Técnico de Inventario Sectorial (ETIS) de IPPU visitó la planta identificada y constató que el proceso realizado es de trituración de caliza y no de calcinación. La calcinación es el proceso al que se le atribuyen 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 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 555.4 kt CO<sub>2</sub> eq (37.7 % del total del sector), incrementándose en un 77.8 % desde 2000 y reduciéndose en un 27.6% desde 2017 (Tabla 4.3 y Figura 4.1). Esto 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 disminución de las emisiones en 2019 está ligada al cambio de gobierno por las elecciones nacionales, periodo donde son finalizados muchos de los proyectos de inversión pública.

Además de los proyectos de infraestructura pública, durante el periodo 2010 - 2013 la construcción no residencial fue mayor especialmente en el año 2012 cuando los distritos de Arraiján y La Chorrera experimentaron un auge en la construcción de este tipo de obra, lo cual aporta de gran manera en la producción de materiales de construcción como cemento. (MEF, 2017)

#### 4.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

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. 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 <sub>2</sub>	
	Método aplicado	Factor de emisión
2.A. Industria de los minerales	T2, C, NE, NO	D, C, NE, NO
2.A.1. Producción de cemento	T2, C	, C
2.A.2. Producción de cal	NO	NO
2.A.3. Producción de vidrio	NE	NE
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, 2022

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 estas subcategorías 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 2009 que reglamenta el de secreto estadístico y dicta que los datos individuales que se obtengan para formar parte de la estadística nacional no puede ni debe vulnerar el derecho a la intimidad de las personas naturales o jurídicas.

Las fuentes de datos de actividad utilizados son:

- Datos de producción de clínker proporcionados directamente por las industrias cementeras productoras de clínker durante los años reportados en la serie temporal de este INGEI.

### **Producción de cemento**

En esta subcategoría el CO<sub>2</sub> se genera durante la producción de clínker. Las emisiones se estimaron aplicando el Nivel 2 de las *Directrices del IPCC 2006*. En este nivel, las emisiones se estiman 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 siguiente.

#### **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 CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de la producción de cemento, toneladas
- M<sub>cl</sub> = peso (masa) de clínker producido, toneladas
- EF<sub>cl</sub> = factor de emisión para el clínker, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de clínker
- CF<sub>ckd</sub> = factor de corrección para las emisiones de CKD, sin dimensión

#### 4.2.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de esta categoría son específicos y desagregados del país, estos fueron facilitados directamente por las industrias productoras de clínker en el territorio nacional, pero tal y como se detalló en la Sección 4.2.3, estos datos serán tratados como confidenciales (C).

#### *Producción de cemento*

Los datos fueron facilitados directamente por las plantas cementeras en el territorio nacional productoras de clínker durante la serie temporal de 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, los cuales son Cemex Panamá y Argos antes conocido como Cemento Panamá.

#### 4.2.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de emisiones de esta categoría el factor de emisión utilizado será tratado como confidencial.

#### 4.2.4. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre combinada de las categorías de fuente de GEI de *industria de los minerales* es de ±36.1 % (Tabla 4.8). Pese a que los aspectos metodológicos de esta categoría son tratados como confidenciales, la incertidumbre de esta categoría esta directamente relacionada con los factores de emisión utilizados en el proceso de estimación.

**Tabla 4.8**

*Industria de los minerales: incertidumbre combinada (%)*

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
2.A. Industria de los minerales	CO <sub>2</sub>	2.2%	36.0%	36.1%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para toda la serie de la *producción de cemento* (2000 - 2019) se utilizó la fuente de datos obtenida, a través de encuestas directas a las empresas productoras de cemento del país.

#### 4.2.5. 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 descritos en la Sección 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

##### 4.2.5.1. 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. Adicionalmente, valida la información proporcionada por las industrias cementeras con la reportada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) con respecto a la producción de cemento.

##### 4.2.5.2. Actividades específicas de control de la calidad

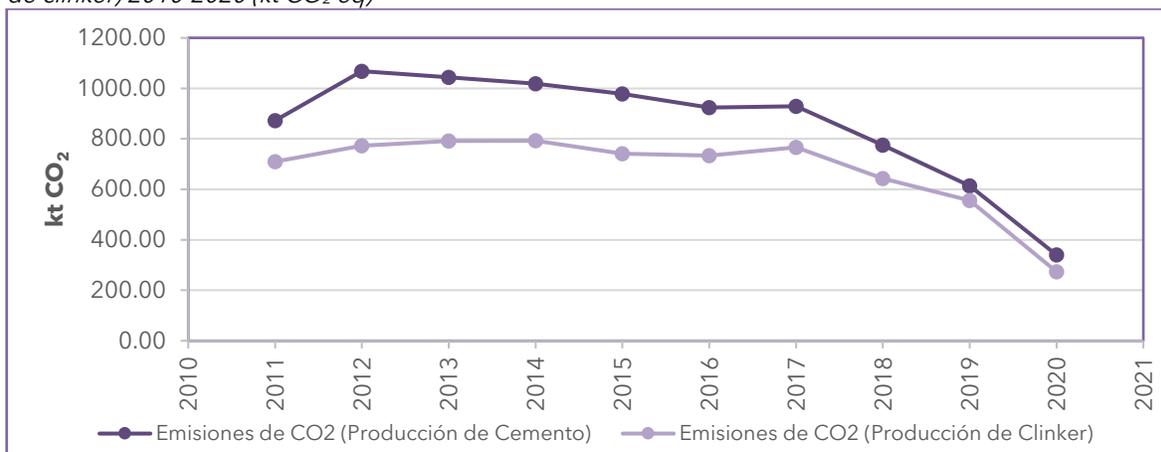
Los datos recibidos para la categoría de *producción de cemento*, fueron ingresados a plantillas de datos de actividad que en conjunto con las plantillas de factores de emisión fueron vinculadas automáticamente en las hojas de trabajo elaboradas por el Equipo técnico de IPPU para evitar errores por el 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.

##### 4.2.5.3. Actividades específicas de verificación

En el caso puntual de la *producción de cemento* se solicitaron los datos de actividad de la producción de cemento a partir del 2012 al Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) que provienen del estudio de los principales indicadores económicos mensuales en la República de Panamá año 2000-2020. 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 4.4 la tendencia de las emisiones de cemento es muy parecida a la tendencia de las emisiones por producción de clínker.

**Figura 4.4**

Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub>: diferencia entre nivel 1 (producción de cemento) vs Nivel 2 (Producción de clínker) 2010-2020 (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 4.2.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *industria de los minerales* para los años 2018 y 2019 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.

#### 4.2.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

- Desarrollo de factores de emisión país específico con el apoyo de los actores claves, principalmente para la subcategoría *producción de cemento* que forma parte de las categorías principales del INGEI. Para esto se deberá llegar a un acuerdo con las industrias productoras, el cual no llego a concluirse para esta serie temporal. De no lograr el desarrollo de factores de emisión nacionales, podría considerarse la opción de utilizar factores de emisión regionales que disminuya la incertidumbre las estimaciones.
- Establecer arreglos institucionales para la implementación de un sistema de transferencias de información con los proveedores de datos tanto del sector público como del sector privado para el INGEI. Esta mejora está en planificación puesto que está considerado dentro de las funciones de la Plataforma Nacional de Transparencia Climática la captación de datos para la elaboración de los INGEI.

- Verificar con las empresas de producción de cemento si tienen implementado un sistema de GC/CC y si este satisface los requerimientos establecidos para el inventario.
- Implementar acciones para obtener los datos necesarios para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de las subcategorías 2.A.3 y 2.A.4.
- 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.
- 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.
- Priorizar la verificación de la posible existencia de un horno en la producción de cal del país. En caso de no existir, reconsiderar las emisiones estimadas e informadas para la subcategoría 2.A.2 Producción de Cal en el inventario que entonces no ocurrieron.

#### **4.3. Industria química (FCR 2.B)**

Esta categoría no ocurre en el país.

#### **4.4. Industria de los metales (FCR 2.C)**

Esta categoría no ocurre en el país.

#### **4.5. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (FCR 2.D)**

##### **4.5.1. Descripción de la categoría**

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones del *uso de lubricantes*, mientras que las emisiones del *uso de la cera de parafina* no se incluyeron por falta de datos de actividad y en el caso las emisiones de gases precursores de *alquitrán o el asfalto y los solventes* no se estimaron por falta 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 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 3.0 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose de forma extrema en el 2000 y con leve incremento de un 1.3% desde 2017 (Tabla 4.9. y Figura 4.5 ). Este incremento extremo se debe principalmente a la poca información que se lograba recaudar en esa época para levantar estadísticas nacionales y también a las dificultades que presentó la economía nacional previo a 2002. No obstante, posterior a 2002, el tratamiento de la información y su manejo mejoró en gran medida. Esta mejora de la información se debe en gran parte al cierre de la única refinería de petróleo en el período 1994-2002, ya que se asume que la mayoría de lo que se generaba en esta se reportaba para uso energético.

Las emisiones para esta categoría disminuyeron en comparación con el informe anterior, puesto que, para este periodo se lograron desagregar los datos específicos para uso no energético de combustible en: lubricantes, grasas y asfalto; esta desagregación reflejó que gran parte del uso no energético estaba constituida por asfalto. Adicionalmente, para esta categoría se están incluyendo 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 logró desagregar esta información por falta de tiempo.

**Tabla 4.9.**

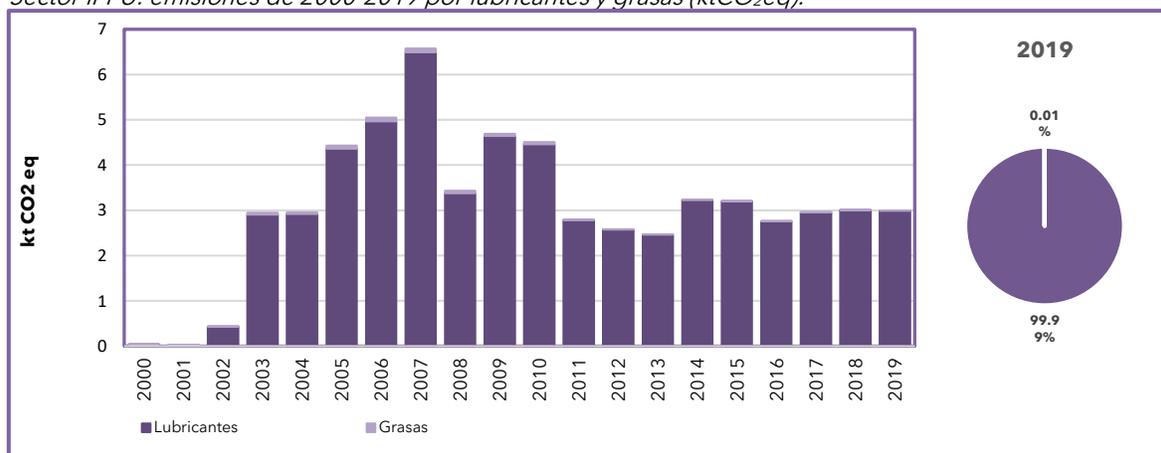
*Sector IPPU: emisiones de 2000-2019 por lubricantes y grasas (kt CO<sub>2</sub> eq).*

Desagregación	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Lubricantes	0.0	4.4	4.5	2.5	3.0	3.0	3.0
Grasas	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>0.0</b>	<b>4.4</b>	<b>4.5</b>	<b>2.5</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 4.5.**

Sector IPPU: emisiones de 2000-2019 por lubricantes y grasas (ktCO<sub>2</sub>eq).



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 4.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para las estimaciones de GEI de la categoría 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. Las categorías cera de parafinas, alquitrán y solventes no se estimaron por falta de datos de actividad y tiempo para la aplicación la metodología sugerida por las Directrices del IPCC de 2006. La categoría asfalto no se reportó por falta de tiempo para aplicar la metodología sugerida. En la Tabla 4.10. se presentan los métodos aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 4.10.**

Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2019

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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, NE, NO	D, NE, 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	NE	NE	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, 2022

La fuente de datos de actividad para la estimación de las emisiones de esta categoría fue proporcionada por la Secretaría Nacional de Energía y provienen de la Dirección Nacional de Hidrocarburos.

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 ecuación siguiente.

#### Ecuación 4.2

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:

- CO<sub>2</sub> Emisiones = emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los lubricantes, toneladas de CO<sub>2</sub>
- LC<sub>i</sub> = consumo de lubricante de tipo i, TJ
- CC<sub>i</sub> = contenido de carbono del lubricante i, tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ)
- ODU<sub>i</sub> = factor ODU del lubricante i, fracción
- 44/12 = cociente de masa del CO<sub>2</sub>/C

#### 4.5.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad son específicos y desagregados del país Tabla 4.11 y Tabla 4.12, estos fueron proporcionados por la SNE y provienen de datos estadísticos de la Dirección Nacional de Hidrocarburos.

**Tabla 4.11**

Uso de lubricantes: datos de actividad 2000-2019

Año	Consumo de lubricantes (bep) <sup>(1)</sup>	Consumo de lubricantes (Kbep)	Factor de Conversión IEA (TJ/Kbep) <sup>(2)</sup>	Consumo de lubricantes (TJ)
2000	410.2	0.41	6.11	2.51
2001	262.5	0.26	6.11	1.60
2002	4,852.6	4.85	6.11	29.65
2003	32,421.1	32.42	6.11	198.09
2004	32,522.9	32.52	6.11	198.72
2005	48,590.8	48.59	6.11	296.89
2006	55,371.1	55.37	6.11	338.32
2007	72,363.8	72.36	6.11	442.14
2008	37,690.8	37.69	6.11	230.29
2009	51,775.5	51.78	6.11	316.35
2010	49,687.7	49.69	6.11	303.59
2011	31,056.0	31.06	6.11	189.75
2012	28,741.5	28.74	6.11	175.61
2013	27,475.3	27.48	6.11	167.87
2014	35,982.3	35.98	6.11	219.85
2015	35,671.0	35.67	6.11	217.95
2016	30,786.8	30.79	6.11	188.11
2017	32,933.2	32.93	6.11	201.22
2018	33,502.1	33.50	6.11	204.70
2019	33,360.5	33.36	6.11	203.83

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 4.12.**

*Uso de grasas: datos de actividad 2000-2019*

Año	Consumo de grasas (bep) <sup>(1)</sup>	Consumo de grasas (Kbep)	Factor de Conversión IEA (TJ/Kbep) <sup>(2)</sup>	Consumo de grasas (TJ)
2000	22.9	0.02	6.11	0.14
2001	14.7	0.01	6.11	0.09
2002	270.8	0.27	6.11	1.65
2003	1,809.4	1.81	6.11	11.06
2004	1,815.1	1.82	6.11	11.09
2005	3,219.6	3.22	6.11	19.67
2006	3,703.7	3.70	6.11	22.63
2007	3,662.6	3.66	6.11	22.38
2008	2,307.2	2.31	6.11	14.10
2009	2,021.4	2.02	6.11	12.35
2010	2,282.3	2.28	6.11	13.95
2011	15.6	0.02	6.11	0.10
2012	21.1	0.02	6.11	0.13
2013	16.6	0.02	6.11	0.10
2014	6.7	0.01	6.11	0.04
2015	12.7	0.01	6.11	0.08
2016	9.9	0.01	6.11	0.06
2017	9.1	0.01	6.11	0.06
2018	7.6	0.01	6.11	0.05
2019	13.4	0.01	6.11	0.08

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

El factor de conversión utilizado para el consumo de lubricantes de kbep a TJ es 6.11 TJ/kbep proveniente de la IEA. Se determinó que este último se adapta mejor a la realidad del país y también fue utilizado en el sector Energía.

#### 4.5.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de emisiones de esta categoría 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 ODU dependiendo del tipo de lubricante. Una multiplicación adicional por 44/12 (el cociente de masa del CO<sub>2</sub>/C) proporciona el factor de emisión (expresado en tonelada de CO<sub>2</sub>/TJ).

Como se dispone de datos sobre el consumo de lubricantes desagregado para las grasas y los aceites, se emplean las fracciones de oxidación por defecto (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 4.13.

**Tabla 4.13**

*Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: factores de emisión aplicados*

Subcategoría/fuente	FE - CO <sub>2</sub>	
	Valor	Unidad
2.D.1. Uso de lubricantes	14.7	t CO <sub>2</sub> / consumo lubricante TJ
2.D.1 Uso de grasas	3.67	t CO <sub>2</sub> / consumo lubricante TJ

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 4.5.4. 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 5.2.3. de las *Directrices del IPCC 2006* (Capítulo 5; Volumen).

La incertidumbre combinada de las categorías de fuente de GEI de *Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes* es de  $\pm 57.5$  % (Tabla 4.14). 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. El dictamen de los expertos sugiere que se utilice una incertidumbre por defecto de 50 %, 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 juicio de expertos sobre la exactitud de las estadísticas energéticas no tan desarrolladas.

**Tabla 4.14**

*Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: 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 <sub>2</sub>	28.28%	50.1%	57.5

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Panamá, a través de la SNE, tiene previsto trabajar en la mejora de sus estadísticas energéticas, con prioridad en armonizar la metodología aplicada con los estándares internacionales, y con miras confeccionar un BEU que incluya consumos por subsectores, usos finales y eficiencias tecnológicas. Si bien la consistencia de la serie temporal también forma parte de los planes nacionales, su realización está pensada a un mayor plazo.

Adicional, al ser la misma fuente utilizada para las estimaciones del sector Energía, decisiones como el cambio en el factor de conversión de kbep a TJ fueron consideradas para ambos sectores.

#### 4.5.5. 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 descritos en la Sección 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 4.5.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

Se realizaron comparaciones de los datos proporcionados por la SNE de la Dirección Nacional de Hidrocarburos con estadísticas nacionales.

#### 4.5.5.2. 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.

#### 4.5.5.3. Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades de verificación.

#### 4.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

Para este nuevo INGEI se calcularon los años 2018 y 2019. Adicional, se mejoró la categoría a metodología nivel 2.

Como se presenta en la Tabla 4.15, las emisiones de la categoría *productos no energéticos de combustibles y uso de solventes* para 2000, 2005, 2010, 2013 y 2017 disminuyeron en el INGEI actual en comparación con el INGEI anterior, mientras que en 2000 prácticamente no hay diferencias, en 2005, 2010, 2013 y 2017 se presenta una gran disminución en el INGEI actual. La diferencia significativa puede explicarse, porque en el INGEI anterior los datos que se utilizaron para la estimación de las emisiones no eran desagregados y además incluía los datos por consumo de asfalto en el país. Para el INGEI actual, se utilizaron datos desagregados para lubricantes y grasas, además que se utilizó la metodología nivel 2 que dicta las directrices del IPCC.

**Tabla 4.15**

*Diferencias en las emisiones de GEI para el INGEI anterior contra el INGEI actual.*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI anterior	0.22	17.95	28.34	28.77	35.70
INGEI actual	0.0	4.4	4.5	2.5	3.0
<b>Diferencia</b>	<b>-0.183</b>	<b>-13.55</b>	<b>-23.84</b>	<b>-26.27</b>	<b>-32.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 4.5.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

- 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.
- 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 (para que se pueda ampliar la serie temporal con la mejora realizada) 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.
- Robustecer la búsqueda de los datos de actividad que no fueron posible conseguir para estos nuevos cálculos. Principalmente los datos de actividad referente a *alquitrán o el asfalto y los solventes*, puesto a pesar de que las emisiones de GEI de estos pueden llegar a ser insignificantes las de COVDM no tanto.

#### 4.6. Industria electrónica (FCR 2.E)

Esta categoría no ocurre en el país.

#### 4.7. Uso de productor sustitutos de las SAO (FCR 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 y protección contra incendios*. 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, mientras que las emisiones de *agentes espumantes* no ocurren en el país, información confirmada por la Unidad Nacional de Ozono (UNO) del Ministerio de Salud (MINSAs).

#### 4.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 913.3kt CO<sub>2</sub> eq (62.1 % del total del sector) convirtiéndose en la principal categoría emisora del sector IPPU e incrementándose en un 41.1 % desde 2017 (Tabla 4.3 y Figura 4.1), debido a la salida progresiva de los hidroclorofluorocarbonos (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 99.9 % corresponde a *refrigeración y aire acondicionado*, mientras que solo un 0.01 % 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 y en una medida muy reducida el HFC-23 (el de mayor PCG que ingresa al país) y el HFC-227ea como única sustancia identificada a la fecha con fines de *protección contra incendio*.

#### 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 4.16* se observan los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI.

**Tabla 4.16.**

*Sector IPPU: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	HFC		PFC		SF <sub>6</sub>		NF <sub>3</sub>	
	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	NO	NO	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, 2022

Los datos de actividad provienen de las estadísticas de consumo de productos sustitutos de las SAO levantada por la UNO para la *Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021* (MINSAs, 2021) con base en información proporcionada por la Autoridad Nacional de Aduanas. Se utilizaron factores de emisión por defecto según lo señalado en la *Directrices del IPCC de 2006*.

Como se ve en la Ecuación 4.3 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 4.3

*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 4.17). Esta desagregación se realizó a partir de la tendencia observada para el uso de las sustancias puras levantada para este estudio.

**Tabla 4.17**

*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	100%					
HFC-23	100%					
HFC-32	100%					
HFC-227ea		100%				
HFC-152A	100%					
HFC-125	100%					
HFC-143a	100%					

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

con base en información de la UNO (MINSa, 2021).

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 Unidad Nacional de Ozono (UNO) "Article 7 Data reporting instructions and guidelines" (Tabla 4.18).

**Tabla 4.18**

*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, 2022

#### 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 Autoridad Nacional de Aduanas para preparar la *Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021* (MINSa, 2017) 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 PCG 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 4.4

*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 4.19). Hasta el 2019 hay evidencia de importación de sustancias puras y mezclas, sin embargo, estas últimas solo para uso en *refrigeración y aire acondicionado*.

**Tabla 4.19**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC 2012-2019 (toneladas)*

Sustituto SAO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>HFC</b>									
HFC-134a	87.86	168.40	258.14	345.82	338.24	345.28	234.37	404.85	348.69
HFC-23	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HFC-32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
HFC-227ea	0.08	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mezclas HFC</b>									
R-404A	25.16	52.32	71.22	61.61	76.36	51.46	88.04	73.63	76.73
R-407C	3.52	2.32	10.78	2.83	12.03	2.22	8.02	5.66	11.98
R-410A	38.54	93.94	103.15	118.02	159.33	165.28	379.28	258.76	160.19
R-507A	16.82	34.26	42.28	66.39	63.53	44.20	64.67	55.19	54.61
R-407A	0.00	0.00	1.73	0.00	0.00	0.00	3.50	0.34	0.00
R-417A	3.42	0.23	1.42	0.27	2.26	0.18	0.21	1.07	1.35
R-422D	0.00	0.00	0.00	0.02	1.00	0.00	0.40	0.02	0.00
R-438A	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	3.31	4.54	2.04	1.18
R-425A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
R-437A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
R-452A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en información de la UNO (MINSa, 2021).

### **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 4.19). 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 4.20), 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 4.20**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC para refrigeración y aire acondicionado 2012-2019 (toneladas)*

Año	HFC-134a <sup>1</sup>	HFC-23 <sup>1</sup>	HFC-32 <sup>1</sup>	HFC-125 <sup>1</sup>	HFC-143a <sup>1</sup>
2012	92.41	0.03	20.08	41.22	21.49
2013	171.81	0.0	47.50	87.81	44.34
2014	268.00	0.0	54.40	108.10	58.17
2015	350.02	0.0	59.68	120.29	65.23
2016	349.00	0.0	82.43	149.74	71.47
2017	350.05	0.0	83.43	129.51	48.86
2018	245.70	0.0	192.64	266.52	78.12
2019	412.44	0.0	130.94	192.36	65.88
2020	359.19	0.0	82.96	145.36	67.20

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en información de la UNO (MINSa, 2021).

### 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 2019 (Tabla 4.21).

**Tabla 4.21**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC para protección contra incendios 2012-2019 (toneladas)*

Año	HFC-227ea
2012	0.08
2013	0.0
2014	0.32
2015	0.0
2016	0.0
2017	0.0
2018	0.0
2019	0.01
2020	0.0

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en información de la UNO (MINSa, 2021).

#### 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 4.22).

**Tabla 4.22**

*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.3. Protección contra incendios	15	3	4

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en información de la Sección 7.5.2 y Sección 7.6.2, Capítulo 7, Volumen 3, *Directrices del IPCC de 2006*.

#### 4.7.4. 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  $\pm 100.0$  y  $104.4$  % (Tabla 4.23), 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* (MINSAs, 2021) y la importación de estas sustancias reportada por la Autoridad Nacional de Aduanas, dando como resultado una incertidumbre de  $29.95$  % 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 ambas 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 4.23**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: 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.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC	29.95%	100.0%	104.4%
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, 2022

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". Adicional se incluyeron los años 2018 y 2019. La fuente de datos de esta categoría proviene de la *Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá 2021* (MINSAs, 2021), que compila la información de la Autoridad Nacional de Aduanas y es validada a través de encuestas de uso estimado con los importadores, un grupo muy reducido, los cuales todos están mapeados dado que la UNO es quien proporciona los permisos de importación. Pese a ser una fuente confiable de datos, el estudio solo compila información desde 2012.

El Ministerio de Ambiente primero tiene previsto trabajar en la compilación de la data estadística previa al 2012, directamente de la Autoridad Nacional de Aduanas, 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.

#### 4.7.5. 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 descritos en la Sección 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

##### 4.7.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

No se realizaron actividades específicas de garantía de la calidad.

##### 4.7.5.2. 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 Autoridad Nacional de Aduanas 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 %.

##### 4.7.5.3. Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades de verificación.

#### 4.7.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría Uso de productos sustitutos de las SAO debido al mejoramiento de la data estadística por parte de la Unidad Nacional de Ozono (UNO) del Ministerio de Salud (MINSAL). Como se observa en Tabla 4.24, estas diferencias significativas pueden atribuirse a la mejora en la calidad de la data estadística y a algunos ajustes realizados, particularmente en lo que respecta al porcentaje de sustancias puras presentes en las mezclas importadas.

**Tabla 4.24.**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: comparación entre INGEI (ktCO<sub>2</sub>eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2016	2017
INGEI anterior	NO	NO	NO	116.3	386.8	766.9
INGEI actual	NE	NE	NE	158.9	557.6	647.4
<b>Diferencia</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>42.6</b>	<b>170.8</b>	<b>-119.5</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>36.7%</b>	<b>44.2%</b>	<b>-15.6%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 4.7.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Como parte del plan de mejora para esta categoría se ha considerado lo siguiente:

- Establecer una sinergia con la Autoridad Nacional de Aduanas e instaurar una estrategia para la captación y desagregación de información que reposa en su base de datos y que es necesaria para la elaboración del INGEI. Esto forma parte de las mejoras que se están planeando con la plataforma nacional de transparencia climática.
- 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.
- Desarrollo de factores de emisión país específico con el apoyo de los actores claves, que permitan reducir la incertidumbre de las estimaciones del sector. Se deberá trabajar de la mano con la UNO para definir estos factores de emisión.
- Llevar a cabo estudios que permitan desagregar el consumo de gases fluorados por tipo de subaplicación. Se tienen las bases a través del *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO*, pero hay que realizar una homologación con las subaplicaciones presentadas en las *Directrices del IPCC del 2006*.
- Implementar acciones y fondos para institucionalizar el documento "Actualización del estudio sobre el uso de sustancias HFC y alternativas en Panamá", ya que, la Unidad Nacional de Ozono (UNO) solo lo desarrolla cuando cuenta con fondos internacionales. Debido a que esta es una de las principales fuentes de Datos de Actividad (DA) para las estimaciones de las emisiones en el sector IPPU.
- Considerar aplicar un método de orden superior para la subcategoría cuando las condiciones lo permitan tomando en cuenta que esta es una Categoría principal del inventario
- Desarrollar acciones para mejorar, en la extensión posible, la estimación realizada considerando en esta a los bancos.

#### 4.8. Manufactura y utilización de otros productos (FCR 2.G)

Esta categoría no fue estimada.

---

# 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 (FCR 3)

En este capítulo se incluye todo aspecto metodológico considerado para la estimación de las emisiones de GEI del sector Agricultura, que consiste en presentar la descripción y tendencia de las emisiones, aspectos metodológicos generales y específicos, 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 aborda las emisiones de GEI de las actividades agropecuarias que llevan un proceso de gestión, producción de alimentos, las prácticas de gestión como la fertilización, el manejo de los suelos, el manejo de los animales entre otras. En particular, en estas actividades se puede producir CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, este sector incluye emisiones de GEI por la *fermentación entérica* del ganado lechero y otros vacunos, 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 N<sub>2</sub>O 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 2019, las emisiones de GEI del sector Agricultura, por tipo de GEI, fueron 4.7 kt CO<sub>2</sub>; 96.3 kt CH<sub>4</sub>; 2.8 kt N<sub>2</sub>O (Tabla 5.1). Es muy relevante hacer notar que el sector Agricultura está dominado por las emisiones de CH<sub>4</sub>. 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 0.4 kt NO<sub>x</sub> y 13.5 kt CO.

**Tabla 5.1**

*Sector Agricultura: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2019*

Código	Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
<b>3.</b>	<b>Agricultura</b>	<b>4.7</b>	<b>96.3</b>	<b>2.8</b>					<b>0.4</b>	<b>13.5</b>	<b>NO</b>	
3.A.	Fermentación entérica		88.7									
3.A.1.	Vacunos		86.2									
3.A.1.a.	Vacas lecheras		10.3									
3.A.1.b.	Otros vacunos		75.9									
3.A.2.	Ovinos		0.1									
3.A.3.	Porcinos		0.4									
3.A.4.	Otro ganado		2.0									
3.A.4.a.	Búfalos		0.1									
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.	Gestión del estiércol		3.1	0.3							NO	
3.B.1.	Vacunos		1.6	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		0.7	0.0							NO	
3.B.4.	Otro ganado		0.8	0.1							NO	
3.B.4.a.	Búfalos		0.0	NO							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	0.0							NO	
3.B.4.f.	Mulas y asnos		0.0	NO							NO	
3.B.4.g.	Aves de corral		0.6	0.0							NO	
3.B.4.h.	Otras especies		NO	NO							NO	
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O			0.2								
3.C.	Cultivo del arroz		4.1								NO	

Código	Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
3.C.1.	Irrigadas		1.7								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.	Suelos agrícolas			2.6							NO	
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas			2.0							NO	
3.D.1.a.	Fertilizantes inorgánicos			0.3							NO	
3.D.1.b.	Fertilizantes orgánicos			0.1							NO	
3.D.1.c.	Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo			1.6							NO	
3.D.1.d.	Residuos de cosechas			NE							NO	
3.D.1.e.	Mineralización de la materia orgánica del suelo			NE							NO	
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 <sub>2</sub> O de suelos agrícolas			0.5							NO	
3.D.2.a.	Deposición atmosférica			0.2							NO	
3.D.2.b.	Lixiviación y escurrimiento			0.3							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					0.4	13.5	NO	
3.F.1.	Cereales		0.0	0.0					0.0	0.7	NO	
3.F.2.	Legumbres		NE	NE					NE	NE	NO	
3.F.3.	Tubérculos y raíces		NE	NE					NE	NE	NO	
3.F.4.	Caña de azúcar		0.4	0.0					0.4	13.5	NO	
3.F.5.	Otros (especificar)		NO	NO					NO	NO	NO	
3.G.	Encalado	0.2										
3.G.1.	Caliza	0.2										
3.G.2.	Dolomita	0.0										
3.H.	Aplicación de urea	4.4										
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO										
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	

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

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

El sector Agricultura representó un 6.6 % del balance nacional en 2019 (15.4 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, sus emisiones alcanzaron 3,455.0 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 12.6 % desde 2000 y disminuyendo en un 0.4 % con respecto al 2017 (Tabla 5.2 y Figura 5.1). El sector de manera general presenta un incremento no significativo a través de la serie temporal, aunque se aprecian fluctuaciones relevantes para algunos años específicos, lo cual puede deberse al fenómeno de El Niño (2007-2008, 2014-2015), el cual influye en la disminución de la producción en el país, y reducción en el número de importaciones (Olmedo, 2015). Sin embargo, también existen otros tipos de motivos que pueden explicar las variaciones en las emisiones, por ejemplo, en el caso del ganado lechero, la baja en el precio de la leche pagado al productor también tiene efecto en el comportamiento de las emisiones, ya que esto hace que la rentabilidad sea menor y se abandone las prácticas de esta actividad. Por otra parte, el aumento poblacional en el país produce a su vez un incremento en la demanda de productos alimenticios que requieren potenciar las prácticas agropecuarias para su producción.

Con respecto a las categorías mayormente emisoras en 2019, un 71.9 % corresponde a la *fermentación entérica*, un 19.6 % a *suelos agrícolas*, y 4.6 % a *gestión del estiércol* y en menor proporción las demás categorías, las cuales en conjunto alcanzan solo el 3.9 %. Esto demuestra la relevancia significativa que tienen las emisiones de CH<sub>4</sub> de la ganadería en el balance de GEI del país, en particular de la *fermentación entérica* de los animales.

**Tabla 5.2**

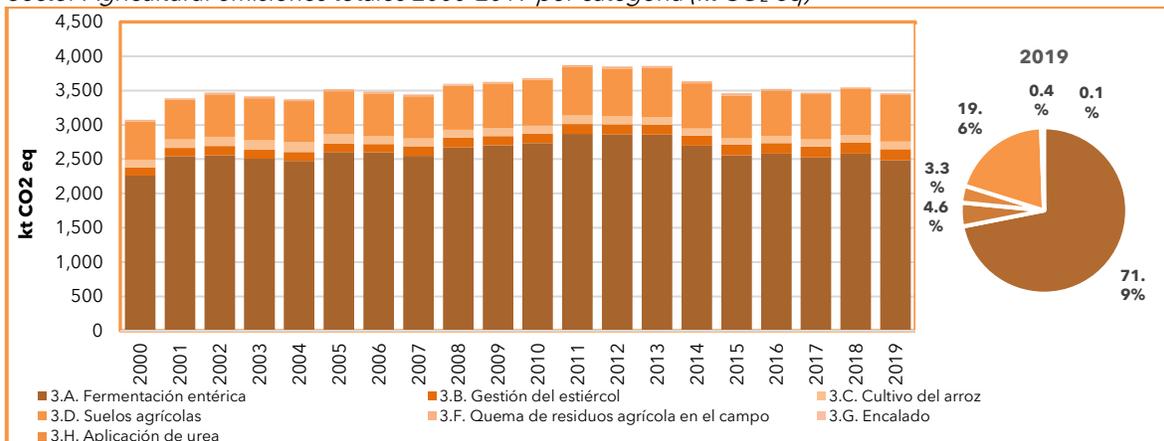
*Sector Agricultura: emisiones totales por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

<i>Categorías</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2013</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>
3.A. Fermentación entérica	2,260.7	2,605.1	2,733.0	2,856.5	2,527.4	2,578.7	2,483.6
3.B. Gestión del estiércol	121.6	120.0	138.4	145.8	156.4	159.3	160.1
3.C. Cultivo del arroz	111.9	139.2	118.1	109.2	105.8	110.8	114.2
3.D. Suelos agrícolas	552.2	626.5	666.5	718.8	658.0	670.5	677.7
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	19.0	19.4	19.3	20.8	14.1	17.3	14.7
3.G. Encalado	0.0	0.6	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2
3.H. Aplicación de urea	3.4	4.5	5.2	5.7	6.1	5.0	4.4
<b>TOTAL</b>	<b>3,068.8</b>	<b>3,515.3</b>	<b>3,681.0</b>	<b>3,857.2</b>	<b>3,468.0</b>	<b>3,541.8</b>	<b>3,455.0</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.1**

Sector Agricultura: emisiones totales 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

En 2019, las emisiones totales del sector Agricultura por tipo de GEI están claramente dominadas por las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la ganadería, las cuales representan un 78.1 %, seguido por un 21.8 % del N<sub>2</sub>O, y un 0.1 % de CO<sub>2</sub> (Tabla 5.3 y Figura 5.2). Respecto a los gases precursores, se estimaron las emisiones de NO<sub>x</sub> y CO producto de las *quemadas de residuos agrícolas en campo*.

**Tabla 5.3**

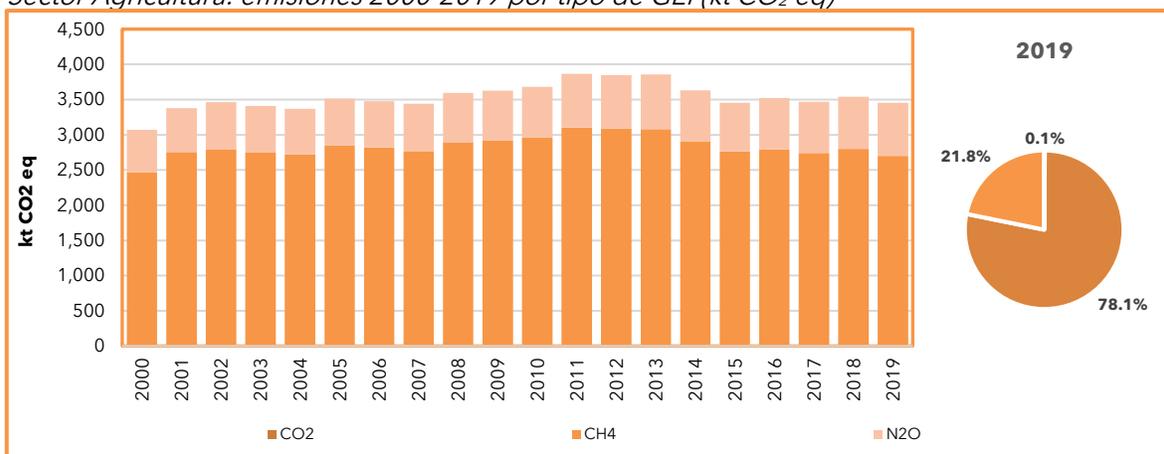
Sector Agricultura: emisiones por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

GEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	3.5	5.1	5.8	6.1	6.4	5.2	4.7
CH <sub>4</sub>	2,462.2	2,841.6	2,951.0	3,072.0	2,733.9	2,792.1	2,696.9
N <sub>2</sub> O	603.1	668.6	724.3	779.2	727.8	744.5	753.4
<b>Total</b>	<b>3,068.8</b>	<b>3,515.3</b>	<b>3,681.0</b>	<b>3,857.2</b>	<b>3,468.0</b>	<b>3,541.8</b>	<b>3,455.0</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.2**

Sector Agricultura: emisiones 2000-2019 por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

El inventario de Panamá para el sector Agricultura, serie temporal 2000-2019, aplicó las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 5.4 describe los métodos de Nivel y los factores de emisión aplicados en cada una de las categorías del sector 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 2019*

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3. Agricultura	T1, NO	D, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, NO
3.A. Fermentación entérica			T1, NA, NO	D, NA, NO		
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, NE, NO	D, NE, NO
3.E. Quema prescrita de sabanas			IE	IE	IE	IE
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo			T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, 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

**Nota:** T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; 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, 2022

Las emisiones fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las categorías, incluyendo el uso de factores de emisión por defecto. En algunas categorías se aplicaron parámetros nacionales y el juicio de experto de profesionales del MIDA sobre el uso de algunos datos por su conocimiento en dinámica de la producción agropecuaria a nivel nacional.

En cuanto a los datos de actividad del sector, se obtuvieron de estadísticas nacionales y de fuentes internacionales. En general, los datos requeridos en el INGEI son las cabezas de ganado, kilogramos de fertilizantes nitrogenados aplicados a los suelos, toneladas de cal y toneladas de urea aplicadas, y hectáreas de rastrojos agrícolas quemados. Mayores detalles se encuentran en las respectivas categorías.

Las principales fuentes de datos de actividad son:

- Estadísticas nacionales del INEC: fuente de información para la obtención de datos de cabezas de ganado para cada una de las subcategorías y datos sobre superficie agrícola cultivada anual.
- Base de datos y estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT): utilizada para la validación y control de calidad de las estadísticas nacionales.

- Base de datos y juicios de expertos del MIDA: se utilizaron en aquellos datos faltantes y desagregación de los sistemas del estiércol por subcategoría.
- Datos estadísticos del Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica (SIECA): importaciones de fertilizantes nitrogenados.
- Estadísticas de incendios de DIVEDA del Ministerio de Ambiente: información sobre incendios y quemas de residuos agrícolas.
- Base de datos de la Autoridad Nacional de Aduanas: base de datos sobre importaciones de fertilizantes.

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 (FCR 3.A)

### 5.2.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> producto del proceso digestivo del ganado, por el cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo y posterior liberación a la atmósfera como CH<sub>4</sub>. 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, otros vacunos* (vacas adultas, novillos, novillas, terneros, terneras y toros), *ovinos, porcinos, búfalos, caprinos, equinos, y mulas y asnos*.

En Panamá, la ganadería bovina se presenta en mayor porcentaje con respecto a la producción de otras especies, representando esta un 70 % de la producción pecuaria nacional. En los últimos años la producción porcina ha tomado un auge significativo con la incursión de nuevas tecnologías que han permitido aumentar la rentabilidad de la actividad. El programa ovino-caprino que maneja la Dirección Nacional de Ganadería del MIDA ha logrado fomentar la producción del rubro, con la inclusión de genética mejorada apoyando a los pequeños y medianos productores, aumentando en cantidad y calidad sus hatos (MIDA, 2020). El proceso de *fermentación entérica* en los animales se ve influenciada por varios factores, como la edad, el tipo de alimento, el tipo de animal y sistema de producción, en el caso de Panamá no se cuenta con un nivel más detallado sobre estos factores, para efectos del INGEI el factor que más influye en términos de emisiones es el total de cabezas de ganado.

### 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 71.9 %. En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron

2,483.6 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 9.9 % desde 2000 y reduciéndose en un 1.7 % desde 2017 (Tabla 5.5 y Figura 5.3). La dinámica de la tendencia se puede explicar por 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 hato ganadero por la baja tasa de natalidad producto de las sequías (Olmedo, s.f). 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 de la producción pecuaria de carne y leche (FAO, 2017).

Para el primer trimestre del 2019 el PIB de la agricultura, ganadería, caza y silvicultura creció en un 2.4% esto impulsado por actividades agrícolas y ganaderas, en esta última mostró un aumento del 5.4% en el sacrificio de ganado vacuno, seguido del sacrificio de aves, esto guarda relación con el comportamiento de las emisiones de GEI, tomando como variable el número de cabezas de ganado para cada subcategoría presentada en el inventario. La producción de huevos registro un crecimiento de 5.1 y la leche disminuyó en un 3.4%. (INEC, 2022 y MIDA 2019).

El país desarrolla algunas iniciativas que buscan impulsar el sector agropecuario en Panamá, entre los programas están promover la inseminación artificial, mejoramiento genético a través del programa un mejor semental en donde se entrega a productores sementales de alta calidad tanto de leche como de carne. Además, se busca que los ganaderos pueden cambiar las pasturas tradicionales por mejoradas esto se logra a través del programa de difusión tecnológica en donde se entrega semillas de pasto mejorando la dieta de los animales (MIDA, 2019).

Con respecto a las subcategorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 85.6 %, seguido por *vacas lecheras* con 11.6 %, *equinos* con 2.0 %, y el resto de las categorías animales representan solo el 0.8 %.

**Tabla 5.5**

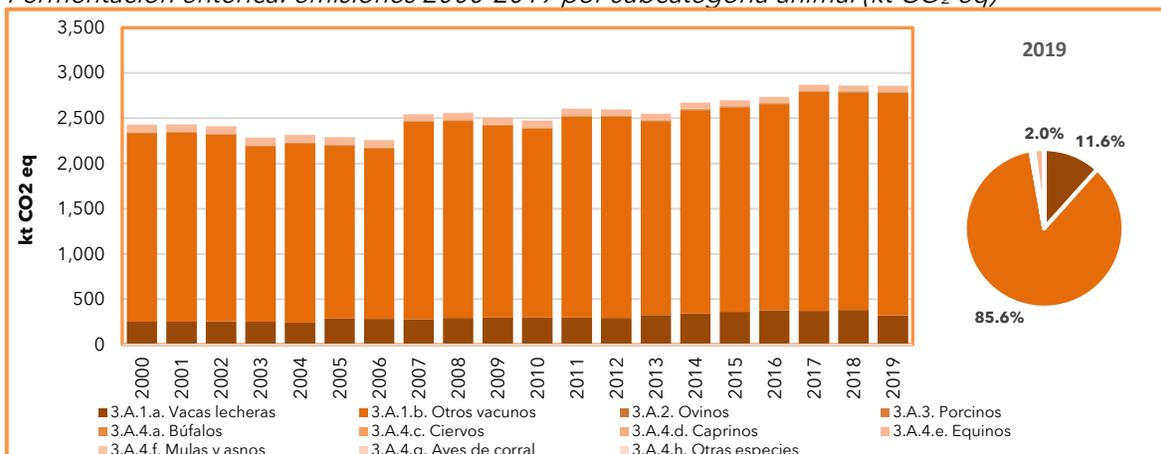
*Fermentación entérica: emisiones por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategoría animal	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.A.1.a. Vacas lecheras	282.2	299.4	378.0	322.9	292.8	298.2	289.1
3.A.1.b. Otros vacunos	1,885.4	2,220.4	2,278.9	2,457.3	2,160.4	2,209.3	2,125.1
3.A.2. Ovinos	0.8	1.6	2.4	3.0	3.6	3.6	3.6
3.A.3. Porcinos	7.8	8.0	7.7	9.6	11.2	10.3	10.0
3.A.4.a. Búfalos	1.5	2.5	3.5	3.7	3.7	3.7	3.7
3.A.4.d. Caprinos	0.7	1.0	1.1	1.5	2.1	2.0	2.1
3.A.4.e. Equinos	81.1	71.1	60.5	58.0	53.2	51.3	49.7
3.A.4.f. Mulass y asnos	1.1	1.2	0.8	0.7	0.4	0.4	0.3
<b>TOTAL</b>	<b>2,260.7</b>	<b>2,605.1</b>	<b>2,733.0</b>	<b>2,856.5</b>	<b>2,527.4</b>	<b>2,578.7</b>	<b>2,483.6</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.3**

*Fermentación entérica: emisiones 2000-2019 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías animales. La Tabla 5.6 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.6**

*Fermentación entérica: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI*

Categorías de fuente de GEI	CH <sub>4</sub>	
	Método aplicado	Factor de emisión
3.A. Fermentación entérica	T1, NA, NO	D, NA, NO
3.A.1. Vacunos	T1	D
3.A.1.a. Vacas lecheras	T1	D
3.A.1.b. Otros vacunos	T1	D
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; D = valor por defecto; NA = no aplica; NO = no ocurre.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Las emisiones de la *fermentación entérica* se calculan con la Ecuación 5.1.

#### Ecuación 5.1

*Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado*

$$Emisiones = EF_{(T)} \times \left( \frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

**Fuente:** Ecuación 10.19, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- Emisiones = emisiones de metano por *fermentación entérica*, kt CH<sub>4</sub> año<sup>-1</sup>
- EF<sub>(T)</sub> = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH<sub>4</sub> cabeza<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- N<sub>(T)</sub> = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país
- T = especie/categoría de ganado.

Para la variable T, las categorías que se están reportando obedecen 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

En general, los datos de actividad de la población animal provienen de las estadísticas nacionales del INEC, FAOSTAT y juicios de expertos (en los años en los que no se contó con información) para implementar la técnica de empalme de datos pertinentes (Tabla 5.7). Según el caso y para construir la serie temporal 2000-2019, se aplicaron las técnicas de empalme de datos correspondientes a interpolaciones y extrapolaciones con base en los datos de los censos agropecuarios de 2001 y 2011. A continuación, se presenta cada una de las subcategorías y el detalle de la fuente de la información.

#### **Vacas lecheras**

Los datos se obtuvieron de FAOSTAT ya que incluyen exclusivamente a las vacas lecheras de un peso promedio de 400 kilos, el INEC presenta datos de cabezas de ganado por tipo de explotación, sin embargo, este dato no se utilizó, ya que dichas estadísticas consideran que el dato generado para animales tipo leche no solo incluye vacas de leche, sino también sus subcategorías (población de terneras/terneros de leche, toros lecheros). La población de vacas lecheras está desagregada por región climática, existiendo tres regiones predominantes a nivel nacional: 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 (26-34 °C), por lo tanto, se agruparon para efecto de reportar datos de actividad. Por otra parte, el promedio de temperatura anual de la RTM es 14-25 °C.

#### **Otros vacunos**

Los datos hacen referencia a toros, novillos, toretes, bueyes y terneros y otras vacas no lecheras. Los datos para 2001-2003, 2005-2017 son datos del INEC, para los datos del 2004 se utilizaron porcentajes promedios que provienen de los censos oficiales (2001 y 2011).

### Ovinos

Para obtener los datos de 2000, 2002-2010, 2012-2016 se procedió a realizar interpolaciones utilizando datos de los censos agropecuarios nacionales (2001, 2011) y el uso de juicio de experto para 1994 y 2017.

### Porcinos

Se cuenta con estadísticas nacionales obtenidas del INEC.

### Búfalos

Los datos utilizados corresponden a varias decisiones y fuentes, los datos de 2011 se obtuvieron del censo nacional agropecuario, el dato de 2000 es un juicio de experto, 2012-2017 fueron obtenidos por porcentajes promedio, mientras los datos de 2001-2010 corresponden a juicio de expertos tomando en cuenta que la población de búfalos para esos años se ha mantenido estable, por lo tanto, el valor se repite.

### Caprinos

Los datos para 2000, 2001 y 2011 son datos de los censos oficiales nacionales y los datos de 2002-2010 son estadísticas de FAOSTAT, datos bastante acercados a los años reportados en los censos agropecuarios. El 2017 es obtenido mediante el juicio de experto quien maneja a nivel del MIDA datos más certeros sobre la población animal, y 2012 y 2016 se obtuvieron por interpolación.

### Equinos

Se utilizaron datos del INEC (censos agropecuarios del 2001 y 2011) y FAOSTAT, los cuales se acercan a la realidad del país.

### Mulas y asnos

Los datos reportados por el INEC solo se utilizaron para 2001, para el resto de los años se utilizaron los datos de FAOSTAT.

**Tabla 5.7**

*Fermentación entérica: población animal (cabezas/año)*

Años	Vacas lecheras RTH-RTMH*	Vacas lecheras RTM	Otros vacunos	Ovinos	Porcinos	Búfalos	Caprinos	Equinos	Mulas y asnos	Aves de corral
2000	105,219	34,781	1,202,400	5,735	277,700	1,000	5,200	161,000	4,000	14,451,300
2001	104,468	34,532	1,392,716	6,024	312,189	1,127	6,165	134,781	3,254	14,791,672
2002	109,879	36,321	1,386,300	7,293	303,000	1,255	6,165	153,000	4,100	15,800,538
2003	110,781	36,619	1,351,000	8,562	312,100	1,382	6,405	149,000	4,150	15,404,811
2004	110,480	36,520	1,333,400	9,831	291,100	1,509	6,645	145,000	4,200	15,993,646
2005	111,608	36,892	1,416,100	11,100	286,200	1,637	6,885	141,000	4,200	17,263,048
2006	110,105	36,395	1,415,100	12,369	277,700	1,764	7,125	138,000	4,200	17,717,578
2007	121,754	40,246	1,364,200	13,637	325,200	1,892	7,365	133,000	4,200	18,022,007
2008	128,518	42,482	1,432,100	14,906	317,900	2,019	7,605	130,000	3,750	19,123,337
2009	134,531	44,469	1,442,100	16,175	273,200	2,146	7,845	125,000	3,300	18,728,667
2010	140,919	46,581	1,453,400	17,444	276,400	2,274	8,085	120,000	2,850	20,060,297
2011	138,288	45,712	1,544,748	18,713	322,121	2,401	8,354	114,395	2,396	18,798,252
2012	142,798	47,202	1,532,500	19,928	320,600	2,401	9,462	115,000	2,400	20,445,400

Años	Vacas lecheras RTH-RTMH*	Vacas lecheras RTM	Otros vacunos	Ovinos	Porcinos	Búfalos	Caprinos	Equinos	Mulas y asnos	Aves de corral
2013	120,382	39,793	1,567,125	21,142	341,800	2,401	10,569	115,000	2,400	19,847,100
2014	115,150	38,063	1,471,987	22,357	345,700	2,401	11,677	116,000	2,450	22,824,900
2015	110,047	36,376	1,394,098	23,571	365,000	2,401	12,785	112,028	2,413	23,916,000
2016	110,852	36,643	1,406,726	24,786	389,000	2,401	13,892	112,028	1,831	23,892,600
2017	109,161	36,084	1,377,783	26,000	400,700	2,401	15,000	105,488	1,554	25,438,200
2018	110,399	36,743	1,409,000	25,378	367,400	2,401	14,425	101,796	1,328	26,263,100
2019	108,304	35,627	1,355,294	25,685	356,300	2,401	14,707	98,651	1,102	28,153,100

**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, 2022 con base en información del MIDA, INEC, FAOSTAT.

### 5.2.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión aplicados para la categoría corresponden a valores por defecto provenientes de las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.8).

**Tabla 5.8**

*Fermentación entérica: factores de emisión aplicados*

Subcategoría animal	(kg CH <sub>4</sub> cabeza <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
3.A.1.a. Vacas lecheras	72
3.A.1.b. Otros vacunos	56
3.A.2. Ovinos	5
3.A.3. Porcinos	1
3.A.4.a. Búfalos	55
3.A.4.d. Caprinos	5
3.A.4.e. Equinos	18
3.A.4.f. Mulas y asnos	10

**Fuente:** Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en los Cuadros 10.10 y 10.11, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

En Panamá la ganadería se desarrolla a lo largo del territorio teniendo un impacto significativo en la economía nacional y para los productores. La subcategoría de mayor impacto es el ganado vacuno (*otros vacunos* y las *vacas lecheras*), las demás especies aportan, pero son menos significativas. Se requiere desarrollar factores de emisión específicos del país para contar con mejores estimaciones y que estén de acuerdo con las circunstancias nacionales.

### 5.2.4. 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 10.3, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*, salvo para los datos de actividad del *ganado vacuno* ( $\pm 6\%$ ) y *porcinos* ( $\pm 13\%$ ), en donde se aplicó la incertidumbre desde su fuente de origen en el INEC.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *fermentación entérica* varían desde  $\pm 30.6$  a  $36.1\%$  (Tabla 5.9). 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 den cuenta de las circunstancias nacionales.

**Tabla 5.9**

*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 <sub>4</sub>	20.0%	30.0%	36.1%
3.A.1.b. Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	6.0%	30.0%	30.6%
3.A.2. Ovinos	CH <sub>4</sub>	20.0%	30.0%	36.1%
3.A.3. Porcinos	CH <sub>4</sub>	13.0%	30.0%	32.7%
3.A.4. Otro ganado	CH <sub>4</sub>	20.0%	30.0%	36.1%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para la *fermentación entérica* se han logrado importantes avances con respecto a INGEI anteriores, se ha mejorado la revisión de la información ya presentada en el 2IBA y se presenta un nuevo recálculo del 2000-2019. 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, dichos criterios tomados en consideración de los juicios de expertos.

### 5.2.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Durante el desarrollo del inventario del sector Agricultura, incluyendo todas sus categorías, se aplicaron las actividades y procedimientos generales descritos en la Sección 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 5.2.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

En cuanto a la garantía de calidad del inventario del sector, consistió en la revisión técnica de un equipo consultor de la Secretaría de la CMNUCC quien revisó el primer informe de inventario, ellos hicieron algunas observaciones de aspectos generales que se pudieron mejorar. Además, hicieron una serie de sugerencias las cuales serán en los próximos inventarios con la implementación del plan de mejora, enfocado en el desarrollo de factores de emisión para ganado lechero y otros vacunos.

### 5.2.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el control de la calidad de todas las categorías del inventario de Agricultura, además de incluir las actividades de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006*, se aplicaron de forma transversal las actividades siguientes.

#### **Gestión de los datos de actividad**

Los datos de actividad son provenientes de fuentes estadísticas nacionales del INEC, MIDA y FAOSTAT como fuente internacional. Se contó con juicios de expertos por parte de técnicos sectoriales de agricultura esto fue documentado tomando como referencia la plantilla del IPCC sobre aplicación de dictamen de expertos. Estos datos fueron ingresados directamente de sus fuentes originales a tablas de Excel, para mantener un orden en cuanto a la información recabada y al mismo tiempo evitar errores asociados a la transcripción manual, esta información se mantiene en una sola carpeta denominada «Datos de Actividad».

#### **Gestión de los factores de emisión**

Los factores de emisión se basaron en valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, estos se encuentran compilados en libros de Excel denominado «Factores de Emisión», los mismos están vinculados directamente a las hojas de trabajo, lo que evita potenciales errores por la transcripción manual y permite una gestión centralizada ante cambios o actualizaciones.

#### **Gestión de las hojas de trabajo (cálculo) y hojas de reporte**

Las hojas de trabajo están organizadas por años y las mismas están vinculadas con las hojas de datos de actividad y la de factores de emisión. La hoja de reporte está vinculada automáticamente con las hojas de trabajo, obteniendo así de manera automática el resumen de las estimaciones para cada categoría.

### 5.2.5.3. Actividades específicas de verificación

Se realizó una comparación de las estimaciones realizadas por el Equipo técnico de Agricultura y las emisiones reportadas en FAOSTAT para la fermentación entérica encontrando una diferencia mínima de 0.20%. Las nuevas estimaciones reportadas para la mayoría de los años tienden a ser mínimamente mayores que las presentadas por FAOSTAT para el recálculo de la serie 2000-2019, lo que se explicaría por una revisión exhaustiva y el ajuste de datos en conjunto con los expertos sectoriales del país.

### 5.2.6. 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 INGEI se mantuvieron los

mismos criterios y datos de actividad ya que FAOSTAT tiene como fuente de datos de actividad las estadísticas del INEC. El equipo técnico de agricultura para las subcategorías caballos, mulas y asnos utiliza los datos de FAOSTAT ya que en el país no se tienen datos año a año.

Como se presenta en la Tabla 5.10, las emisiones de la categoría fermentación entérica para todos los años son iguales a excepción del año 2017, esta diferencia mínima se debe a que el dato de caballos proviene de FAOSTAT, se observó que esta base de datos se encuentra en constante cambio posiblemente a nuevas revisiones que haga FAO.

**Tabla 5.10**

*Fermentación entérica: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	2,260.7	2,605.1	2,733.0	2,856.5	2,526.3		
INGEI actual	2,260.7	2,605.1	2,733.0	2,856.5	2,527.4		
<b>Diferencia</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>		
<b>Diferencia %</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.2.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Dado que la *fermentación entérica* es la principal fuente de emisión del sector Agricultura, es prioritario para el país avanzar en la implementación y aplicación de un método de Nivel superior, al menos para aquellas subcategorías animales significativas, como *otros vacunos y ganado lechero*. Para esto se requiere el desarrollo de factores de emisión país específicos mediante la caracterización de las dietas animales y la determinación de la energía bruta, para esto se identificó un especialista en metano entérico del Instituto de Innovación Agropecuaria quien apoyará en las distintas investigaciones y permitirá al equipo mejorar los siguientes inventarios.

## 5.3. Gestión del estiércol (FCR 3.B)

### 5.3.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> y las *emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O* que se generan por el almacenamiento y el tratamiento del estiércol antes de ser aplicado a los suelos u otra forma de uso final (IPCC, 2006).

Las emisiones de CH<sub>4</sub> son producidas en el almacenamiento y el tratamiento del estiércol, así como del estiércol depositado en las pasturas, de igual forma el CH<sub>4</sub> se produce bajo condiciones anaeróbicas. Los principales factores que influyen en las emisiones de CH<sub>4</sub> son la cantidad del estiércol que se produce, así como la porción que se descompone anaeróticamente (IPCC, 2006).

Las *emisiones directas de N<sub>2</sub>O* se producen a través de la *nitrificación y desnitrificación* combinadas del nitrógeno (N) contenido en el estiércol. Las emisiones de N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O* son el resultado de las pérdidas de N volátil que se produce en forma de amoniaco y NO<sub>x</sub>. 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 N<sub>2</sub>O 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 N<sub>2</sub>O* 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,
- Ovinos: corral de engorde,
- Porcinos: almacenaje de sólidos, líquido y fango y lagunas anaeróbicas no cubierta,
- Caprinos: corral de engorde,
- Equinos: camas profundas,
- Mulas y asnos: 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 2019, las emisiones de la categoría *gestión del estiércol* contabilizaron 160.1 kt CO<sub>2</sub> eq (4.6 % del sector), incrementándose en 31.7 % desde 2000 y en un 2.4 % desde 2017 (Tabla 5.11 y Figura 5.4), 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

augmentar 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, s.f.).

Las emisiones en la actividad ganadera se ven influenciadas en la demanda o consumo del producto, según datos de ACODECO, en el 2019 se dio un aumento en el sacrificio de ganado vacuno mientras que el porcino disminuyo, la actividad depende mucho de los precios en el mercado, la actividad se puede ver incentivada es decir aumentar la producción por tanto las cabezas de ganado.

La mayor contribución a las emisiones de esta categoría proviene de las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O (representando un 32.0 % del total). Con respecto a las categorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 23.7 %, seguido de *aves de corral* con 17.8 %, y *porcinos* con 13.7 %. El resto de las categorías animales alcanzan el restante 12.8 %. 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 detalle en la Sección 5.2.1).

**Tabla 5.11**

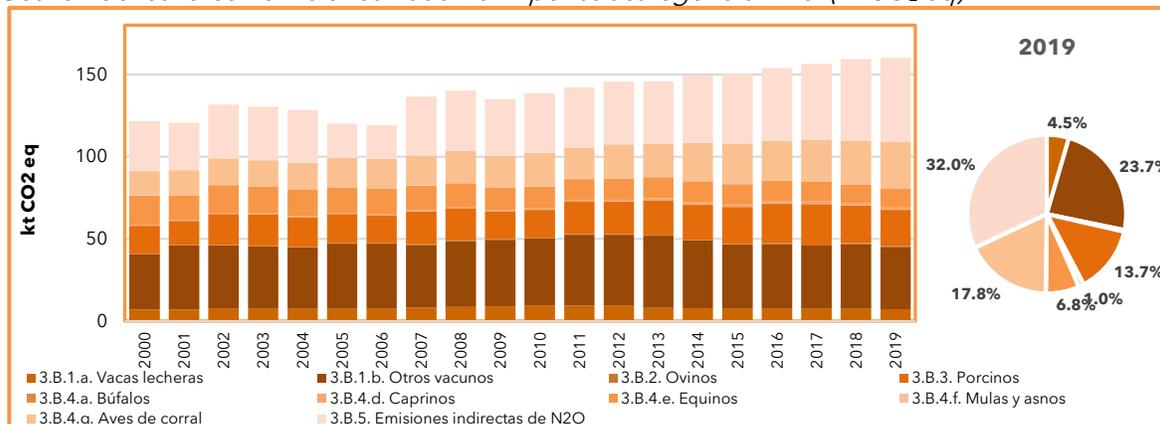
*Gestión del estiércol: emisiones por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría animal	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.B.1.a. Vacas lecheras	7.1	7.5	9.5	8.1	7.3	7.5	7.2
3.B.1.b. Otros vacunos	33.7	39.7	40.7	43.9	38.6	39.5	37.9
3.B.2. Ovinos	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6
3.B.3. Porcinos	17.1	17.6	17.0	21.1	24.7	22.6	22.0
3.B.4.a. Búfalos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.B.4.d. Caprinos	0.6	0.8	0.9	1.2	1.7	1.6	1.7
3.B.4.e. Equinos	17.8	15.5	13.2	12.7	11.6	11.2	10.9
3.B.4.f. Mulas y asnos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
3.B.4.g. Aves de corral	14.8	17.6	20.4	20.1	25.8	26.6	28.5
3.B.5. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	30.3	20.8	36.1	38.1	45.9	49.5	51.2
<b>TOTAL</b>	<b>121.6</b>	<b>120.0</b>	<b>138.4</b>	<b>145.8</b>	<b>156.4</b>	<b>159.3</b>	<b>160.1</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.4**

*Gestión del estiércol: emisiones 2000-2019 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.3.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Se aplicó el método de Nivel 1, tanto para CH<sub>4</sub> como para las emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O, de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías animales. La Tabla 5.12 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.12**

*Gestión del estiércol: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI*

Categorías de fuente de GEI	CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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
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 <sub>2</sub> O			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, 2022

### *Emisiones de CH<sub>4</sub> de la gestión del estiércol*

Para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> se utilizó la Ecuación 5.2. 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*) y el clima de la región que determina el valor por defecto del factor de emisión seleccionado. Adicionalmente, se realizó una desagregación específica para las *vacas lecheras* por tres regiones climáticas predominantes en el país. Estas regiones son la RTH, RTMH y RTM. La RTH y RTMH comparten promedios de temperaturas anuales muy similares (26-34 °C), por lo tanto, corresponderían a la agrupación de temperatura promedio anual denominada «cálido». Por otra parte, el promedio de temperatura anual de la RTM es 14-25 °C, la cual correspondería a la agrupación denominada «templado». Estas agrupaciones están en línea con las *Directrices del IPCC de 2006*.

### **Ecuación 5.2**

*Emisiones de CH<sub>4</sub> de la gestión del estiércol*

$$CH_4 \text{ Estiércol} = \sum_{(T)} \left( \frac{EF_{(T)} \times N_{(T)}}{10^6} \right)$$

**Fuente:** Ecuación 10.22, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $CH_{4\text{Estiercol}}$  = emisiones de  $CH_4$  por la *gestión del estiércol*, para la población definida
- $EF_{(T)}$  = factor de emisión para la población de ganado definida,  $kg\ CH_4\ cabeza^{-1}\ año^{-1}$
- $N_{(T)}$  = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado, T del país
- T = especie /categoría de ganado.

### Emisiones directas de $N_2O$ de la gestión del estiércol

El método de Nivel 1 implica multiplicar la cantidad total de excreción de N (de todas las subcategorías animales) en cada tipo de SGE por un factor de emisión para ese tipo de SGE (Ecuación 5.3). Entonces, se suman las emisiones de todos los SGE. El método de Nivel 1 se aplica empleando los factores de emisión de  $N_2O$  por defecto, los datos de excreción de N por defecto, y los datos de los SGE. En el caso de Panamá, se han implementado datos de SGE específicos del país con base en el juicio de expertos.

#### Ecuación 5.3

Emisiones directas de  $N_2O$  de la gestión del estiércol

$$N_2O_{D(mm)} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T)}) \right] \times EF_{3(s)} \right] \times \frac{44}{28}$$

Fuente: Ecuación 10.25, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $N_2O_{D(mm)}$  = emisiones directas de  $N_2O$  de la gestión del estiércol del país,  $kg\ N_2O\ año^{-1}$
- $N_{(T)}$  = cantidad de cabezas de ganado de la especie o categoría
- $Nex_{(T)}$  = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país,  $kg\ N\ animal^{-1}\ año^{-1}$
- $MS_{(T,S)}$  = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión
- $EF_{3(s)}$  = factor de emisión para las emisiones directas de  $N_2O$  del sistema de gestión del estiércol S en el país,  $kg\ N_2O-N/kg\ N$  en el sistema de gestión del estiércol (S).
- S = sistema de gestión del estiércol
- T = especie/categoría de ganado
- $44/28$  = conversión de emisiones de  $(N_2O-N)_{(mm)}$  a emisiones de  $N_2O_{(mm)}$ .

### Emisiones indirectas de $N_2O$ de la gestión del estiércol

El cálculo de Nivel 1 de la volatilización del N en forma de amoníaco ( $NH_3$ ) y  $NO_x$  de SGE se basa en la multiplicación de la cantidad de N excretada (de todas las subcategorías animales) y gestionada en cada SGE por una fracción de N volatilizado (Ecuación 5.4). Entonces, se suman las pérdidas de N de todos los SGE. El método de Nivel 1 se aplica empleando los datos de excreción de N por defecto, los datos de los SGE y las fracciones de pérdidas de N por defecto de los SGE debidas a la volatilización.

## Ecuación 5.4

*Perdidas de N debidas a la volatilización de la gestión del estiércol*

$$N_{\text{volatilización-MMS}} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times \left( \frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Fuente: Ecuación 10.26, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $N_{\text{volatilización-MMS}}$  = cantidad de N del estiércol que se pierde debido a la volatilización de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$ ,  $\text{kg N animal}^{-1} \text{ año}^{-1}$
- $N_{(T)}$  = cantidad de cabezas de ganado de la especie o categoría
- $Nex_{(T)}$  = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país,  $\text{kg N animal}^{-1} \text{ año}^{-1}$
- $MS_{(T,S)}$  = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión
- $Frac_{GasMS}$  = porcentaje de N del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$  en el sistema de gestión del estiércol S, %.

Si bien las *Directrices del IPCC de 2006* incluyen métodos para la estimación de las emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  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 5.5). Por este motivo y ante la falta de información país específica, estas emisiones indirectas no aplican en Panamá.

## Ecuación 5.5

*Emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  debido a la volatilización de N de la gestión del estiércol*

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{\text{volatilización-MMS}} \times EF_4) \times \frac{44}{28}$$

Fuente: Ecuación 10.27, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $N_2O_{G(mm)}$  = emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país,  $\text{kg N}_2\text{O año}^{-1}$
- $EF_4$  = factor de emisión para emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua,  $\text{kg N}_2\text{O-N (kg NH}_3\text{-N + NO}_x\text{-N volatilizado)}^{-1}$ ; el valor por defecto es  $0.01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg NH}_3\text{-N + NO}_x\text{-N volatilizado)}^{-1}$

### 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*. Los datos de gallinas provienen de estadísticas nacionales del INEC, mientras que los datos de pavos y patos de 2001 y 2011 son datos de estadísticas del censo agropecuario, para los otros años se utilizaron datos de FAOSTAT, los cuales se acercan a los datos nacionales de los censos.

### Excreción anual de nitrógeno ( $N_{ex(T)}$ )

Las emisiones de  $N_2O$  requieren de información sobre la tasa de excreción de N para cada una de las especies (Ecuación 5.6). 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 juicio de expertos, el dato ajustado es el peso corporal promedio ( $kg$  peso vivo cabeza<sup>-1</sup>) para *vacas lecheras*, *otros vacunos*, *porcinos*, *ovinos*, *caprinos*, *equinos*, *mulas y asnos*, mientras que para *búfalos* y *aves de corral* fueron por defecto del IPCC, los resultados se encuentran en la Tabla 5.13.

#### Ecuación 5.6

Tasas de excreción anual de N

$$N_{ex(T)} = N_{\text{indice}(T)} \times \frac{TAM}{1000} \times 365$$

Fuente: Ecuación 10.30, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $N_{ex(T)}$  = excreción anual de N para la categoría de ganado  $T$ ,  $kg$  N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- $N_{\text{indice}(T)}$  = tasa de excreción de N por defecto,  $kg$  N (1,000  $kg$  masa animal)<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>
- $TAM(T)$  = masa animal típica para la categoría de ganado  $T$ ,  $kg$  animal<sup>-1</sup>

#### Tabla 5.13

*Gestión del estiércol: tasa de excreción de N, peso corporal promedio y excreción anual de N por subcategoría animal*

Subcategoría animal T	Tasa de excreción de N ( $kg$ N 1.000 $kg$ peso vivo-día <sup>-1</sup> ) $N_{\text{indice}(T)}$	Peso corporal promedio ( $kg$ peso vivo cabeza <sup>-1</sup> ) TAM (*)	Excreción de N ( $kg$ N animal-año <sup>-1</sup> )
Vacas lecheras	0.48	400.00	70.08
Otros vacunos	0.36	400.00	52.56
Ovinos	1.17	30.00	12.81
Porcinos	1.64	45.00	26.94
Búfalos	0.32	380.00	44.38
Caprinos	1.37	30.00	15.00
Equinos	0.46	350.00	58.77
Mulas y asnos	0.46	300.00	50.37
Aves de corral	0.82	1.80	0.54

Nota (\*) = el valor de TAM de *vacas lecheras*, *otros vacunos*, *porcinos*, *caprinos*, *ovinos*, *equinos*, *mulas y asnos* fue determinado por juicio de expertos del MIDA.

Fuente: Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en los Cuadros 10.19, 10A-4 a 10 A-9, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

### Fracción de la excreción total anual de nitrógeno en los SGE ( $MS_{(T,S)}$ )

Los valores de la fracción fueron determinados por juicio de expertos de MIDA. 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, búfalos, y mulas y asnos*, en donde la totalidad de los animales del país se encuentran en pastoreo directo (Tabla 5.14).

**Tabla 5.14**

*Gestión del estiércol: fracción de la excreción total anual de N gestionado en SGE*

Subcategoría animal	Pastura, Prado y Pradera	Distribución diaria	Almacenaje de sólidos	Corral de engorde	Líquido y Fango	Laguna anaeróbica no cubierta	Camas profundas para vacunos y porcinos	Fabricación de abono orgánico (compost)	Estiércol de aves de corral
					Sin cobertura de costra natural		Sin mezclado	Pila estática	Con hojarasca
Vacas lecheras	0.36	0.62	0.01		0.01				
Otros vacunos	1.00								
Ovinos	0.85			0.15					
Porcinos	0.20		0.10		0.50	0.20			
Búfalos	1.00								
Caprinos	0.15			0.85					
Equinos	0.80						0.20		
Mulas y asnos	1.00								
Aves de corral								0.20	0.80

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el juicio de expertos del MIDA.

### Porcentaje de N del estiércol que se volatiliza como $NH_3$ 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*, sin embargo, los valores de los *ovinos y caprinos* referentes al SGE corral de engorde fueron obtenido del *Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006*<sup>24</sup>, de igual forma el dato para pila estática de las *aves de corral* (Tabla 5.15).

**Tabla 5.15**

*Gestión del estiércol: porcentaje de N del estiércol que se volatiliza (%)*

Subcategoría animal	Distribución diaria	Almacenaje de sólidos	Corral de engorde	Líquido/fango	Laguna anaeróbica	Cama profunda	Pila estática	Aves de corral con hojarasca
Vacas lecheras	7.0%	30.0%		40.0%				
Ovinos			30.0%					
Porcinos		45.0%		48.0%	40.0%			
Caprinos			30.0%					
Equinos						25.0%		
Aves de corral							65.0%	40.0%

**Nota:** valores en rojo provenientes del *Refinamiento de 2019 del IPCC*.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en los Cuadros 10.34 y 10.34 (actualizado), Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006 y 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

<sup>24</sup> Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

5.16, Tabla 5.17 y Tabla 5.18). Es importante reiterar que para el CH<sub>4</sub> se aplicaron los factores de emisión correspondientes al clima cálido, salvo para *vacas lecheras* 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 5.16**

*Gestión del estiércol: factores de emisión aplicados para las emisiones de CH<sub>4</sub>*

<i>Subcategoría animal</i>	<i>(kg CH<sub>4</sub> cabeza<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</i>
Vacas lecheras RTH y RTMH	2.00
Vacas lecheras RTM	1.00
Otros Vacunos	1.00
Ovinos	0.20
Porcinos	2.00
Búfalo	2.00
Caprinos	0.22
Equinos	2.19
Mulas y asnos	1.20
Aves de corral	0.02

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en los Cuadros 10.14 y 10.15, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 5.17**

*Gestión del estiércol: factores de emisión aplicados para las emisiones directas de N<sub>2</sub>O de cada SGE (kg N<sub>2</sub>O-N (kg N en SGE)<sup>-1</sup>)*

<i>Subcategoría animal</i>	<i>Almacenaje de sólidos</i>	<i>Corral de engorde</i>	<i>Camas profundas sin mezclado</i>	<i>Fabricación de abono orgánico Pila estática</i>	<i>Estiércol de aves de corral con hojarasca</i>
Vacas lecheras RTH	0.005				
Ovinos		0.02			
Porcinos	0.005				
Búfalo					
Caprinos		0.02			
Equinos			0.01		
Aves de corral				0.006	0.001

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el Cuadro 10.21, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 5.18**

*Gestión del estiércol: factores de emisión aplicados para las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por volatilización*

<i>Subcategoría</i>	<i>[kg N<sub>2</sub>O-N (kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizado)<sup>-1</sup>]</i>
Vacas lecheras	0.01
Otros Vacunos	0.01
Ovinos	0.01
Porcinos	0.01
Búfalo	0.01
Caprinos	0.01
Equinos	0.01
Mulas y asnos	0.01
Aves de corral	0.01

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el Cuadro 11.3, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

### 5.3.4. Incertidumbre y consistencia de la 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 10.4 y 10.5, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*, salvo para los datos de actividad del

ganado vacuno ( $\pm 6\%$ ) y porcinos ( $\pm 13\%$ ) y aves de corral ( $\pm 11\%$ ), en donde se aplicó la incertidumbre desde su fuente de origen en el INEC.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *gestión del estiércol* varían desde  $\pm 30.6$  a  $423.5\%$  (Tabla 5.19). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre de los factores de emisión por defecto aplicados, en especial los de  $N_2O$  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 que den cuenta de las circunstancias nacionales.

**Tabla 5.19**

*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 <sub>4</sub>	20.0%	30.0%	36.1%
3.B.1.a. Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	60.2%	75.0%	94.2%
3.B.1.b. Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	6.0%	30.0%	30.6%
3.B.2. Ovinos	CH <sub>4</sub>	20.0%	30.0%	36.1%
3.B.2. Ovinos	N <sub>2</sub> O	66.5%	75.0%	100.2%
3.B.3. Porcinos	CH <sub>4</sub>	13.0%	30.0%	32.7%
3.B.3. Porcinos	N <sub>2</sub> O	60.8%	75.0%	96.5%
3.B.4. Otro ganado	CH <sub>4</sub>	13.5%	30.0%	33.0%
3.B.4. Otro ganado	N <sub>2</sub> O	64.5%	75.0%	99.0%
3.B.5.a.i. Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	349.0%	240.0%	423.5%
3.B.5.b. Ovinos	N <sub>2</sub> O	83.2%	240.0%	254.0%
3.B.5.c. Porcinos	N <sub>2</sub> O	80.0%	240.0%	253.0%
3.B.5.d. Otro ganado	N <sub>2</sub> O	84.9%	240.0%	254.6%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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. Estos aportes del MIDA fueron documentados.

### 5.3.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.2, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 5.3.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las sugerencias del proceso de revisión por parte de la secretaria de la CMNUCC esta categoría requiere una mayor revisión sobre la distribución de los sistemas de gestión del estiércol, en donde es importante incluir el uso de biodigestores

- Se mantiene el uso de valores por defecto el porcentaje de la cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado para las subcategorías *ovinos, caprinos y aves de corral* que se pierde en el SGE, en este caso las *Directrices del IPCC de 2006* no cuentan con valores por defecto por lo que se utilizan los mismos valores que en el inventario anterior para las subcategorías *otros vacunos* para los *ovinos*, y para los *caprinos* el mismo valor de las *vacas lecheras, se toman estos valores porque el país no cuenta con valores específicos para estas subcategorías, por lo tanto, se decidió utilizar los respectivos valores debido a que comparten similitudes en su sistema de manejo. Para las aves de corral se utilizó la Ecuación 10.4, Capítulo 10, Refinamiento de 2019 del IPCC.*

### 5.3.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para la *gestión del estiércol* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 5.2.5.2.

### 5.3.5.3. Actividades específicas de verificación

Al igual que *fermentación entérica*, se realizó una comparación de las estimaciones realizadas por el Equipo técnico de Agricultura y las emisiones reportadas en FAOSTAT para las emisiones de CH<sub>4</sub> de la *gestión del estiércol* encontrando una diferencia promedio de 17.5%, esta diferencia se puede deber a que el equipo nacional ha hecho los esfuerzos por desagregar los datos de ganado lechero por región climática por tanto se utiliza un factor de emisión diferenciado. No fue posible atribuir las diferencias encontradas, ya que el Equipo técnico de Agricultura no tuvo acceso los datos y parámetros utilizados por FAOSTAT.

En cuanto a las emisiones de los sistemas de gestión del estiércol para el N<sub>2</sub>O, las diferencias encontradas entre los datos de FAOSTAT y el inventario nacional es de un 48.4%, al igual que CH<sub>4</sub> no fue posible atribuir las diferencias encontradas.

### 5.3.6. 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 INGEI se mantuvieron los mismos criterios y datos de actividad ya que FAOSTAT tiene como fuente de datos de actividad las estadísticas del INEC. El equipo técnico de agricultura para las subcategorías caballos, mulas y asnos utiliza los datos de FAOSTAT ya que en el país no se tienen datos año a año.

Como se presenta en la Tabla 5.20, las emisiones de la categoría *gestión del estiércol* para todos los años son iguales a excepción del año 2017, esta diferencia mínima se debe a que el dato de caballos proviene de FAOSTAT, se observó que esta base de datos se encuentra en constante cambio posiblemente a nuevas revisiones que haga FAO.

**Tabla 5.20**

*Gestión del estiércol: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anterior	121.6	120.0	138.4	145.8	156.1		
INGEI actual	121.6	120.0	138.4	145.8	156.4	159.3	160.1
<b>Diferencia</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.3</b>		
<b>Diferencia %</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.2%</b>		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.3.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Dado que las *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O* de la *gestión del estiércol* es una categoría principal del INGEI cuando se incluye la incertidumbre, el Equipo técnico de Agricultura ha identificado las siguientes acciones para el potencial mejoramiento de la estimación de los GEI de esta categoría.

Tomando en cuenta que la incertidumbre de las *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O* está focalizadas en los factores de emisión por defecto aplicados, la aproximación evidente para el mejoramiento es avanzar en el desarrollo de factores de emisión país específico, sin embargo, actualmente el país no cuenta con los recursos humanos y financieros para poder implementar las investigaciones pertinentes en el corto o mediano plazo, por lo que el apoyo técnico y financiero internacional será clave para avanzar en esta materia.

Independiente de lo anterior, el país realizará acciones indirectas que podrán contribuir en el mejoramiento de la calidad general de la categoría *gestión del estiércol* como, por ejemplo, mejorar el Nex mediante la aplicación de una TAM específica para las subcategorías animales del país. Para ello el país revisará la información disponible en conjunto con los expertos del sector y generará nuevos rangos que reflejen las circunstancias nacionales. En específico, la TAM de las *aves de corral* se ajustará para el próximo INGEI en conjunto con la Asociación Nacional de Avicultores de Panamá (ANAVID), se hará una revisión sobre el uso de biodigestores en la actividad porcina ya que esto representa un potencial de mitigación.

## 5.4. Cultivo del arroz (FCR 3.C)

### 5.4.1. Descripción de la categoría

La categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> 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 Sanchis (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 CH<sub>4</sub> desde las zonas del suelo reducidas hacia la atmósfera.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de CH<sub>4</sub> 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 2019, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 114.2 kt CO<sub>2</sub> eq (3.3 % del sector), reduciéndose en 2.1 % desde 2000 y en un 8.0 % desde 2017 (Tabla 5.21 y Figura 5.5), esto puede deberse a que 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), 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.

Si bien el sistema irrigado (inundado y riego intermitente) genera mucho más CH<sub>4</sub> 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 59.2 % a las emisiones de CH<sub>4</sub>, mientras que *irrigadas* aporta un 40.8 %.

**Tabla 5.21**

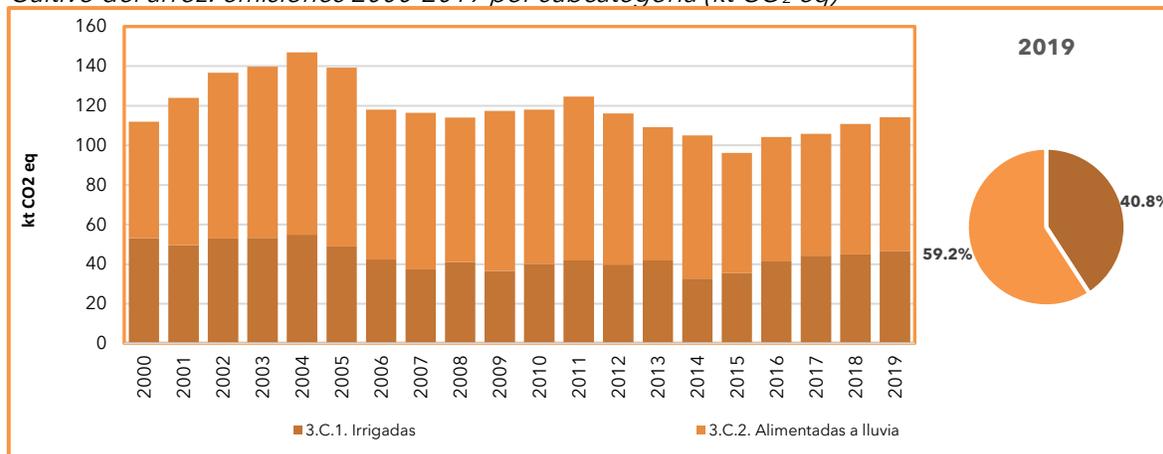
*Cultivo del arroz: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.C.1. Irrigadas	53.1	49.0	40.1	41.9	44.3	45.0	46.6
3.C.2. Alimentadas a lluvia	58.8	90.2	78.0	67.3	61.5	65.8	67.6
<b>TOTAL</b>	<b>111.9</b>	<b>139.2</b>	<b>118.1</b>	<b>109.2</b>	<b>105.8</b>	<b>110.8</b>	<b>114.2</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.5**

*Cultivo del arroz: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.4.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para las estimaciones de CH<sub>4</sub> del *cultivo del arroz* se aplicó el método de Nivel 1. La Tabla 5.22 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.22**

*Cultivo del arroz: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	CH <sub>4</sub>	
	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, 2022.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> se estiman multiplicando los factores de emisión diarios por la superficie anual cosechada de cada subcategoría y el período del cultivo (Ecuación 5.7). Las emisiones totales anuales corresponden a la suma de las subcategorías estimadas.

### Ecuación 5.7

Emisiones de CH<sub>4</sub> producidas por el cultivo del arroz

$$CH_4 \text{ Rice} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

Fuente: Ecuación 5.1, Capítulo 5, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- CH<sub>4</sub> Rice = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz, kt CH<sub>4</sub> año<sup>-1</sup>
- EF<sub>i,j,k</sub> = un factor de emisión diario para las condiciones i,j,k, kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>
- t<sub>i,j,k</sub> = período de cultivo del arroz para las condiciones i,j y k, días
- A<sub>i,j,k</sub> = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i,j, y k, ha año<sup>-1</sup>
- i, j, y k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH<sub>4</sub> producidas por el arroz.

#### 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 5.23) y el número de días desde sembrado hasta la cosecha (período de cultivo). Para efectos del INGEI se consideran dos sistemas de producción diferenciados, la *irrigada* y la *alimentadas a lluvia*. Para ambos sistemas se consideró un periodo de cultivo de 110 días, pero en el caso de *irrigada* se consideraron dos ciclos al año (220 días).

**Tabla 5.23**

*Cultivo del arroz: superficie 2000-2019 por subcategoría (hectáreas)*

Años	Irrigados (ha)	Alimentado por lluvias (ha)
2000	12,756	77,084
2001	11,923	97,567
2002	12,718	109,732
2003	12,791	113,329
2004	13,183	120,697
2005	11,765	118,335
2006	10,170	99,330
2007	8,979	103,721
2008	9,856	95,704
2009	8,784	106,046
2010	9,633	102,277
2011	10,057	108,581
2012	9,563	100,007
2013	10,061	88,319
2014	7,864	94,726
2015	8,560	79,380
2016	9,935	82,445
2017	10,641	80,629
2018	10,805	86,335
2019	11,195	88,675

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.4.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Las emisiones de CH<sub>4</sub> se ven influenciadas por ciertas condiciones como las diferencias regionales en las prácticas de cultivo, si hay múltiples 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<sub>c</sub>) por diversos factores de ajuste, como se muestra en la Ecuación 5.8.

#### Ecuación 5.8

Factor ajustado de emisión diaria

$$EF_i = EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times SF_{s,r}$$

Fuente: Ecuación 5.2, Capítulo 5, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- EF<sub>i</sub> = factor de emisión diario ajustado para una superficie de cosecha dada
- EF<sub>c</sub> = factor de emisión básico para las tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos
- SF<sub>w</sub> = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo
- SF<sub>p</sub> = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo
- SF<sub>o</sub> = factor de ajuste el cual varía según el tipo y a cantidad de abono orgánico
- SF<sub>s,r</sub> = factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar de arroz etc. Si está disponible

Para las emisiones de CH<sub>4</sub> del *cultivo del arroz* en el país se aplicaron valores por defecto para el factor de emisión básico (Tabla 5.24) y los factores de ajuste (Tabla 5.25) para toda la serie temporal.

#### Tabla 5.24

*Cultivo del arroz: factor de emisión básico aplicado*

Subcategoría	kg CH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
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, 2022 con base en el Cuadro 5.11, Capítulo 5, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

#### Tabla 5.25

*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, 2022 con base en los Cuadros 5.12 y 5.13, Capítulo 5, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

#### 5.4.4. 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*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI del *cultivo del arroz* varían desde  $\pm 61.3\%$  a  $63.9\%$  (Tabla 5.26). 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 den cuenta de las circunstancias nacionales.

**Tabla 5.26**

*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 <sub>4</sub>	10.0%	60.1%	61.3%
3.C.2. Alimentada por lluvias	CH <sub>4</sub>	10.0%	63.2%	63.9%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para el *cultivo del arroz* se han logrado grandes avances con respecto a INGEI anteriores, en donde se ha empleado 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 consultando a otras fuentes de información nacional para esta categoría como lo es el INEC y el MIDA.

#### 5.4.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.2, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

##### 5.4.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las sugerencias del proceso de revisión del INGEI serie 2000-2019 para esta categoría se pidió mejor detalle en la descripción y sustentación del juicio de experto.

##### 5.4.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el *cultivo del arroz* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 5.2.5.2.

### 5.4.5.3. Actividades específicas de verificación

Al igual que las categorías anteriores las emisiones de GEI fueron comparadas con las emisiones reportadas por FAOSTAT, encontrándose que las nuevas estimaciones son mayores a las reportadas por FAOSTAT en un 204% esto puede atribuirse a la mejora en la información la cual fue consultada con los expertos del sector, sin embargo, en el caso de FAOSTAT no fue posible atribuir las diferencias encontradas, ya que el Equipo técnico de Agricultura no tuvo acceso los datos y parámetros utilizados por FAOSTAT.

### 5.4.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría para los años 2018 y 2019 debido a la disposición de nuevos datos de actividad. Adicional, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuesto y la misma data en comparación con el INGEI anterior.

### 5.4.7. 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 ciclo de las distintas especies y estimar por separado.

## 5.5. Suelos agrícolas (FCR 3.D)

### 5.5.1. Descripción de la categoría

Las emisiones de  $N_2O$  en *suelos agrícolas* aborda las emisiones directas e indirectas de  $N_2O$  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  $N_2O$  por la incorporación de N de los fertilizantes sintéticos y orgánicos depositados, y el N de la *orina y el estiércol depositado directamente al suelo por los animales en pastoreo*, la cual es la forma más común de crianza de ganado en Panamá. Además, se incluyen las emisiones indirectas de  $N_2O$  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 aplicados a los suelos y cultivo de suelos orgánicos (histosoles) no ocurren en el país. Las emisiones producto de residuos agrícolas, otros fertilizantes orgánicos aplicados a los suelos, y mineralización /

inmovilización asociada a la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo no se estiman por falta de datos.

### 5.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2019, las emisiones de la categoría contabilizaron 677.7 kt CO<sub>2</sub> eq (19.6 % del total del sector), incrementándose en 22.7 % desde 2000 y 3.0 % desde el 2017 (Tabla 5.27 y Figura 5.6). 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. En Panamá, la cantidad de ganado por persona se estima es de aproximadamente 0,54 unidades (Wright and Samaniego, 2008). El comportamiento de las emisiones de esta categoría está influenciado por los fenómenos climáticos, como lo es el fenómeno de El Niño. Además, esta actividad conlleva muchos riesgos considerados por los bancos (SPB, 2013). Adicionalmente, el precio de los productos en el mercado, así como el precio de los fertilizantes (los cuales han ido en aumento) influyen en el productor, muchas veces ocasionando que este abandone la actividad. 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 79.9 % proveniente de las *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*, mientras que el restante 20.1 % generada por las *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas*.

**Tabla 5.27**

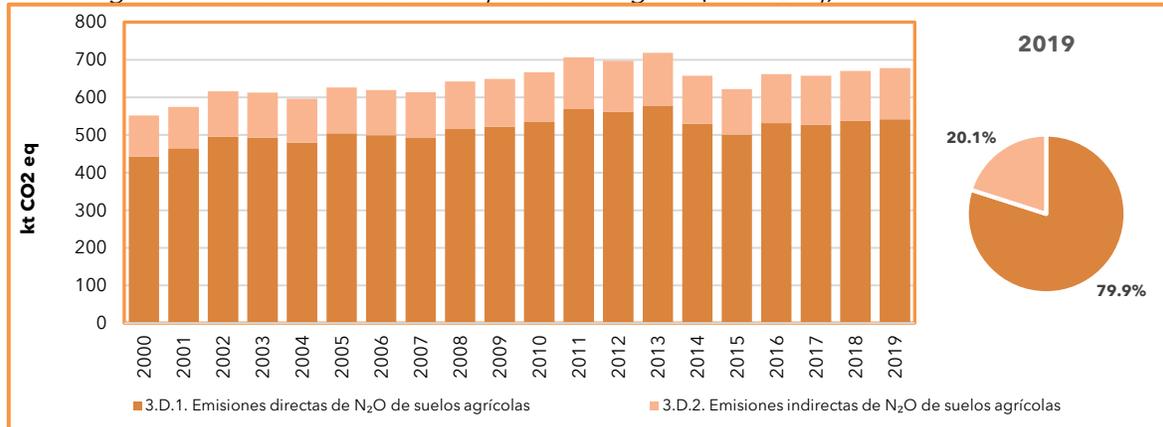
*Suelos agrícolas: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	443.1	504.5	536.1	577.9	527.7	537.6	541.7
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	109.1	122.0	130.4	140.8	130.3	132.8	135.9
<b>TOTAL</b>	<b>552.2</b>	<b>626.5</b>	<b>666.5</b>	<b>718.8</b>	<b>658.0</b>	<b>670.5</b>	<b>677.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.6**

*Suelos agrícolas: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Al analizar la subcategoría *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*, esta contabilizó 541.7 kt CO<sub>2</sub> eq (Tabla 5.28). La principal fuente de N fue la *orina y estiércol depositado por animales de pastoreo*, representando un importante 77.7 %, le siguen los *fertilizantes inorgánicos* aplicado a los suelos con un 16.2 %, y finalmente, los *fertilizantes orgánicos* con un 6.2 % (Figura 5.7).

**Tabla 5.28**

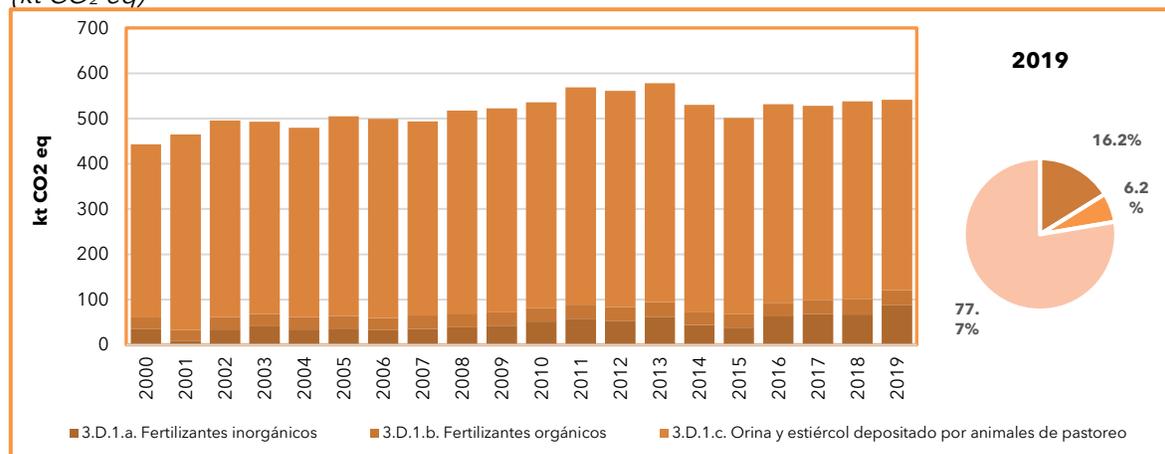
*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	34.5	36.0	51.3	62.0	67.7	67.0	87.5
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	25.9	27.1	30.5	32.3	30.6	33.7	33.5
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	382.6	441.4	454.3	483.6	429.4	437.0	420.7
<b>Total</b>	<b>443.1</b>	<b>504.5</b>	<b>536.1</b>	<b>577.9</b>	<b>527.7</b>	<b>537.6</b>	<b>541.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.7**

*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Los resultados de las *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas* contabilizaron 135.9 kt CO<sub>2</sub> eq (Tabla 5.29). La principal fuente fue la *lixiviación y escurrimiento* aportando el 56.5 %, mientras que el restante 43.5 % lo aportó la *deposición atmosférica* (Figura 5.8).

**Tabla 5.29**

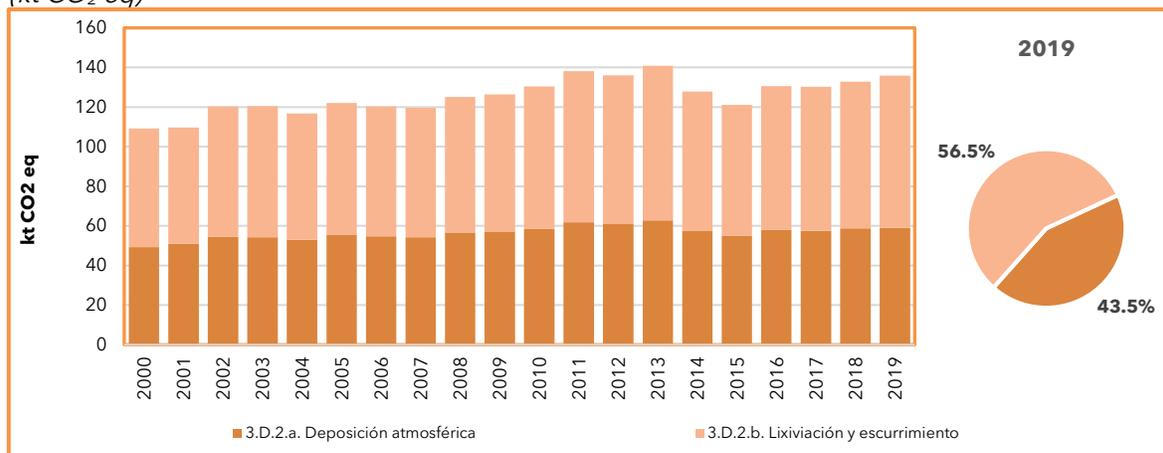
*Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.D.2.a. Deposición atmosférica	49.3	55.3	58.5	62.8	57.6	58.8	59.2
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	59.8	66.7	71.9	78.0	72.7	74.0	76.8
<b>TOTAL</b>	<b>109.1</b>	<b>122.0</b>	<b>130.4</b>	<b>140.8</b>	<b>130.3</b>	<b>132.8</b>	<b>135.9</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.8**

*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para las estimaciones de las emisiones de N<sub>2</sub>O de *suelos agrícolas* se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 5.30 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.30**

*Suelos agrícolas: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI*

Categorías de fuente de GEI	N <sub>2</sub> O	
	Método aplicado	Factor de emisión
3.D. Suelos agrícolas	T1, NE, NO	D, NE, NO
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	T1, NE, NO	D, NE, 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	NE	NE
3.D.1.e. Mineralización de la materia orgánica del suelo	NE	NE
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 <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	T1	D
3.D.2.a. Deposition atmosférica	T1	D
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

A continuación, se describe el detalle metodológico aplicado para cada subcategoría.

#### **Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados**

En su forma más básica, las emisiones directas de N<sub>2</sub>O de *suelos agrícolas* se estiman empleando la Ecuación 5.9, de la siguiente manera.

### Ecuación 5.9

Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas en suelos gestionados (Nivel 1)

$$N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{N\text{ aportes}} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

Donde:

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = \left[ \frac{[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1] + [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \times EF_{1FR}]}{1} \right]$$

$$N_2O - N_{OS} = \left[ \frac{(F_{OS,CG,Temp} \times EF_{2CG,Temp}) + (F_{OS,CG,Trop} \times EF_{2CG,Trop}) + (F_{OS,F,Temp,NR} \times EF_{2F,Temp,NR}) + (F_{OS,F,Temp,NP} \times EF_{2F,Temp,NP}) + (F_{OS,F,Trop} \times EF_{2F,Trop})}{1} \right]$$

$$N_2O - N_{PRP} = [(F_{PRP,CPP} \times EF_{3PRP,CPP}) + (F_{PRP,SO} \times EF_{3PRP,SO})]$$

Fuente: Ecuación 11.1, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- N<sub>2</sub>O<sub>Directas</sub> -N = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N producidas a partir de suelos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- N<sub>2</sub>O-N<sub>aportes</sub> N = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- N<sub>2</sub>O-N<sub>OS</sub> = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- N<sub>2</sub>O-N<sub>PRP</sub> = emisiones directas anuales de N<sub>2</sub>O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- F<sub>SN</sub> = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año<sup>-1</sup>
- F<sub>ON</sub> = cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos, kg N año<sup>-1</sup>
- F<sub>CR</sub> = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos, kg N año<sup>-1</sup>
- F<sub>SOM</sub> = cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año<sup>-1</sup>
- F<sub>OS</sub> = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha
- F<sub>PRP</sub> = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año<sup>-1</sup>
- EF<sub>1</sub> = factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de aportes de N, kg N<sub>2</sub>O-N (kg aporte de N)<sup>-1</sup>
- EF<sub>1FR</sub> es el factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, kg N<sub>2</sub>O-N (kg aporte de N)<sup>-1</sup>
- EF<sub>2</sub> = factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O de suelos orgánicos drenados/gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- EF<sub>3PRP</sub> = factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N<sub>2</sub>O-N (kg aporte de N)<sup>-1</sup>

### Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas

Las formas de N que se contemplan para estimar la *lixiviación y escurrimiento* y *deposición atmosférica* son las mismas fuentes de dato utilizados en las *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*. Las emisiones de N<sub>2</sub>O por *deposición atmosférica* de N volatilizado de suelos gestionados se estimó aplicando la Ecuación 5.10.

#### Ecuación 5.10

N<sub>2</sub>O producido por deposición atmosférica de N volatilizado (Nivel 1)

$$N_2O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} \times Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \times Frac_{GASM})] \times EF_4$$

Fuente: Ecuación 11.9, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- N<sub>2</sub>O<sub>(ATD)</sub>-N = cantidad anual de N<sub>2</sub>O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- F<sub>SN</sub> = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicado a los suelos, kg N año<sup>-1</sup>
- Frac<sub>GASF</sub> = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, kg N volatilizado (kg de N aplicado)<sup>-1</sup>
- F<sub>ON</sub> = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año<sup>-1</sup>
- F<sub>PRP</sub> = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año<sup>-1</sup>
- Frac<sub>GASM</sub> = fracción de materiales F<sub>ON</sub> y de F<sub>PRP</sub> que se volatiliza NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)<sup>-1</sup>
- EF<sub>4</sub> = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N<sub>2</sub>O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N-N<sub>2</sub>O/(kg NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>x</sub>-N volatilizado)<sup>-1</sup>]

Las emisiones de N<sub>2</sub>O por *lixiviación y escurrimiento* se estimaron empleando la Ecuación 5.11.

#### Ecuación 5.11

Emisiones de N<sub>2</sub>O por lixiviación/escurrimiento de N (Nivel 1)

$$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} \times EF_5$$

Fuente: Ecuación 11.10, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- N<sub>2</sub>O<sub>(L)</sub>-N = cantidad anual de N<sub>2</sub>O-N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados, kg N<sub>2</sub>O-N año<sup>-1</sup>
- F<sub>SN</sub> = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicado a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, (kg N año<sup>-1</sup>)
- F<sub>ON</sub> = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año<sup>-1</sup>
- F<sub>PRP</sub> = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año<sup>-1</sup>

- $F_{CR}$  = cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devuelta a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento,  $\text{kg N año}^{-1}$
- $F_{SOM}$  = cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo, como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento,  $\text{kg N año}^{-1}$
- $Fra_{\text{Lixiviación-(H)}}$  = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento,  $\text{kg N (kg de agregados de N)}^{-1}$
- $EF_5$  = factor de emisión para emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  por lixiviación y escorrimento de N,  $\text{kg N}_2\text{O-N (kg N por lixiviación y escorrimento)}^{-1}$

### 5.5.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para estimar las *emisiones directas e indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  de los suelos agrícolas* provienen del INEC, SIECA, Autoridad Nacional de Aduanas y FAOSTAT. Debido a la falta de capacidades nacionales, tiempo y dependencia del sector UTCUTS, dos de las subcategorías *nitrógeno de los residuos agrícolas* y *nitrógeno mineralizado en suelos minerales*, asociado a la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo no fueron estimadas. Los datos de actividad utilizados se presentan en la Tabla 5.31.

**Tabla 5.31**

*Suelos agrícolas: cantidad anual de N aplicado ( $\text{kg N año}^{-1}$ )*

Años	Total de N de fertilizantes sintéticos aplicados en suelos gestionados (kg)	Total de N de fertilizantes sintéticos aplicados en arroz inundado (kg)	Total de N de estiércol animal aplicado a los suelos (kg)	Total de N de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo (CPP) (kg)	Total de N de orina y estiércol depositado por animales de pastoreo (SO) (kg)
2000	12,447,576.6	9,781,137.9	1,951,096.0	68,270,641.0	7,844,564.5
2001	2,862,959.8	9,906,719.2	1,823,770.6	78,439,880.1	6,579,701.0
2002	12,154,129.3	10,276,468.5	1,945,316.7	78,240,450.6	7,492,643.7
2003	14,733,091.1	10,350,646.2	1,956,387.8	76,470,035.4	7,321,472.3
2004	12,298,530.3	10,148,464.2	2,016,401.1	75,427,405.4	7,150,300.9
2005	13,060,340.1	10,210,954.8	1,799,495.4	79,791,215.2	6,976,610.9
2006	11,784,965.6	10,070,387.3	1,555,616.0	79,648,057.6	6,849,933.0
2007	12,997,601.2	11,047,178.6	1,373,368.5	77,625,354.4	6,629,231.1
2008	14,107,209.5	11,345,006.1	1,507,603.9	81,387,562.5	6,479,886.7
2009	15,584,954.9	11,135,039.5	1,343,525.1	81,879,829.0	6,236,518.3
2010	18,914,734.0	11,515,788.7	1,473,379.3	82,711,094.4	5,993,149.9
2011	21,408,441.1	11,706,427.4	1,538,316.0	87,676,014.7	5,721,203.0
2012	19,258,290.1	12,027,253.1	1,462,733.5	87,175,438.4	5,765,564.9
2013	22,945,290.3	12,186,610.4	1,538,882.7	88,357,092.3	5,781,283.0
2014	16,127,814.9	11,179,852.8	1,202,853.6	83,202,007.0	5,846,531.6
2015	13,856,421.5	11,182,686.7	1,309,288.1	79,040,834.4	5,673,654.4
2016	23,211,258.1	11,458,015.8	1,519,564.3	79,860,905.0	5,660,057.2
2017	25,042,501.5	11,556,779.8	1,627,547.0	78,345,928.7	5,354,364.4
2018	24,773,564.2	15,081,012.9	1,652,681.9	79,132,640.2	5,161,347.5
2019	32,503,405.7	14,860,626.8	1,712,414.6	76,164,902.4	5,006,090.0

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

A continuación, se describe los procesos metodológicos para obtener los datos de actividad aplicados en la estimación de las *emisiones directas e indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  en suelos agrícolas* para la serie temporal 2000-2019 de Panamá.

### **Fertilizante sintético aplicado ( $F_{SN}$ )**

Se estima a partir de la cantidad total de fertilizante sintético consumida por año. Los datos del consumo anual fueron obtenidos de las estadísticas oficiales del INEC, y la Autoridad Nacional de Aduanas; también se utilizaron y revisaron datos del SIECA y FAOSTAT. Además, la información se encuentra desagregada en aquellos fertilizantes que se aplican en suelos gestionados (el país no cuenta con una desagregación del uso de fertilizantes para los distintos usos de la tierra: tierras de cultivo, pastizales y tierras forestales) por lo que todo el N aplicado se estima en el sector agricultura, se hace una separación para el fertilizante aplicado en el cultivo del arroz inundado.

Existen varios tipos de fertilizantes sintéticos aplicados a los suelos, cada uno va a tener un porcentaje de N distinto. El procesamiento de los datos de importación consistió en:

- 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, un ejemplo es 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.

La Tabla. A.3. 1 y Tabla. A.3. 2 del ANEXO 3.1. presenta los aportes de N de cada fertilizante sintético aplicado en el país.

### **Fertilizantes de N orgánico aplicados ( $F_{ON}$ )**

El término  $F_{ON}$  se refiere a la cantidad de aportes de N orgánico aplicada 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.). En el caso de Panamá, solo se incluyó el  $F_{AM}$ , ya que según el juicio de expertos no hay evidencia de la aplicación de otros fertilizantes orgánicos. El término  $F_{AM}$  se determina ajustando la cantidad de N del estiércol disponible ( $N_{MMS\_Avb}$ ; véase la Ecuación 5.12) según la cantidad de estiércol gestionado usada para alimento ( $Frac_{ALIM}$ ), quemada como combustible ( $Frac_{COMBUST}$ ), o utilizado para construcción ( $Frac_{CNST}$ ) como se indica en la Ecuación 5.13.

### Ecuación 5.12

*N del estiércol gestionado disponible para la aplicación en suelos agrícolas, como alimento, combustible o en la construcción*

$$N_{MMS\_Avb} = \sum_S \left\{ \sum_T \left[ \frac{(N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times \left(1 - \frac{FracPérdidaMS}{100}\right)}{[N_{(T)} \times MS_{(T,S)} \times N_{camaMS}]} \right] + \right\}$$

**Fuente:** Ecuación 10.34, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $N_{MMS\_Avb}$  = cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados o para alimento, combustible o para la construcción, kg N año<sup>-1</sup>
- $N_{(T)}$  = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- $Nex_{(T)}$  = promedio anual de excreción de N por animal de la especie/categoría T en el país, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- $MS_{(T,S)}$  = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el SGE en el país, sin dimensión
- $FracPérdidaMS$  = cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se pierde en el SGE S, % (véase la Tabla 5.32 por los valores aplicados)
- $N_{camaMS}$  = cantidad de nitrógeno de las camas, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (no aplica en Panamá)

### Tabla 5.32

*Suelos agrícolas: cantidad de N del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se pierde en el SGE (FracPérdidaMS)*

Subcategoría animal	Distribución diaria	Almacenaje de sólidos	Corral de engorde	Líquido/fango	Laguna anaeróbica	Cama profunda	Pila estática	Aves de corral con hojarasca
Vacas lecheras	22.0%	40.0%		40.0%				
Ovinos			40.0%					
Porcinos		50.0%		48.0%	78.0%			
Caprinos			30.0%					
Equinos						35.0%		
Aves de corral							75.0%	50.0%

**Fuente:** Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Cuadro 10.23, Capítulo, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*

### Ecuación 5.13

*N del estiércol animal aplicado a los suelos agrícolas (Nivel 1)*

$$F_{AM} = N_{MMS\_Avb} \times [1 - (Frac_{ALIM} + Frac_{COMBUST} + Frac_{CNST})]$$

**Fuente:** Ecuación 11.4, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $F_{AM}$  = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año<sup>-1</sup>
- $N_{MMS\_Avb}$  = cantidad de N del estiércol gestionado disponible para aplicación al suelo o para uso como alimento, combustible o en la construcción, kg N año<sup>-1</sup>
- $Frac_{ALIM}$  = fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento
- $Frac_{COMBUST}$  = fracción del estiércol gestionado utilizada para combustible
- $Frac_{CNST}$  = fracción del estiércol gestionado utilizada para la construcción

En general, todo el estiércol desde los SGE es aplicado en *suelos agrícolas*, salvo para *aves de corral*, en donde el juicio de expertos indica que en el caso de pila estática el 90 % del estiércol es utilizado para abono, mientras que el 10 % se utiliza para alimentación animal; en el caso de estiércol de aves con hojarasca el

20 % del estiércol se utiliza como abono, mientras que el 80 % se utiliza para alimentación animal. Por lo tanto,  $Frac_{ALIM}$  es descontado de los cálculos.

### 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 5.14 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.

#### Ecuación 5.14

N de la orina y el estiércol depositado por los animales en pastoreo en pasturas, prados y praderas (Nivel 1)

$$F_{PRP} = \sum_T [(N_{(T)} \times Nex_{(T)}) \times MS_{(T,PRP)}]$$

Fuente: Ecuación 11.5, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $F_{PRP}$  = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año<sup>-1</sup>
- $N_{(T)}$  = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- $Nex_{(T)}$  = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- $MS_{(T,PRP)}$  = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas<sup>fn</sup>

### 5.5.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión presentados en la Tabla 5.33 y Tabla 5.34 para las *emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas*, corresponden a los valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 5.33**

*Suelos agrícolas: factores de emisión aplicados a las emisiones directas de N<sub>2</sub>O*

Subcategoría	[kg N <sub>2</sub> O-N (kg aportes N) <sup>1</sup> ]
EF <sub>1</sub> fertilizantes inorgánicos	0.010
EF <sub>1FR</sub> fertilizantes inorgánicos para arrozales inundados	0.003
EF <sub>1</sub> estiércol animal aplicado a los suelos	0.010
EF <sub>3PRP, CPP</sub> para vacunos, búfalos, aves de corral y porcinos	0.020
EF <sub>3PRP, SO</sub> para ovinos y «otros animales»	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*.

**Tabla 5.34**

*Suelos agrícolas: factores de emisión aplicados a las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O*

Subcategoría	Valor
EF <sub>4</sub> deposición atmosférica (kg N <sub>2</sub> O-N) (kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N volatilizado) <sup>1</sup>	0.010
EF <sub>5</sub> lixiviación y escurrimiento (kg NH <sub>3</sub> -N + NO <sub>x</sub> -N) (kg de N aplicado o depositado) <sup>1</sup>	0.0075

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el cuadro 11.3, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

#### 5.5.4. 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*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de *suelos agrícolas* varían desde  $\pm 143.3$  a 273.9 % (Tabla 5.35). 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 relativamente altas también, especialmente las relacionadas a las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O. 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 den cuenta de las circunstancias nacionales, pero también se requerirá avanzar en el mejoramiento de los datos de actividad.

**Tabla 5.35**

*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 <sub>2</sub> O	50.0%	134.3%	143.3%
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	N <sub>2</sub> O	93.1%	135.0%	164.0%
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	N <sub>2</sub> O	61.8%	132.6%	146.2%
3.D.2.a. Deposición atmosférica	N <sub>2</sub> O	132.1%	240.0%	273.9%
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	N <sub>2</sub> O	132.5%	163.3%	210.3%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las *Directrices del IPCC de 2006*.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para los *suelos agrícolas* se han logrado mantener el uso de las *Directrices del IPCC de 2006* y se mantiene el uso de las mismas fuentes de datos de actividad: INEC, SIECA, Autoridad Nacional de Aduanas.

#### 5.5.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.2, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

### 5.5.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las sugerencias del proceso de revisión fueron revisadas y se procedió a realizar las respectivas correcciones en cuanto a redacción y documentar lo relacionado a la aplicación de los juicios de expertos.

### 5.5.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para los *suelos agrícolas* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 5.2.5.2.

### 5.5.5.3. Actividades específicas de verificación

Las emisiones de GEI de *suelos agrícolas* fueron comparadas con las emisiones reportadas por FAOSTAT. En general se observa que:

- *Fertilizantes inorgánicos* en cuanto a las emisiones directas de N<sub>2</sub>O reportadas en el recálculo por el Equipo técnico de Agricultura la mayoría de los datos son menores a las presentadas por FAOSTAT en un 0.24%, no fue posible identificar a que se deben estas diferencias.
- *Fertilizantes orgánicos*, los resultados presentados por FAOSTAT en cuanto a las emisiones directas de N<sub>2</sub>O son un 0.12% mayores a los presentados en los nuevos recálculos de la serie temporal 2000-2019, no fue posible atribuir las diferencias encontradas, ya que el Equipo técnico de Agricultura no tuvo acceso a los datos y parámetros utilizados por FAOSTAT.

### 5.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

En este recálculo para la categoría *suelos agrícolas* no se encontraron diferencias ya que se utilizó la misma metodología descrita en las *Directrices del IPCC de 2006*.

Como se observa en la Tabla 5.36, las emisiones de la categoría *suelos agrícolas* para todos los años son iguales a excepción del año 2017, esta diferencia mínima se debe a que el dato de actividad proviene de FAOSTAT, se observó que esta base de datos se encuentra en constante cambio posiblemente a nuevas revisiones que haga FAO.

**Tabla 5.36**

*Suelos agrícolas: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq) años 2000-2019*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anteriores	552.2	626.5	666.5	718.8	657.6		
INGEI actual	552.2	626.5	666.5	718.8	658.0	545.6	552.2
<b>Diferencia</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.4</b>		
<b>Diferencia %</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.1%</b>		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.5.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Dado que las *emisiones directas e indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas* son categorías principales, el Equipo técnico de Agricultura identificó como altamente prioritarias ya sea por el análisis propio o como resultado de las actividades de garantía de la calidad acciones enfocadas en el incremento de la exhaustividad y la exactitud de la categoría.

Acciones para la exhaustividad:

- Se avanzó en la obtención de los datos de actividad sobre hectáreas cultivadas, los cuales se presentan en el Excel "Datos duros", el equipo presentará en el siguiente inventario las estimaciones de las emisiones generadas por el *nitrógeno de los residuos agrícolas devuelto a los suelos* (F<sub>CR</sub>).
- Se realizarán las acciones pertinentes para estimar las emisiones producto del *nitrógeno mineralizado resultante de la pérdida en las existencias de carbono orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión* (F<sub>SOM</sub>), ya se logró identificar con el equipo de UTCUTS, la manera de obtener el dato de actividad.

Ambas fuentes de N<sub>2</sub>O no fueron incluidas en el presente INGEI por falta de tiempo, sin embargo, serán reportadas como parte del próximo INGEI ante la CMNUCC.

Acciones para la exactitud:

- Dado que F<sub>CR</sub> es la principal fuente de la categoría, el país avanzará en el desarrollo de EF<sub>3</sub> país específico, sin embargo, Panamá reconoce importantes limitaciones de recursos y capacidades para este propósito, por lo tanto, el país requerirá del apoyo internacional para avanzar en esta materia.
- Las acciones respecto a F<sub>ON</sub> serán cubiertas por las acciones incluidas en *fermentación entérica* (ver Sección 5.2.7) y *gestión del estiércol* (ver Sección 5.3.7).

### 5.6. Quema prescrita de sabanas (FCR 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 realizada a los datos de actividad obtenidos en la DIVEDA del Ministerio de Ambiente, actualmente no

se dispone de una desagregación de las hectáreas quemadas de sabanas. Los datos disponibles, y que fueron utilizados en el presente INGEI, se encuentran agrupados como incendios de pastizales, rastrojos y tierras forestales.

## 5.7. Quema de residuos agrícola en el campo (FCR 3.F)

### 5.7.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O 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 en este inventario por falta de información.

### 5.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2019, las emisiones de la categoría contabilizaron 13.8 kt CO<sub>2</sub> eq (solo un 0.4 % del total del sector), reduciéndose en 27.0 % desde 2000 y en un 0.3 % desde 2017 (Tabla 5.37 y Figura 5.9). El mayor porcentaje de estas emisiones corresponde a la quema de residuos de *caña de azúcar* con un 93.7 %, 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 6.3 %. 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, por lo tanto, se espera que en los próximos años continúen disminuyendo.

**Tabla 5.37**

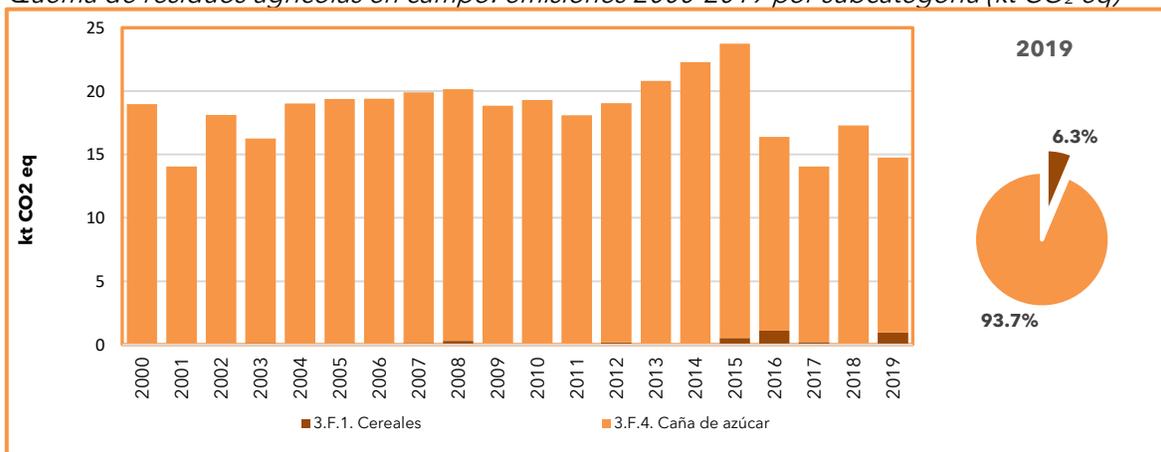
*Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.F.1. Cereales	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.9
3.F.4. Caña de azúcar	18.9	19.3	19.3	20.7	13.8	17.2	13.8
<b>TOTAL</b>	<b>19.0</b>	<b>19.4</b>	<b>19.3</b>	<b>20.8</b>	<b>14.1</b>	<b>17.3</b>	<b>14.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.9**

*Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.7.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, 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 5.38 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.38**

*Quema de residuos agrícola en el campo: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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	NA	NA	NA	NA
3.F.3. Tubérculos y raíces	NA	NA	NA	NA
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, 2022

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 5.15.

### Ecuación 5.15

*Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero a causa del fuego*

$$L_{\text{fuego}} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

**Fuente:** Ecuación 2.27, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- L<sub>fuego</sub> = cantidad de emisiones de GEI provocada por el fuego, t de cada GEI
- A = superficie quemada, hectáreas
- M<sub>B</sub> = masa de combustible disponible para la combustión, t ha<sup>-1</sup>
- C<sub>f</sub> = factor de combustión, sin dimensión
- G<sub>ef</sub> = factor de emisión, g kg<sup>-1</sup> de la materia seca quemada

### 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, la cual proviene de la DIVEDA (Tabla 5.39). Los datos suministrados presentaron vacíos para 2000-2002 en el caso de los cultivos, los cuales fueron superados aplicando extrapolaciones a fin de contar con la serie continua. En el caso del arroz y maíz se aplicó el juicio 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.

Para los datos de la *caña de azúcar*, según el juicio de expertos, se tomó el total de la superficie sembrada, al cual se le dedujo el 10 % considerado para semilla, y el resto se quema como parte de las actividades de la cosecha. Para 2016 se ven reducidas las quemadas producto de la aplicación de la Resolución No. DM-0020 de 20 de enero de 2017, la cual busca regular las quemadas en los cañaverales y se promueve la cosecha en verde.

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 5.40). Para cada subcategoría se aplicaron los correspondientes valores.

**Tabla 5.39**

*Quema de residuos agrícolas en campo: superficie quemada 2000-2019 por subcategoría (ha)*

Años	Arroz	Maíz	Caña de azúcar (ha)	Total (ha)
2000	43	11	30,861	30,915
2001	42	11	22,844	22,897
2002	65	16	29,440	29,521
2003	128	32	26,210	26,370
2004	29	7	30,996	31,033
2005	84	21	31,420	31,525
2006	43	11	31,559	31,613
2007	112	28	32,222	32,362
2008	304	76	32,078	32,457
2009	63	16	30,627	30,706
2010	4	1	31,503	31,508
2011	0	0	29,564	29,564
2012	168	42	30,634	30,844
2013	75	19	33,796	33,890
2014	54	14	36,247	36,315
2015	540	135	37,281	37,955
2016	1,117	279	23,597	24,993
2017	206	52	22,374	22,632
2018	63	16	28,059	28,138
2019	954	239	21,396	22,589

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 5.40**

*Quema de residuos agrícolas: valores por defecto de la masa de combustible disponible para la combustión y factor de combustión aplicados*

Subcategoría	M <sub>B</sub> (toneladas ha <sup>-1</sup> )	C <sub>r</sub> (toneladas ha <sup>-1</sup> )
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, 2022 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 la categoría corresponden a valores por defecto provenientes de las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.41).

**Tabla 5.41**

*Quema de residuos agrícolas: factores de emisión aplicados*

GEI	[g GEI (kg dm quemada) <sup>-1</sup> ]
CH <sub>4</sub>	2.70
N <sub>2</sub> O	0.07
CO	92
NO <sub>x</sub>	2.5

**Fuente:** Cuadro 2.5, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

### 5.7.4. 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*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *quema de residuos agrícolas en campo* varían desde  $\pm 94.6$  a 95.3 % (Tabla 5.42). 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 5.42**

*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 <sub>4</sub>	70.8%	63.7%	95.3%
3.F.4. Caña de azúcar	CH <sub>4</sub>	70.8%	63.7%	95.3%
3.F.1. Cereales	N <sub>2</sub> O	70.8%	62.7%	94.6%
3.F.4. Caña de azúcar	N <sub>2</sub> O	70.8%	62.7%	94.6%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 a los juicios 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 juicio 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 ( $C_f$ ).

### 5.7.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.2, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 5.7.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las sugerencias del proceso de control de la calidad realizado por el experto de la secretaria de la convención ayudó al equipo para que revisara las estimaciones y realizará los ajustes correspondientes. Las principales observaciones realizadas y sus acciones de respuesta por parte del Equipo técnico de Agricultura fueron:

- Las *Directrices del IPCC de 2006* brindan factores por defecto para cada uno de los cultivos presentados, esto incluye el uso de la masa disponible para la combustión correspondiente. Se mantuvo el uso de juicio de expertos para la desagregación del DA de quemas "cultivos" en 80 % de las quemas reportados en cultivos correspondía al cultivo de arroz y el 20 % al cultivo del maíz.

#### 5.7.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para la *quema de residuos agrícola en el campo* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 5.2.5.2.

#### 5.7.5.3. Actividades específicas de verificación

Se llevó a cabo una comparación de las estimaciones realizadas por tipo de gas, para el  $CH_4$  las diferencias son mínimas en un 0.18% en donde los datos de FAOSTAT son mayores de igual forma en el caso de las emisiones de  $N_2O$  con un 0.005%, las diferencias son mínimas y al igual que las otras categorías no fue posible conocer los criterios utilizados.

### 5.7.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *quema de residuos agrícolas en el campo* debido, principalmente, al ajuste y uso apropiado de la masa de combustible aplicado a cada una de las subcategorías, por lo que se presentan diferencias en las estimaciones con respecto a la serie presentada anteriormente las cuales se pueden observar en la Tabla 5.43, y que se realizaron ajustes en las hojas de trabajo y se utilizó de manera apropiada la variable masa disponible para la combustión, además se logró trabajar una nueva desagregación de las subcategorías, lo que generó diferencias en los resultados con respecto al INGEI anterior para todos los años.

**Tabla 5.43**

*Quema de residuos agrícolas en campo: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
INGEI anteriores	15.1	15.4	15.4	16.5	11.0		
INGEI actual	19.0	19.4	19.3	20.8	14.1	17.3	14.7
<b>Diferencia</b>	<b>3.9</b>	<b>4.0</b>	<b>3.9</b>	<b>4.3</b>	<b>3.0</b>		
<b>Diferencia %</b>	<b>25.6%</b>	<b>25.8%</b>	<b>25.2%</b>	<b>26.1%</b>	<b>27.5%</b>		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.7.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

La *quema de residuos agrícolas en campo* no fue identificada como categoría principal, por lo tanto, la prioridad para la implementación de mejoras es baja.

## 5.8. Encalado (FCR 3.G)

### 5.8.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 2019, las emisiones de la categoría contabilizaron 0.0 kt CO<sub>2</sub> eq (menos del 1 % del total del sector). Estas emisiones representaron un incremento de 435.9 % respecto al año 2000. Por otro lado, comparando las emisiones de 2017 con 2019, se presentó una disminución del 23.7 % (Tabla 5.44 y Figura 5.10). Con respecto

a los tipos de cal usadas, el mayor porcentaje de emisiones corresponde al uso de *caliza* con un 93.7 %, el restante 6.3 % lo aporta la *dolomita*.

**Tabla 5.44**

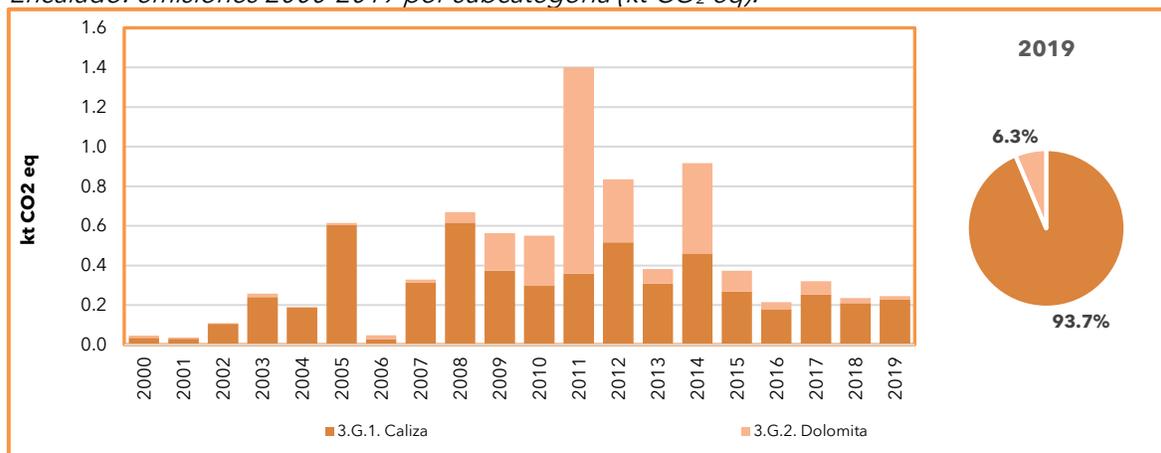
*Encalado: emisiones por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.G.1. Caliza	0.0	0.6	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
3.G.2. Dolomita	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>0.0</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.10**

*Encalado: emisiones 2000-2019 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq).*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.8.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

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 5.45 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.45**

*Encalado: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>	
	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, 2022

El CO<sub>2</sub> de la categoría se estimó utilizando datos de las estadísticas nacionales, factores de emisión por defecto y la Ecuación 5.16.

### Ecuación 5.16

Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> por aplicación de cal

$$\text{EmisiónCO}_2 - \text{C} = (M_{\text{caliza}} \times EF_{\text{caliza}}) + (M_{\text{dolomita}} \times EF_{\text{dolomita}})$$

Fuente: Ecuación 11.12, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- EmisiónCO<sub>2</sub>-C = emisiones anuales de C por la aplicación de cal, t C año<sup>-1</sup>
- M = cantidad anual de piedra caliza cálcica o dolomita, t año<sup>-1</sup>
- FE = factor de emisión, t de C (t de piedra caliza o dolomita)<sup>-1</sup>

#### 5.8.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad fueron obtenidos de las importaciones registradas tanto en el INEC, Autoridad Nacional de Aduanas, FAOSTAT, y SIECA (Tabla 5.46). La información recabada no cubría la totalidad de los años de la serie temporal, por lo que fue necesario realizar interpolaciones para 2000-2001, 2005, de esta manera se logró la serie completa de datos. Mediante juicio de expertos y revisión de los datos de la Autoridad Nacional de Aduanas para 2009-2017 se determinó que para la caliza importada el 46 % es para uso en agricultura y el resto para otros usos. Como supuesto se asume que la caliza y la dolomita son utilizadas en el mismo año.

Tabla 5.46

Encalado: cantidad anual de cal aplicada 2000-2019 por subcategoría (toneladas)

Años	Caliza (t)	Dolomita (t)	Total (t)
2000	43	11	30,861
2001	42	11	22,844
2002	65	16	29,440
2003	128	32	26,210
2004	29	7	30,996
2005	84	21	31,420
2006	43	11	31,559
2007	112	28	32,222
2008	304	76	32,078
2009	63	16	30,627
2010	4	1	31,503
2011	0	0	29,564
2012	168	42	30,634
2013	75	19	33,796
2014	54	14	36,247
2015	540	135	37,281
2016	1,117	279	23,597
2017	206	52	22,374
2018	63	16	28,059
2019	954	239	21,396

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 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 5.47).

**Tabla 5.47**

*Encalado: factores de emisión aplicados*

Subcategoría	Valor	Unidad
Caliza	0.12	[t de C (t de dolomita) <sup>-1</sup> ]
Dolomita	0.13	[t de C (t de dolomita) <sup>-1</sup> ]

**Fuente:** Elaboración propia con base en la Sección 11.3.2, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

#### 5.8.4. 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*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI del *encalado* es  $\pm 39.1\%$  (Tabla 5.48). 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 den cuenta de las circunstancias nacionales.

**Tabla 5.48**

*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 <sub>2</sub>	25.0%	30.0%	39.1%
3.G.2. Dolomita	CO <sub>2</sub>	25.0%	30.0%	39.1%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, las estimaciones se realizaron utilizando una sola metodología de las *Directrices del IPCC de 2006*. Al igual que en la serie anterior.

En cuanto a los datos de actividad se realizó una búsqueda más exhaustiva en varias fuentes, sin embargo, en el caso de la dolomita fue necesario hacer interpolaciones y extrapolaciones. En el caso de la caliza se determinó que el 46 % de las importaciones es para uso agropecuario el resto es para otro uso, esto se determinó con base en el promedio del total importado de la base de datos de la Autoridad Nacional de Aduanas de 2009-2017, dicha base de datos proporciona información sobre el nombre de la empresa importadora, así como el uso final.

#### 5.8.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.2, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 5.8.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las sugerencias del proceso de revisión fueron revisadas y se procedió a realizar las respectivas correcciones. Las principales observaciones realizadas y sus acciones de respuesta por parte del Equipo técnico de Agricultura fueron:

- Los datos de actividad mantienen un comportamiento errático durante la serie temporal y son datos discontinuos. Se sugiere buscar nuevas fuentes de información y la validación de la información por parte de una empresa nacional que produce cal. Por otro lado, tampoco fue posible corroborar el destino final de la misma.

#### 5.8.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para el *encalado* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 5.2.5.2.

#### 5.8.5.3. Actividades específicas de verificación

No se implementaron actividades de verificación para esta categoría.

#### 5.8.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría para los años 2018 y 2019 debido a la disposición de nuevos datos de actividad. Adicional, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuesto y la misma data en comparación con el INGEI anterior.

#### 5.8.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

A pesar de que el *encalado* no es una categoría principal, por lo tanto, la prioridad para la implementación de mejoras es baja, Panamá avanzará en la revisión y ajuste de los datos nacionales ya que estos presentan comportamiento errático, con el objetivo de mejorar el inventario buscando fuentes que permitan conocer cuál es el uso y en que cultivos se utilizan la cal y la dolomita. Se tiene identificado que en Panamá existe, a lo menos, una empresa que produce cal, lo que brinda posibilidades de mejora de la información.

### 5.9. Aplicación de urea (FCR 3.H)

#### 5.9.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 2019, las emisiones contabilizaron 4.4 kt CO<sub>2</sub> eq (menos del 1 % del total del sector Agricultura), incrementándose en 29.4 % desde 2000 y reduciéndose en un 27.4 en 2019 (Tabla 5.49 y Figura 5.11). Uno de los motivos que explica este aumento es el fenómeno de El Niño, el cual afectó el consumo de fertilizantes para 2001, 2002, 2014, y 2015, 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 bajo para los siguientes años (BID, 2012). Entre 2000 y 2001 se observa una bajó en la importación de urea, con base en el juicio de experto, 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 5.49**

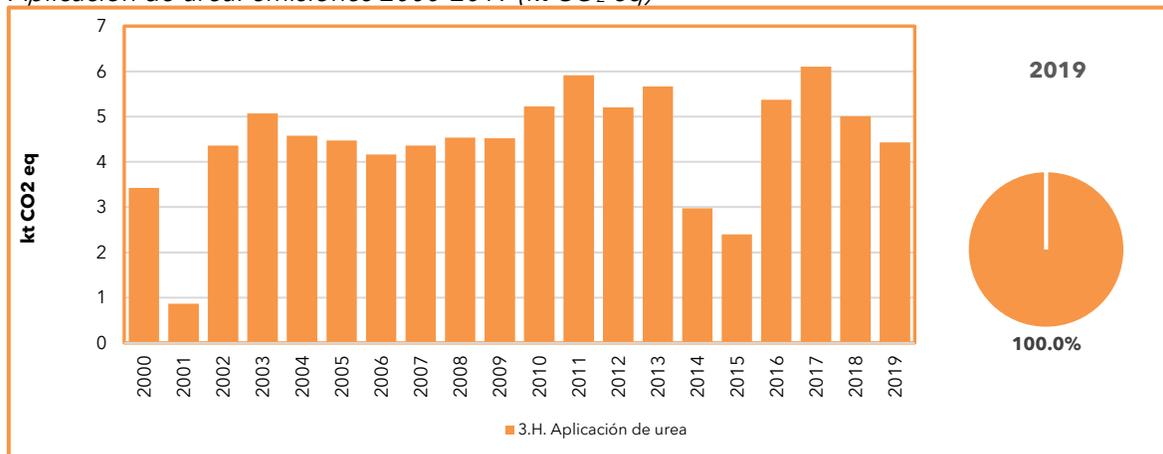
*Aplicación de urea: emisiones (kt CO<sub>2</sub> eq).*

Categoría	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
3.H. Aplicación de urea	3.4	4.5	5.2	5.7	6.1	5.0	4.4
<b>TOTAL</b>	<b>3.4</b>	<b>4.5</b>	<b>5.2</b>	<b>5.7</b>	<b>6.1</b>	<b>5.0</b>	<b>4.4</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 5.11**

*Aplicación de urea: emisiones 2000-2019 (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 5.9.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la categoría *aplicación de urea* se utilizó el método del Nivel 1 de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006* (Ecuación 5.17), utilizando datos de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto.

#### Ecuación 5.17

*Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> por aplicación de urea*

$$CO_2 - C \text{ Emisión} = M \times EF$$

**Fuente:** Ecuación 11.13, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- CO<sub>2</sub>-C Emisión= emisiones anuales de C por la aplicación de urea, t C año<sup>-1</sup>
- M = cantidad anual de fertilización con urea, t urea año<sup>-1</sup>
- FE= factor de emisión, t de C (t de urea)<sup>-1</sup>

#### 5.9.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de toneladas de urea fueron obtenidos de la Autoridad Nacional de Aduanas, INEC y del SIECA y comparados con los presentados por FAOSTAT (Tabla 5.50). 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 supuesto se asume que la urea importada es utilizada en agricultura en el mismo año. Es importante mencionar que los mismos datos de actividad de *aplicación de urea* se han utilizado para la estimación de las emisiones *directas e indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*.

**Tabla 5.50**

*Aplicación de urea: cantidad anual de urea aplicada 2000-2019 (toneladas)*

Años	Arroz	Maíz	Caña de azúcar (ha)	Total (ha)
2000	43	11	30,861	30,915
2001	42	11	22,844	22,897
2002	65	16	29,440	29,521
2003	128	32	26,210	26,370
2004	29	7	30,996	31,033
2005	84	21	31,420	31,525
2006	43	11	31,559	31,613
2007	112	28	32,222	32,362
2008	304	76	32,078	32,457
2009	63	16	30,627	30,706
2010	4	1	31,503	31,508
2011	0	0	29,564	29,564
2012	168	42	30,634	30,844
2013	75	19	33,796	33,890
2014	54	14	36,247	36,315
2015	540	135	37,281	37,955
2016	1,117	279	23,597	24,993
2017	206	52	22,374	22,632
2018	63	16	28,059	28,138
2019	954	239	21,396	22,589

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 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 5.51).

**Tabla 5.51**

*Aplicación de urea: factor de emisión aplicado*

Categoría	[t de C (t de urea) <sup>-1</sup> ]
Urea	0.20

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en la Sección 11.4.2, Capítulo 11, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

### 5.9.4. 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*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *aplicación de urea* fue  $\pm 39.1\%$  (Tabla 5.52). 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 den cuenta de las circunstancias nacionales.

**Tabla 5.52**

*Aplicación de urea: 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.H. Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	25.0%	30.0%	39.1%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, las estimaciones se realizaron utilizando una sola metodología de las *Directrices del IPCC de 2006*. Al igual que en la serie anterior.

### 5.9.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.2, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 5.9.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

En el caso de *aplicación de urea*, no se registraron observaciones durante el proceso de revisión.

### 5.9.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para la *aplicación de la urea* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 5.2.5.2.

### 5.9.5.3. Actividades específicas de verificación

No se implementaron actividades de verificación para esta categoría.

### 5.9.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría para los años 2018 y 2019 debido a la disposición de nuevos datos de actividad. Adicional, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuesto y la misma data en comparación con el INGEI anterior.

### 5.9.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

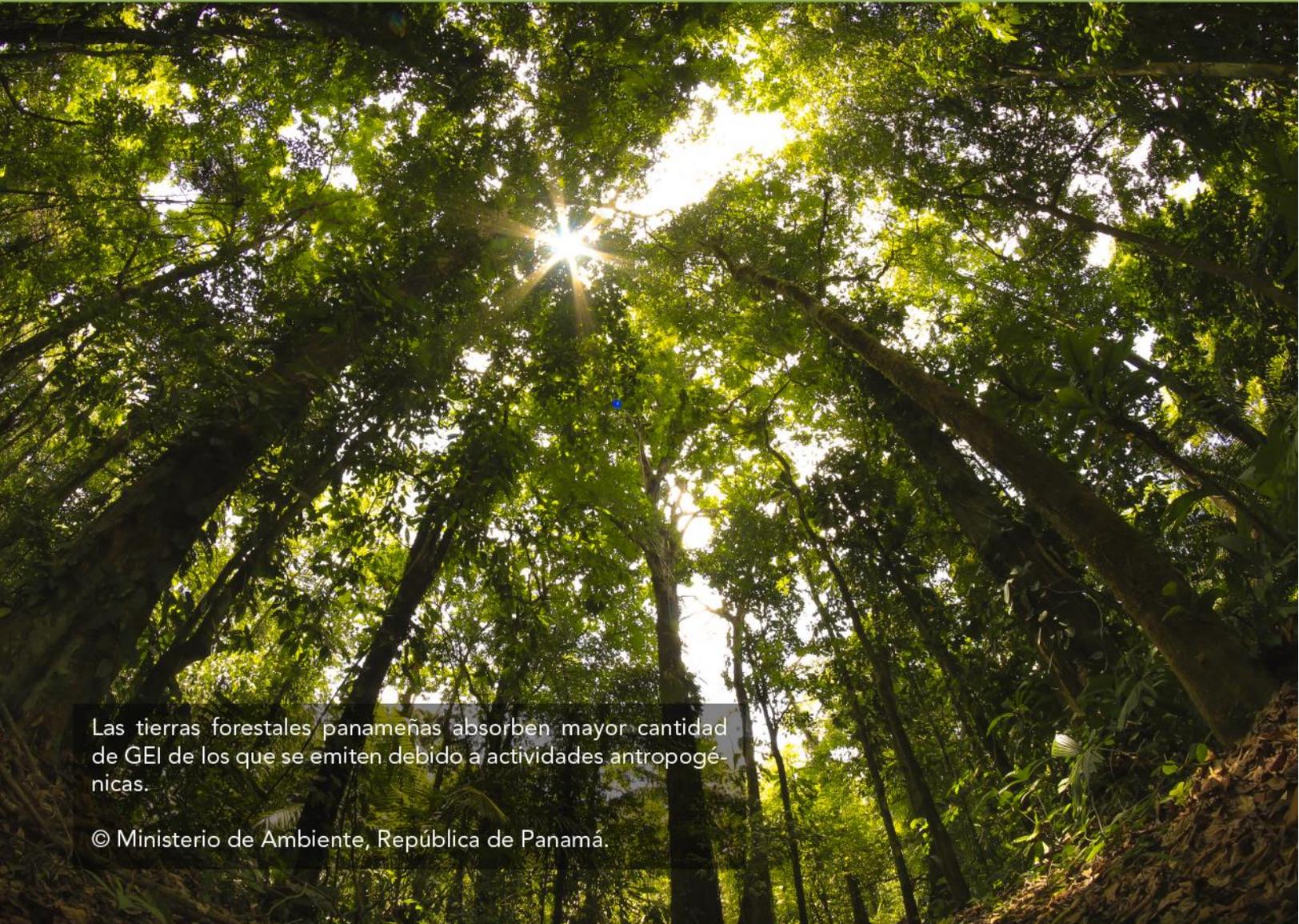
A pesar de que *aplicación de urea* no es una categoría principal, por lo tanto, la prioridad para la implementación de mejoras es baja. Panamá avanzará en la revisión de los datos de actividad presentado por la Autoridad Nacional de Aduanas y comparará con los utilizados en la serie temporal.

## 5.10. Otros fertilizantes que contienen carbono (FCR 3.I)

Esta categoría no ocurre en el país.

---

# 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 (FCR 4)

En este capítulo se incluye todo aspecto metodológico considerado para la estimación de las emisiones de GEI y absorciones de CO<sub>2</sub> 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, 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> y no CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) 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 CO<sub>2</sub> por actividades que impactan la biomasa (biomasa aérea y subterránea), la materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) y a los suelos (materia orgánica del suelo). Las categorías de uso de la tierra (LU) incluidas son *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 capacidades.

#### 6.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones y absorciones de GEI incluidas en el inventario del sector UTCUTS para 2019 (Tabla 6. 1), fueron -30,439.1kt CO<sub>2</sub>, 169.3 kt CH<sub>4</sub> y 97.1kt N<sub>2</sub>O. El sector UTCUTS es el único sector que registra absorciones netas de CO<sub>2</sub>, 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 UTCUTS.

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 2019, fueron 5.88 kt NO<sub>x</sub> y 131.99 kt CO.

**Tabla 6. 1.**

*Sector UTCUTS: emisiones y absorciones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2019*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)
<b>4.</b>	<b>Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>-30,439.1</b>	<b>7.6</b>	<b>0.42</b>					<b>6.5</b>	<b>158.3</b>	<b>NA, NO</b>
4.A.	Tierras forestales	<b>-34,055.8</b>	<b>2.7</b>	<b>0.12</b>					<b>1.6</b>	<b>50.1</b>	NA, NO
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	-30,561.2	2.7	0.1					1.6	50.1	NA
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	-3,494.6	NO	NO					NO	NO	NO
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-430.9	NO	NO					NO	NO	NO
4.A.2.b.	Pastizales convertidos en tierras forestales	-2,958.8	NO	NO					NO	NO	NO
4.A.2.c.	Humedales convertidos en tierras forestales	NO	NO	NO					NO	NO	NO
4.A.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras forestales	-9.9	NO	NO					NO	NO	NO
4.A.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras forestales	-95.0	NO	NO					NO	NO	NO
4.B.	Tierras de cultivo	513.4	1.0	0.0					0.4	17.6	NA
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NE	IE	IE					IE	IE	NA
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	513.4	1.0	NO					0.4	17.6	NA
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	537.4	1.0	NO					0.3	15.7	NA
4.B.2.b.	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	-24.0	0.1	NO					0.1	1.9	NA
4.B.2.c.	Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.B.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO					NO	NO	NO
4.B.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	NO	NO	NO					NO	NO	NO
4.C.	Pastizales	3,076.4	3.8	0.3					4.5	90.5	NA, NO
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	NE, IE	2.3	0.2					3.9	64.2	NA
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	3,076.4	NO	NO					NO	NO	NA, NO
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	2,961.0	1,568.1	57.0					626.1	26,265.3	NA
4.C.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	115.4	NO	NO					NO	NO	NO
4.C.2.c.	Humedales convertidos en pastizales	NO	NO	NO					NO	NO	NO
4.C.2.d.	Asentamientos convertidos en pastizales	NO	NE, NA	NE, NA					NE, NA	NE, NA	NE, NA
4.C.2.e.	Otras tierras convertidas en pastizales	NO	NO	NO					NO	NO	NO
4.D.	Humedales	NE, NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE, NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.D.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.D.2.c.	Pastizales convertidos en humedales	NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.D.2.d.	Asentamientos convertidos en humedales	NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.D.2.e.	Otras tierras convertidas en humedales	NO	NE	NA					NA	NA	NA
4.E.	Asentamientos	26.9	NA	NA					NA	NA	NA
4.E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NA	NA					NA	NA	NA

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	26.9	NA	NA					NA	NA	NA
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.E.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	16.5	NA	NA					NA	NA	NA
4.E.2.c.	Pastizales convertidos en asentamientos	10.5	NA	NA					NA	NA	NA
4.E.2.d.	Humedales convertidos en asentamientos	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.E.2.e.	Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.F.	Otras tierras	NE, NO	NA	NA					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	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.F.2.a.	Tierras forestales convertidas en otras tierras	NO	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	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.F.2.d.	Humedales convertidos en otras tierras	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.F.2.e.	Asentamientos convertidos en otras tierras	NO	NA	NA					NA	NA	NA
4.G.	Productos de madera recolectada	NE									
4.H.	Otros (especificar)	NE	NE	NE					NO	NO	NO

**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, 2022

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 57.4 % del balance nacional de GEI en 2019 en términos absolutos. En el mismo año, el balance del sector alcanzó - 30,113.7kt CO<sub>2</sub> eq, aumentando la tendencia de la absorción neta en un 35.8 % desde 2000, pero disminuyendo en un 5.5 % desde 2017 (Tabla 6. 2 y Figura 6. 1). El incremento de las absorciones reflejado desde 2000 se debe en gran medida al aumento en la cobertura de rastrojos y bosques secundarios, en su mayoría proveniente la conversión de pastizales a tierras forestales los cuales aportan al aumento de los stocks de carbono debido al crecimiento de la biomasa de éstos. La leve disminución en los últimos años se debe a que existen menos remociones por parte de las tierras forestales que permanecen como tal, igualmente hay una disminución de conversiones de tierras que cambian a tierras forestales. Sin embargo, a lo largo de la serie se observa una dinámica en que el balance neto tiende a subir y luego descender en algunos años.

Con respecto a las categorías que aportan mayormente al balance nacional de GEI en 2019, en valores absolutos un 89.9 % corresponde a *tierras forestales*, un 8.6 % a *pastizales*, un 1.5 % a *tierras de cultivo* y un 0.1 % a *asentamientos*.

**Tabla 6. 2.**

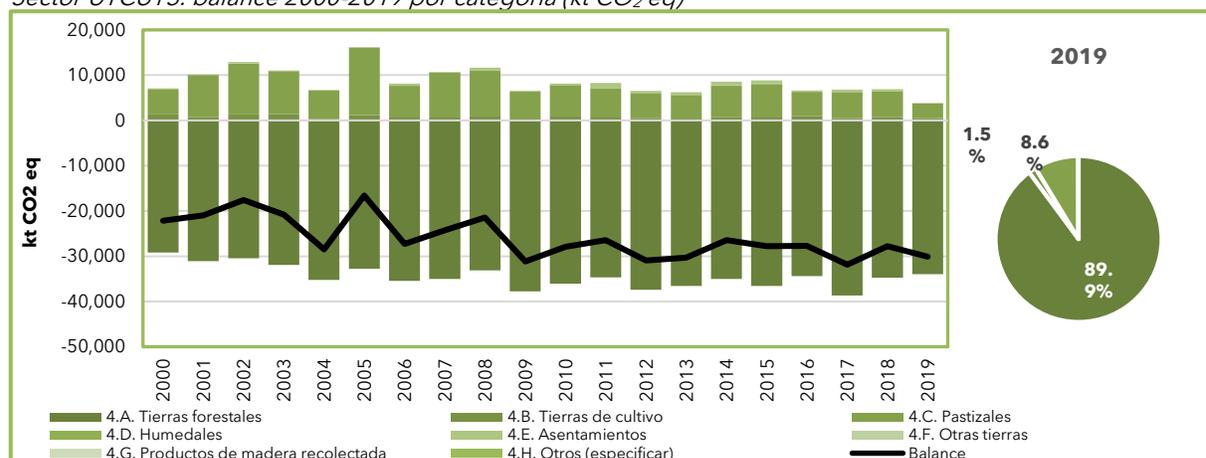
*Sector UTCUTS: balance por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.A. Tierras forestales	-29,213.7	-35,431.7	-34,697.4	-34,363.4	-38,665.8	-34,723.6	-33,947.4
4.B. Tierras de cultivo	1,334.4	815.6	817.2	952.8	454.1	751.4	552.8
4.C. Pastizales	5,506.2	6,799.9	6,192.7	5,373.0	5,803.6	5,694.1	3,254.0
4.D. Humedales	163.7	NO	143.1	25.6	30.3	3.0	NO
4.E. Asentamientos	28.7	545.8	1,118.3	270.2	511.2	449.8	26.9
4.F. Otras tierras	NO	NO	NO	59.0	NO	50.3	NO
<b>Balance</b>	<b>-22,180.6</b>	<b>-27,270.5</b>	<b>-26,426.1</b>	<b>-27,682.7</b>	<b>-31,866.6</b>	<b>-27,775.0</b>	<b>-30,113.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 1.**

*Sector UTCUTS: balance 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Respecto a la participación de los GEI individuales, el CO<sub>2</sub> domina la contribución al balance de toda la serie temporal, representando un muy importante 98.9 % en 2019, mientras que el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en conjunto no superan el 1.1 % (Tabla 6. 3 y Figura 6. 2). Respecto a los gases precursores, se reportan emisiones de CO y NO<sub>x</sub> producto de las quemas de biomasa de *tierras forestales*, de *tierras de cultivo* y *pastizales*.

**Tabla 6. 3.**

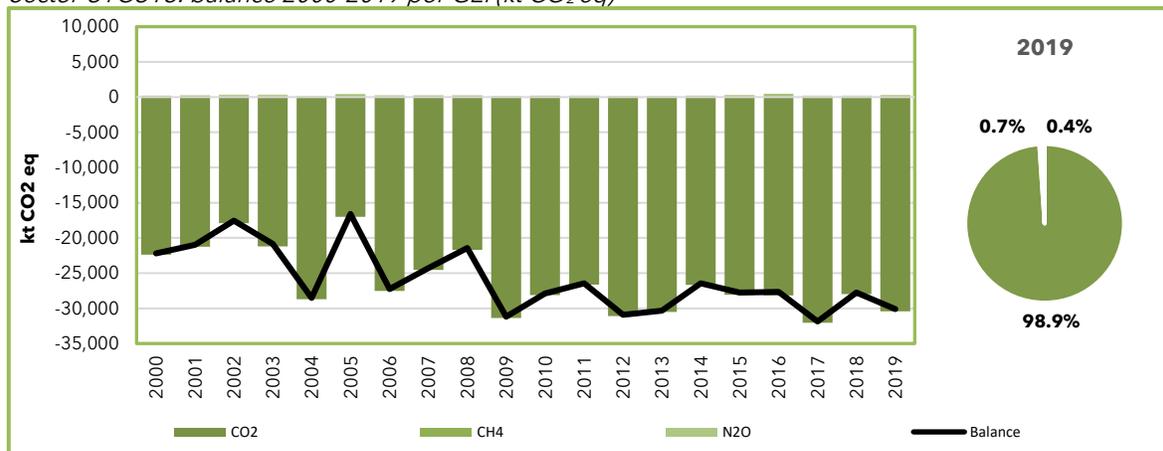
Sector UTCUTS: balance 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

GEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CO <sub>2</sub>	-22,383.2	-17,024.0	-28,115.9	-30,512.1	-32,067.4	-27,968.9	-30,439.1
CH <sub>4</sub>	152.9	315.9	164.0	124.3	142.8	136.9	213.2
N <sub>2</sub> O	49.7	111.0	57.0	45.8	58.0	57.1	112.2
<b>Balance</b>	<b>-22,180.6</b>	<b>-16,597.1</b>	<b>-27,895.0</b>	<b>-30,342.1</b>	<b>-31,866.6</b>	<b>-27,775.0</b>	<b>-30,113.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 2.**

Sector UTCUTS: balance 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

El resumen de los cambios de las existencias de carbono del sector UTCUTS y sus categorías se encuentra en el ANEXO 3.2.1.

### 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 AFOLU estimadas como la suma de los cambios en todas las categorías de uso de la tierra

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

Fuente: Ecuación 2.1, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- AFOLU = agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
- FL = tierras forestales
- CL = tierras de cultivo
- GL = pastizales
- WL = humedales
- SL = asentamientos
- OL = otras tierras

Y 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:

- $\Delta C_{LU}$  = 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.

### 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:

- $\Delta C_{LU_i}$  = 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, extracción de madera para el consumo (cosecha), y degradación; 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:

- $\Delta C$  = cambio en las existencias anuales de C del depósito, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = ganancia anual de C, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_L$  = pérdida anual de C, t C año<sup>-1</sup>

Adicionalmente, se estiman las emisiones de gases no CO<sub>2</sub> usando la Ecuación 6.5 para emisiones de no CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, t gas no CO<sub>2</sub>
- 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.

Para la estimación de las emisiones de GEI y absorciones de CO<sub>2</sub> 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: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI*

Cód.	Fuente y Sumidero de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
<b>4.</b>	<b>Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>T1,T2, NA, NE, NO</b>	<b>PE,D, OT, NA, NE, NO</b>	<b>T1,T2, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE,D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T1,T2, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, PE, IE, NA, OT, NE, NO</b>
4.A.	Tierras forestales	T1,T2, NO	PE,D, OT, NO	T1,T2, NA, NO	PE,D	T1,T2	PE,D
4.B.	Tierras de cultivo	T1,T2, NA, NE, NO	PE,D, NA, NE, NO	T1, T2, IE, NO	PE,D	T1, T2, NO, NA	PE,D, IE, NA, NO
4.C.	Pastizales	T1,T2, NA, NO	PE, D, NA,NO	T1, NE, NA, NO	PE,D, NE, NA, NO	T1	PE,D, NE, NA,NO
4.D.	Humedales	T1,T2, NE, NO	D, NE, NO	NE	NE	NA	NA
4.E.	Asentamientos	T1, T2, NA, NO	D, NE, NO	NE	NE	NA	NA
4.F.	Otras tierras	T1, T2, NO, NA	D, NE, NO	NE	NE	NA	NA
4.G.	Productos de recolectada de madera	NE	NE	N/A	N/A	N/A	N/A
4.H.	Otros (especificar)	NE	NE	NE	NE	NE	NE

**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, 2022

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 rastrojo a bosque secundario, o de bosque maduro a secundario; 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*, así como para *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.*

Con respecto a los datos de actividad, estos consisten en datos geospaciales, aquellos generados por medio análisis de imágenes satelitales y también otros datos de actividad como aprovechamiento forestal, reforestaciones, consumo de leña, incendios y quemas en bosques, cultivos y pastos; superficies taladas y quemadas (conversión de bosques y cultivos permanentes); así como determinación del incremento medio anual de la biomasa, que a su vez es estimado a través de la recopilación y análisis de la densidad de la madera de las especies utilizadas en los aprovechamientos forestales y para leña, y ecuaciones para definir volúmenes o con rollizos. Las principales fuentes de información son INEC, MiAMBIENTE, MIDA, FAO, y la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), aunque también existen otras fuentes complementarias, como informes técnicos del MiAMBIENTE, destacando el *Inventario nacional forestal y de carbono de Panamá* (INFC).

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*.

## 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 CO<sub>2</sub> 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, 2018a). 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 solamente las categorías de *tierras forestales* y *tierras de cultivo* fueron a su vez segregadas en diferentes tipos de *tierra forestal*; así como cultivos anuales y perennes, respectivamente. En la Tabla 6. 5 se puede observar la homologación entre las definiciones de los diferentes usos de la tierra que Panamá utiliza y las categorías del IPCC, al igual que las diferentes segregaciones de tipos de uso para *tierras forestales* y *tierras de cultivo*.

**Tabla 6. 5.**

*Homologación entre las definiciones de uso de la tierra de las Directrices del IPCC de 2006 y Panamá*

<i>Categoría de uso de la tierra IPCC</i>	<i>Definición IPCC</i>	<i>Subdivisión según Panamá</i>	<i>Definición de Panamá</i>
<i>Tierras forestales</i>	<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</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
		Plantación conífera	

<i>Categoría de uso de la tierra IPCC</i>	<i>Definición IPCC</i>	<i>Subdivisión según Panamá</i>	<i>Definición de Panamá</i>
	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> .		protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos.
		Manglar	Grupo de árboles, arbustos, matorrales, algunos helechos y/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.
		Rastrojo	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.
<i>Tierras de cultivo</i>	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> .	Cultivo anual	
		Cultivo perenne	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").
<i>Pastizales</i>	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.
<i>Humedales</i>	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	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.
<i>Asentamiento</i>	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.
<i>Otras tierras</i>	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, 2022

A su vez, 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), así como según las prácticas de laboreo y entrada de materia orgánica (para *tierras de cultivos*) y tipos de pastos (para pastizales) (Tabla 6. 6). En Panamá, al no contar con datos georreferenciados de la gestión de cultivos y pastos, se procedió a escoger valores de las prácticas que predominan en el país.

**Tabla 6. 6.**

*Segregación aplicada a las subcategorías de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra en el contexto nacional*

<i>Región Climática</i>	<i>Tipos suelo</i>
Tropical Montano	Suelo de arcilla de alta actividad
Tropical muy húmedo	Suelo de arcilla de baja actividad
Tropical húmedo	Suelo volcánico
<i>Prácticas de laboreo</i>	<i>Entrada de materia orgánica</i>
Laboreo total	Entrada alta
Laboreo reducido	Entrada media
Sin laboreo	Entrada baja
<i>Tipos de Pastos*</i>	
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, 2022

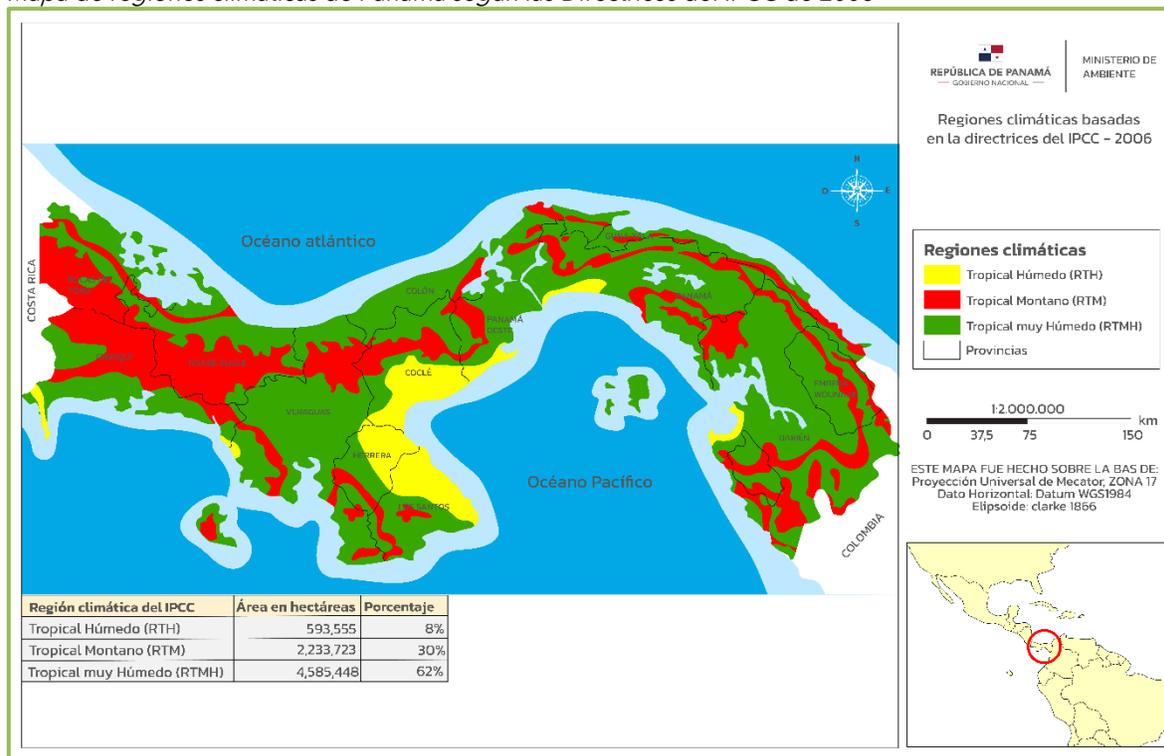
### 6.2.2. Clasificación de las regiones climáticas

Para agrupar los datos de actividad por región climática, se empleó el mapa de Regiones Climáticas Figura 6. 3 elaborado por el equipo técnico de la Dirección de Cambio Climático y la Dirección de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente. Se recopilaron los datos históricos 1970-2019 de las estaciones meteorológicas de la red de hidrometeorología de ETESA. Debido a que no se cuenta con criterios y límite para la precipitación mínima que se utiliza para determinar si un mes es considerado seco o lluvioso; con la finalidad de realizar un análisis comparativo, se optó por establecer 3 rangos de precipitaciones. Estos tres rangos son: a) meses sin precipitación, b) meses con precipitación <5 mm, y c) meses con precipitación <10 mm. Las regiones climáticas con expresión en Panamá, de acuerdo con el análisis realizado, basado en las similitudes y mayor ajuste o acercamiento de las zonas de vida de Holdridge con los rangos y límites de precipitación, temperatura y altitud de las regiones climáticas del IPCC.

Las parcelas del Mapatón 2021 se proyectaron sobre el mapa de regiones climáticas y se usó la herramienta Intersecar 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 y 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, se realizó una evaluación de las equivalencias de los suelos de Panamá con las categorías de suelos de las *Directrices del IPCC de 2006* que se utilizan para las estimaciones de las emisiones en los inventarios. Para esta evaluación, se realizaron consultas al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP) (Ver IIN 2020).

Sin embargo, a raíz de que las emisiones provenientes de los cambios anuales de la existencia de carbono en los diferentes tipos de suelo no son mayores del 1% del total de las emisiones de UTCUTS y que los suelos arcillosos de baja actividad ocupan un poco más del 86% de la superficie del país y los suelos arcillosos de alta actividad y suelos volcánicos ocupan el 12% y 2%, respectivamente. Para esta serie temporal se tomó la decisión técnica de asumir los suelos en su totalidad como arcillosos de baja actividad.

### 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*). El Método 3 se caracteriza por las observaciones explícitas en el espacio de las categorías de uso de la tierra y de las conversiones

del uso de la tierra, a menudo realizando el seguimiento de patrones en ubicaciones en un punto específico o empleando mapas cuadrículados, como los que se obtienen de las imágenes por detección remota. Los datos pueden obtenerse mediante muestreos varios, técnicas de mapeo detallado o una combinación de los dos métodos.

En Panamá, la representación de las tierras se desarrolló bajo el Método 3 de las Directrices del IPCC de 2006. Contando con datos de actividad año a año en una serie que comprende información desde 2000 hasta 2019, utilizando el software Collect Earth Online los cuales fueron levantados a través de la actividad denominada *Mapatón 2021* y fueron sometidos a un proceso de revisión por un panel de expertos de la CMNUCC indicando que son transparentes, completos y consistentes en general con las Directrices contenidas en el anexo a la decisión 12/CP.17.<sup>25</sup>

Para este inventario se redefinió el año de inicio, partiendo 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. 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.

La metodología que se utilizó en la INGEI anterior implicó el uso de mapas de 1990 y 2000. Como referencia se utilizaron los datos de uso de la tierra del año 2000, reportados por el Mapatón 2017 y fue requerido homologar las categorías de tierras forestales entre los distintos años, a través de criterio de expertos, ya que el mapa de 1990 únicamente registró el uso de la tierra para seis categorías. Por lo tanto, la metodología no era consistente para estos años en comparación con el resto de la serie 2000 - 2017, en los cuales se empleó un muestreo estadístico de fotointerpretación con Collect Earth. Esta decisión metodológica fue tomada para poder contar con una serie temporal consistente.

*Aunado a lo expresado en el párrafo anterior, y dado que Panamá, se comprometió a contar con inventarios cada vez más robustos, comparables y consistentes, se hace necesario hacer uso de la flexibilidad del Marco Reforzado de Transparencia, y esta serie de inventario abarca los años desde 2000 en adelante.*

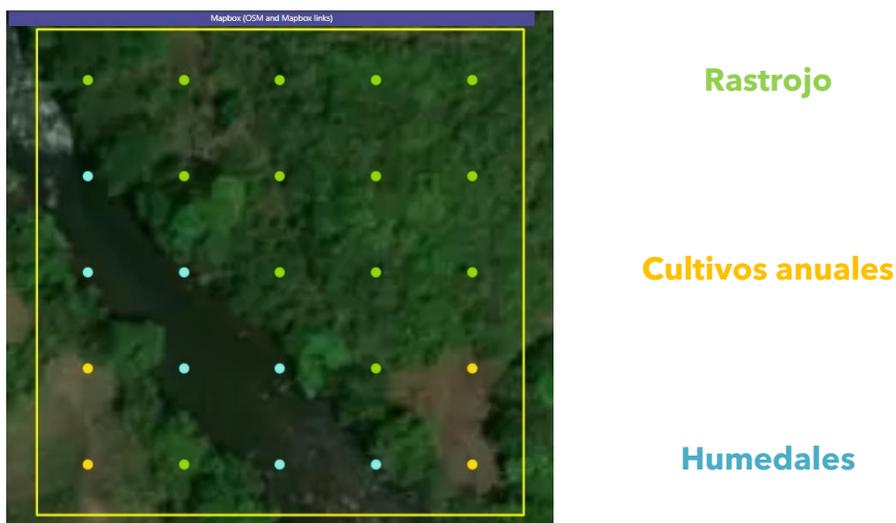
Los datos de actividad provienen de una iniciativa nacional denominada *Proyecto Mapatón 2021*, en continuación a la iniciativa previa denominada *Mapatón 2017*. Esta iniciativa fue ejecutada por el equipo técnico de Ministerio de Ambiente, con el apoyo de FAO y asistencia técnica del Servicio Forestal de los Estados Unidos de América. Los empleando la herramienta Collect Earth Online (CEO).

<sup>25</sup> 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](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tar2018_PAN.pdf)

La base de datos del *Mapatón 2021* consta de 9,800 parcelas distribuidas aleatoriamente en cuatro estratos estadísticos (muestreo aleatorio estratificado). La unidad de muestreo 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 ejemplo, en cada uno de los 25 puntos de muestreo dentro de una parcela se debía registrar un uso de la tierra, y al no haber un sistema de validación dentro de CEO para transiciones incorrectas, el resultado fue que se registraron una gran cantidad de categorías de cambio de uso de la tierra que no son ecológicamente posibles en el periodo de un año. A estos cambios se les

denominó “transiciones ilógicas” y requirieron un proceso exhaustivo de control de calidad.

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 realizó en el mes de junio y julio de 2021.

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 (FCR 4.A)

### 6.4.1. Descripción de la categoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> y no CO<sub>2</sub>, 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; al igual que debido a cambios de uso de la tierra dentro de los tipos de tierra forestal del país; así como el 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 *tierras forestales* alcanzan una superficie de 4,951,338 ha en el país para 2019, de las cuales 98.4 % corresponden a tierras de bosque nativo y 1.6% a plantaciones forestales. Los bosques nativos (4,871,173 ha) se subdivide en *bosque maduro, bosque secundario, bosque de manglares, y rastrojo*. En cuanto a las plantaciones forestales (80,164 ha), en el país se diferencia la por *plantaciones de latifoliadas* (mayormente teca) y *plantaciones de coníferas* (en su totalidad especies de pinos).

Adicionalmente, es importante explicitar las siguientes definiciones y conceptos específicos que se aplican en Panamá:

- 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*

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 crecimiento 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 %.

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 (al ir a campo para verificar las parcelas que previamente fueron clasificadas mediante el *Mapatón* 2021).

**Figura 6. 5.**

*Vista de un rastrojo en campo.*



**Fuente:** Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

*Observación:* Es importante notar que, para esta serie temporal no se incluye la tipología de tierra forestal “bosques intervenidos”. Debido a que, en discusiones técnica, se determinó que los bosques intervenidos no son un tipo de tierra forestal como tal, sino que estas intervenciones (extracciones y perturbaciones) se despliegan a lo largo de los distintos tipos de tierras forestales, y en la práctica es complicado hacer la diferenciación de un bosque intervenido de uno que no lo es. Adicional, esto puede incrementar los errores en la estimación. Las perturbaciones y extracciones de volumen de madera se atribuyen a bosques maduros, ya que, en la práctica, es en estos tipos de bosques donde se da la mayor extracción debido a que tiene mayor área basal. Igualmente, para consideraciones sobre la extracción de leña, se distribuyó de la siguiente manera: un 20% de las al Bosque maduro, un 30% al bosque secundario, y un 50% a los rastrojos.

#### **6.4.2. Tendencia de los GEI de la categoría**

En 2019, el balance contabilizó -33,947.4 kt CO<sub>2</sub> eq, aumentando la tendencia de absorción neta en un 16.2 % desde 2000, pero disminuyendo en un 12.2 % desde 2017 (Figura 6. 6 y Tabla 6. 7), esto se debe a que se registra una reducción en las tierras de pastizales convertidas a tierras forestales; igualmente, se refleja una tendencia a la baja de las absorciones en tierras forestales que permanecen como tales durante estos últimos años. La subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales* representa el 89.7 % del balance de la categoría,

mientras que *tierras convertidas en tierras forestales* representan el restante muy menor 10.3 % en el año 2019.

**Tabla 6. 7.**

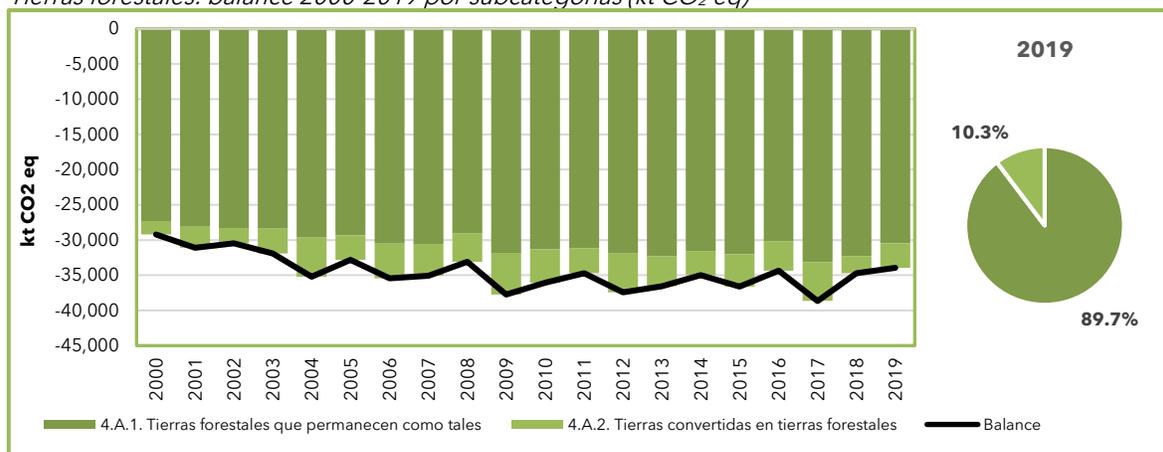
*Tierras forestales: balance por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-27,289.2	-29,343.2	-31,307.3	-32,322.3	-33,148.2	-32,280.1	-30,452.7
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	-1,924.5	-3,459.5	-4,748.8	-4,230.4	-5,517.6	-2,443.4	-3,494.6
<b>Balance</b>	<b>-29,213.7</b>	<b>-32,802.7</b>	<b>-36,056.1</b>	<b>-36,552.7</b>	<b>-38,665.8</b>	<b>-34,723.6</b>	<b>-33,947.4</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 6.**

*Tierras forestales: balance 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Desde un punto de vista relacionado con los tipos de tierra forestal que aportan mayormente al balance de la categoría *tierras forestales* en 2019, un 40.6 % corresponde al balance de GEI para el *rastrojo*, un 32.4 % a *bosque secundario*, y un 13.1 % a *bosques maduros*, un 7 % a *plantaciones latifoliadas*, seguidos por *bosques de manglar* con 6.3% y *plantaciones coníferas* con un 0.6 % solamente (Tabla 6. 8 y Figura 6. 7.). Esto demuestra la relevancia significativa que tienen las subcategorías de rastrojos y bosques secundarios. Para los manglares se utilizó un factor de emisión de crecimiento medio anual de biomasa propio del país utilizando como fuente de información artículos científicos desarrollados en Panamá (ver ANEXO 3.2.4). Sin embargo, a pesar de esta mejora, se puede notar que la contribución de los mismos se ha mantenido constante a lo largo de la serie temporal, y esto en parte a que mucha de la pérdida de manglares de dio en años anteriores al 2000.

**Tabla 6. 8.**

*Tierras forestales: balance por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

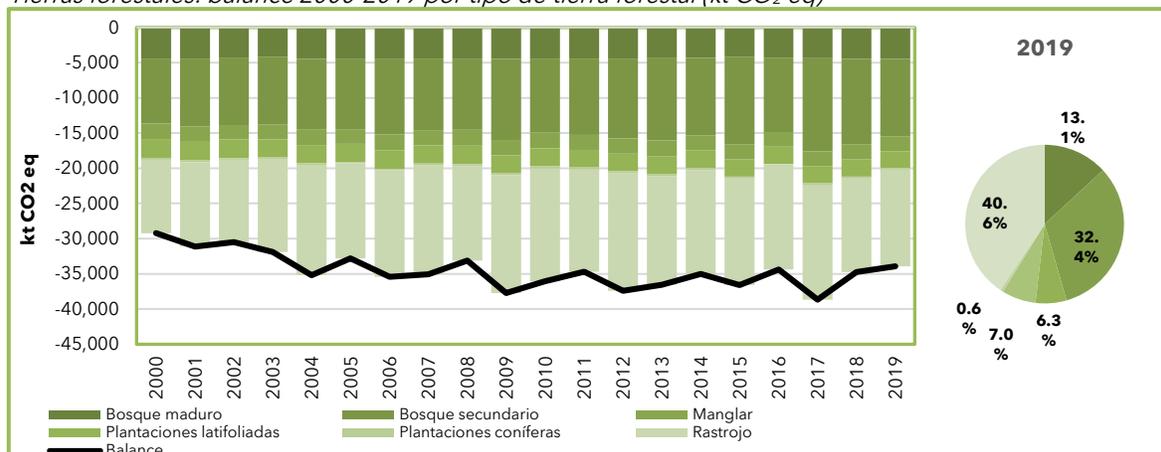
Tipo de tierra forestal	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Bosque maduro	-4,406.6	-4,488.5	-4,439.6	-4,356.8	-4,353.8	-4,475.7	-4,455.9
Bosque secundario	-9,249.7	-9,981.7	-10,471.0	-11,655.8	-13,280.7	-12,078.1	-10,999.0
Manglar	-2,196.6	-2,064.5	-2,243.2	-2,301.6	-2,085.7	-2,123.5	-2,142.3
Plantaciones latifoliadas	-2,649.0	-2,584.2	-2,551.4	-2,549.5	-2,401.9	-2,502.2	-2,368.7

Plantaciones coníferas	-292.4	-144.9	-333.6	-210.3	-321.5	-275.5	-203.4
Rastrojo	-10,419.4	-13,538.8	-16,017.2	-15,478.6	-16,222.1	-13,268.6	-13,778.0
<b>Balance</b>	<b>-29,213.7</b>	<b>-32,802.7</b>	<b>-36,056.1</b>	<b>-36,552.7</b>	<b>-38,665.8</b>	<b>-34,723.6</b>	<b>-33,947.4</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Figura 6. 7.

Tierras forestales: balance 2000-2019 por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 6.4.2.1. Tierras forestales que permanecen como tales (FCR 4.A.1)

En 2019, el balance de esta subcategoría contabilizó -30,452.7kt CO<sub>2</sub> eq. Este valor representa un aumento de la absorción neta de un 11.6 % con respecto a 2000 y una disminución del 8.1 % con respecto a 2017 (Tabla 6. 9).

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 2019, el incremento anual de biomasa representa un 86.6 % del balance neto en Tierras forestales que permanecen como tales, seguido por el cambio entre categorías de tierras forestales (CEC) con el 6.0%, seguido por incendios con un 3.2% y la extracción de leña con un 2.8 %, las remociones de madera como cosecha (extracción de madera) con un 1.0 %, y finalmente materia orgánica muerta con 0.2% (Figura 6. 8).

Tabla 6. 9.

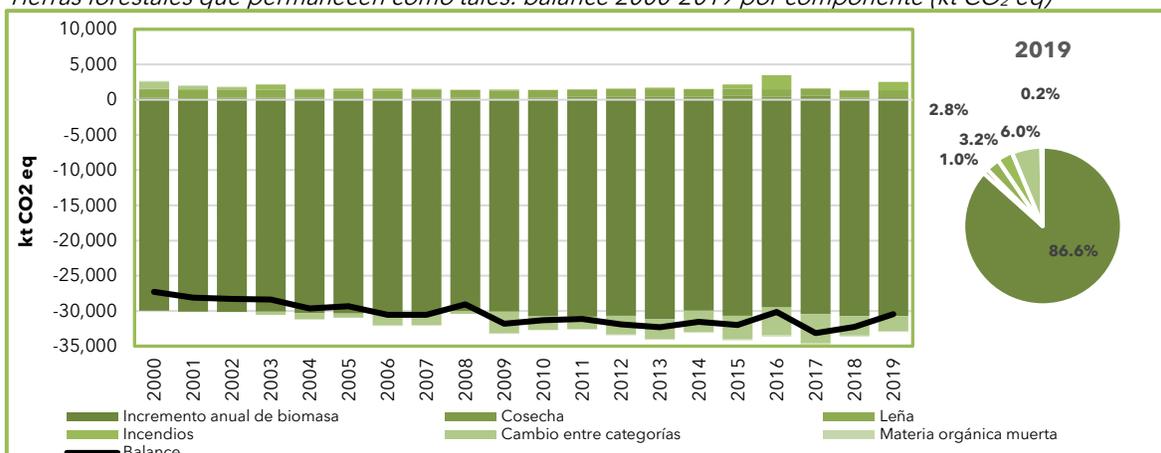
Tierras forestales que permanecen como tales: balance por componente (kt CO<sub>2</sub> eq)

Componentes	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
Incremento anual de biomasa	-29,945.5	-30,362.7	-30,789.0	-31,174.0	-30,474.2	-30,720.6	-30,738.1
Cosecha	333.2	226.9	310.6	434.5	518.6	260.3	368.0
Leña	1,135.4	1,098.0	1,065.4	1,045.6	1,020.0	1,013.7	1,007.4
Incendios	55.2	274.1	33.0	250.7	72.4	81.0	1,138.0
Cambio entre categorías	1,042.0	-589.0	-1,863.5	-2,775.9	-4,074.4	-2,766.6	-2,142.2
Materia orgánica muerta	90.4	9.7	-63.7	-103.3	-210.5	-147.9	-85.8
<b>Balance</b>	<b>-27,289.2</b>	<b>-29,343.2</b>	<b>-31,307.3</b>	<b>-32,322.3</b>	<b>-33,148.2</b>	<b>-32,280.1</b>	<b>-30,452.7</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 8.**

*Tierras forestales que permanecen como tales: balance 2000-2019 por componente (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.4.2.2. Tierras convertidas en tierras forestales (FCR 4.A.2)

En 2019, el balance de las *tierras convertidas en tierras forestales* contabilizó -3,494.6 kt CO<sub>2</sub> eq. Este valor representa un aumento de la absorción neta de 81.6 % con respecto a 2000, y una disminución de la absorción neta en un 36.7 % con respecto a 2017 (Figura 6. 9 y Tabla 6. 10). 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. 10.**

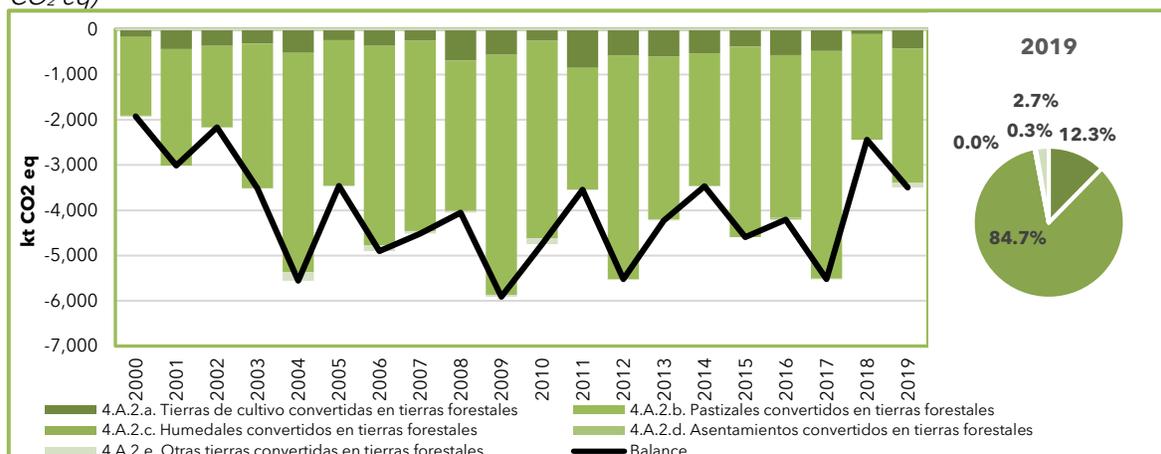
*Tierras convertidas en tierras forestales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.A.2.a. Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-169.4	-242.8	-254.5	-607.8	-480.7	-105.3	-430.9
4.A.2.b. Pastizales convertidos en tierras forestales	-1,739.9	-3,216.8	-4,363.1	-3,568.6	-5,020.5	-2,338.1	-2,958.8
4.A.2.c. Humedales convertidos en tierras forestales	-15.2	NO	NO	-22.8	NO	NO	NO
4.A.2.d. Asentamientos convertidos en tierras forestales	NO	NO	NO	NO	-16.4	NO	-9.9
4.A.2.e. Otras tierras convertidas en tierras forestales	NO	NO	-131.2	-31.1	NO	NO	-95.0
<b>Balance</b>	<b>-1,924.5</b>	<b>-3,459.5</b>	<b>-4,748.8</b>	<b>-4,230.4</b>	<b>-5,517.6</b>	<b>-2,443.4</b>	<b>-3,494.6</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 9.**

Tierras convertidas en tierras forestales: balance 2000-2019 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.4.3. 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. 11 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 6. 11.**

Tierras forestales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2019

Código	Fuente y Sumidero de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
<b>4.A.</b>	<b>Tierras forestales</b>	<b>T1,T2, NO</b>	<b>PE,D, OT, NO</b>	<b>T1,T2, NA, NO</b>	<b>PE,D</b>	<b>T1,T2</b>	<b>PE,D</b>
<b>4.A.1</b>	<b>Tierras forestales que permanecen como tal</b>	<b>T1, T2, NO</b>	<b>D, PE, OT, NO</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D, PE</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D, PE</b>
<b>4.A.2</b>	<b>Tierras convertidas en tierras forestales</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D, PE, OT</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
4.A.2.a	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	T1,T2	D, PE	NO	NO	NO	NO
4.A.2.b	Pastizales convertidos en tierras forestales	T1,T2	D, PE	NO	NO	NO	NO
4.A.2.c	Humedales convertidos en tierras forestales	T1, T2	D, PE, OT	NO	NO	NO	NO
4.A.2.d	Asentamientos convertidos en tierras forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.A.2.e	Otras tierras convertidas en tierras forestales	T1, T2,	D, PE, OT	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE

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, 2022

### 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:

- $\Delta C_R$  = cambio anual en las existencias de C en la biomasa (aérea y subterránea), considerando la superficie total, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = incremento anual de las existencias de C debido al crecimiento de la biomasa considerando la superficie total, t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_L$  = reducción anual de las existencias de C debida a la pérdida de biomasa considerando la superficie total, t C año<sup>-1</sup>

#### *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:

- $\Delta C_G$  = 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<sup>-1</sup>)
- 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<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)
- 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)<sup>-1</sup>

#### *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

$$\Delta C_L = L_{\text{remoción-bosques}} + L_{\text{madera-combustible}} + L_{\text{perturbación}}$$

Fuente: Ecuación 2.11, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $\Delta C_L$  = 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<sup>-1</sup>
- $L_{\text{remoción-bosques}}$  = pérdida anual de C debida a remoción de bosques, t C año<sup>-1</sup> (Ecuación 6.10)
- $L_{\text{madera-combustible}}$  = pérdida anual de C en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año<sup>-1</sup> (Ecuación 6.11)
- $L_{\text{perturbación}}$  = pérdidas anuales de C en la biomasa debidas a perturbaciones, t C año<sup>-1</sup> (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

$$L_{\text{remoción-bosques}} = \{H \times BCEF_R \times (1 + R) \times CF\}$$

Fuente: Ecuación 2.12, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{\text{remoción-bosques}}$  = pérdida anual de C debida a la remoción de bosques, t C año<sup>-1</sup>
- H = remociones anuales de bosques, rollizos, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>
- R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en t m.s. de biomasa subterránea (t m.s. de biomasa aérea)<sup>-1</sup>.
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>
- 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 (m<sup>3</sup> 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

$$L_{\text{madera-combustible}} = \{[FG_{\text{árboles}} \times BCEF_R \times (1 + R)] + FG_{\text{parte}} \times D\} \times CF$$

Fuente: Ecuación 2.13, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{\text{madera-combustible}}$  = pérdida anual de C en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año<sup>-1</sup>
- $FG_{\text{árboles}}$  = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>
- $FG_{\text{parte}}$  = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>
- $D$  = densidad básica de la madera, t m.s. m<sup>-3</sup>
- $CF$  = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>

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*

$$L_{\text{perturbación}} = \{A_{\text{perturbación}} \times B_w \times (1 + R) \times CF \times fd\}$$

Fuente: Ecuación 2.14, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{\text{perturbación}}$  = otras pérdidas anuales de C (t C año<sup>-1</sup>)
- $A_{\text{perturbación}}$  = superficie afectada por perturbaciones (ha año<sup>-1</sup>)
- $B_w$  = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, t ms ha<sup>-1</sup>
- $CF$  = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>
- $fd$  = fracción de biomasa perdida por perturbaciones

Los valores de  $fd$  utilizados fueron generados con base en los datos del INFC y estimaciones basadas en juicios técnicos sobre la fracción de biomasa que es afectada por incendios en bosques en pie (incluye MOM; sotobosque, árboles deteriorados por causas fitosanitarias y árboles en decadencia). Para el cálculo de emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> 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.

### Emisiones de gases no CO<sub>2</sub>

Además de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la *cosecha* de madera y perturbaciones, se estimaron emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O 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:

- $L_{\text{fuego}}$  = 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<sup>-1</sup>. 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
- $G_{\text{ef}}$  = factor de emisión, g kg<sup>-1</sup> 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:

- $\Delta C_B$  = cambio anual en las existencias de C de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_G$  = 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<sup>-1</sup>
- $\Delta C_{\text{conversión}}$  = cambio inicial en las existencias de C de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de LU, en t C año<sup>-1</sup>
- $\Delta C_L$  = 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<sup>-1</sup>

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<sup>-1</sup>
- $B_{DESPUES_i}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $B_{ANTES_i}$  = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, t m.s. ha<sup>-1</sup>
- $\Delta A_{Aotras}$  = superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de LU en un año dado, ha año<sup>-1</sup>
- CF = fracción de C de materia seca, t C (t m.s.)<sup>-1</sup>
- 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:

- $\Delta A_{DOM}$  = cambio en las existencias anuales de C en madera muerta u hojarasca, t C año<sup>-1</sup>
- $C_o$  = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de LU, t C ha<sup>-1</sup>
- $C_n$  = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de LU, t C ha<sup>-1</sup>
- $A_{on}$  = 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*

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \times F_{LU_{c,s,i}} \times F_{MG_{c,s,i}} \times F_{I_{c,s,i}} \times A_{c,s,i})$$

Fuente: Ecuación 2.25, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $\Delta C_{minerales}$  = cambio anual en las existencias de C de los suelos minerales, t C año<sup>-1</sup>
  - $SOC_0$  = 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<sup>-1</sup>
  - $F_{LU}$  = 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.

#### 6.4.3.4. Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para *tierras forestales* provienen en su gran mayoría del proceso de levantamiento de datos geoespaciales denominado *Mapatón 2021*; también se recolectó información relacionada a incendios forestales proveído por la DIVEDA del Ministerio de Ambiente, y los volúmenes de extracción para boques naturales y plantados se derivaron de los datos de estadísticas forestales del Ministerio de Ambiente, INEC, y ANARAP; seleccionando las densidades de la madera y ecuaciones más apropiadas según los expertos del sector. El consumo anual de leña se estimó con datos estadísticos de la SNE, y estimando el consumo por hogar establecido por INEC.

##### **Superficie de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra**

Los datos de actividad de la categoría provienen de las matrices de UTCUTS. Estos datos fueron levantados por la Dirección de Cambio Climático con la herramienta Collect Earth Online. Para poder establecer las diferentes coberturas forestales se realizó un trabajo previo de homogenización de las categorías de tierras forestales, en conjunto con la DIFOR de Ministerio de Ambiente. Una vez establecidas los diferentes tipos de bosques en este sistema de clasificación, se anexó a la encuesta de Collect Earth Online para poder obtener los cambios de los bosques y la permanencia de estos. Al final del levantamiento de los datos de actividad geoespaciales se generaron las matrices de UTCUTS (ANEXO 3.2.2.).

Estas matrices se generaron para toda la serie temporal 2000-2019 con la misma definición de bosque, mismo sistema de clasificación y la misma metodología, lo que nos permitió asegurar los principios de transparencia, coherencia, comparabilidad y consistencia.

##### **Remociones anuales de bosques (cosecha)**

En el caso de las plantaciones forestales, la información recopilada sobre madera proveniente de plantaciones forestales (Tabla 6. 12), proviene de en una recopilación de información de distintas fuentes documentadas, así como consultas a expertos del sector forestal y la aplicación de extrapolaciones para el llenado de vacíos de información. Las principales fuentes de información para esta sección son:

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (2009-2016)
- Estadísticas de producción de madera de MiAMBIENTE (2019)

- Asociación Nacional de Reforestadores y Afines de Panamá (datos de teca 2017)
- Dato proporcionado por expertos MiAMBIENTE (1996-2003)
- Datos teca 2002-2005, estimados con base en las estadísticas de reforestación de MiAMBIENTE (1992-2000)
- Extrapolaciones (para teca y pino 2006-2008)

**Tabla 6. 12.**

*Tierras forestales: volumen de madera aprovechado proveniente de bosque plantado (m<sup>3</sup>)*

<i>Año</i>	<i>Plantaciones Coníferas (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Plantaciones Latifoliadas (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Total (m<sup>3</sup>)</i>
2000	462.5	8928.9	9391.4
2005	2225.0	37701.3	39926.3
2010	4890.1	72378.1	77268.2
2013	3954.9	111326.4	115281.3
2017	3705.5	157047.5	160753.1
2018	10842.9	91189.5	102032.4
2019	24106.2	143808.3	167914.6

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

En el caso de la madera de bosque natural: Para armar la serie temporal de datos de actividad referentes a bosque natural (Tabla 6. 13), fue necesaria una combinación de información de fuentes oficiales, así como de un trabajo de interpolaciones para completar los datos faltantes. Las fuentes de información utilizadas y los años de aplicación fueron:

- Evaluación de recursos forestales mundiales, FRA 2005 (2000-2002) (FAO, 2006)
- Datos para 2003, 2004 y 2005 (interpolaciones)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (2006-2016)
- Ministerio de Ambiente (datos 2017-2019)

**Tabla 6. 13.**

*Tierras forestales: volumen de madera aprovechado proveniente de bosque natural (m<sup>3</sup>)*

<i>Año</i>	<i>Volumen rollizo, con corteza (m<sup>3</sup>)</i>
2000	99,002
2005	44,330
2010	45,240
2013	57,745
2017	52,539
2018	13,119
2019	3,663

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### ***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 kbeq. Estos valores totales para cada año fueron sometidos a un proceso de análisis y juicio de

experto para determinar 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 kbe 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. 14).

**Tabla 6. 14.**

*Tierras forestales: consumo anual de leña (m<sup>3</sup>)*

Año	Bosque Maduro (m <sup>3</sup> )	Bosque secundario (m <sup>3</sup> )	Rastrojo (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
2000	341,534	227,689	569,223	1,138,446
2005	330,266	220,177	550,443	1,100,887
2010	320,468	213,645	534,113	1,068,225
2013	314,514	209,676	524,190	1,048,381
2017	306,812	204,541	511,353	1,022,706
2018	304,926	203,284	508,210	1,016,420
2019	303,035	202,024	505,059	1,010,118

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### **Superficie afectada por perturbaciones (incendios forestales)**

Para la recolección de información de daños causados por incendios en *tierras forestales* basados en la superficie anual quemada (Tabla 6. 15), se procedió a la consulta en dos fuentes oficiales, específicamente en datos proporcionados por el Ministerio de Ambiente y a estadísticas ambientales recolectadas por el INEC, para algunas de las coberturas se aplicaron interpolaciones y extrapolaciones, buscando así tener la mayor cantidad de series de datos completos.

Por lo general, las plantaciones que son objeto de incendios son las plantaciones estatales y prácticamente las plantaciones estatales son coníferas (*Pinus caribaea*). Para estas plantaciones, por limitaciones presupuestarias, las medidas preventivas contra incendios son muy limitadas, por lo que son vulnerables a los incendios. Estas se localizan en zonas donde las comunidades locales viven en condiciones de pobreza, donde utilizan las quemas como medios de limpieza de sus cultivos, que son las principales causas de estos incendios. En cambio, las plantaciones privadas son objeto de mayor vigilancia y control contra incendios.

La información estadística disponible, no permite determinar la superficie de plantaciones que se incendia de forma desagregada entre coníferas y latifoliadas, ya que las estadísticas sobre incendios, solo se presentan como incendios de plantaciones, sin diferenciación entre coníferas y latifoliadas.

Debido a esta limitación se solicitó al proveedor de datos (DIVEDA), que, de acuerdo con su experiencia, suministrara una estimación de la proporción de incendios en superficie entre coníferas y latifoliadas. Tal instancia 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. 15.**

*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
2005	355	20	543	889	0	1,544	463	3,459
2010	264	4	48	582	0	92	28	753
2013	179	244	136	1,834	23	1,186	356	3,778
2017	1,466	0	51	1,528	1	171	51	1,803
2018	1,038	0	28	1,126	0	323	97	1,574
2019	1,117	602	9,930	16,445	613	787	236	28,613

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 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*, datos nacionales generados a partir de información recopilada por el INFC, juicios de expertos dictados por expertos nacionales, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 3.2.5) 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.

#### 6.4.4. 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 estimación de los datos geoespaciales. La incertidumbre de la biomasa aérea promedio, para diferentes reservorios por tipo de cobertura boscosa y uso de la tierra, fue reportada por el INFC. 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 las *tierras forestales* varían desde  $\pm 15.7$  a 32 % (Tabla 6. 16). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del CO<sub>2</sub> de *tierras convertidas en tierras forestales*.

**Tabla 6. 16.**

*Tierras forestales: incertidumbre combinada (%)*

<i>Categorías de fuente y sumidero de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (<math>\pm</math> %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (<math>\pm</math> %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (<math>\pm</math> %)</i>
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	IE	15.7%	15.7%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	IE	20.9%	20.9%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	IE	17.2%	17.2%
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	IE	32.0%	32.0%

**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, 2022

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es importante resaltar que, al recalcular cada año de inventario, se utilizaron los mismos factores de emisión y 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*.

#### 6.4.5. 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 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

##### 6.4.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

En cuanto a la garantía de calidad, tomaron en consideración las observaciones detectadas en la serie de inventario anterior.

##### 6.4.5.2. 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 siguientes.

### ***Gestión de los datos de actividad***

En esta ocasión para los datos de actividad generados a través del proceso de *Mapatón 2021*, se realizaron diversas actividades de verificación de los datos y control de calidad.

En cada punto de muestreo (245, 000 puntos en total) se registró una de las doce posibles categorías de uso de la tierra. Este proceso se repitió para cada año de la serie temporal 2000-2019, de tal forma que, para cada punto de muestreo en un período dado, por ejemplo 2000-2001, se puede tener un uso de la tierra que permaneció como tal, o un uso de la tierra que cambió a otro uso de la tierra. De esta forma se tiene que para un período dado (por ejemplo 2000-2001) cada punto de muestreo pudo registrar una de las doce posibles categorías de uso de la tierra que permanecieron como tal, o una de las 132 (máximo teórico) combinaciones posibles de categorías de uso de la tierra que cambiaron.

Se registraron combinaciones de cambio de uso de la tierra que se consideran “ilógicas” ya que estos cambios no pueden darse en el 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 revisaron 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 realizó en el mes de junio y julio de 2021.

Con este control de calidad se excluyeron y corrigieron todas 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.

Por otra parte, para determinar el error del proceso de fotointerpretación, se realizaron visitas en campo, en la cual se pudo determinar los errores por comisión y por omisión. A raíz de este ejercicio se generó una matriz de confusión. Los resultados arrojaron una exactitud del 85% (ANEXO 3.2.3)

### ***Gestión de los datos derivados del INFC***

En esta serie de inventario se utilizó el mismo conjunto de datos del Inventario Nacional Forestal y de Carbono ya que no se tiene información de remediciones. Las remediciones estuvieron paralizadas sobre todo por motivo de la pandemia.

Como se citó en el IIN anterior, se implementó un protocolo para el control de calidad de los datos derivados del INFC que fueron usados para las estimaciones de GEI del INGEI. El objetivo del protocolo fue reducir los errores por aspectos de digitación de datos, por omisión de ingreso de datos o por anotaciones realizadas de manera incorrecta, y para 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*».

### **Gestión de los factores de emisión**

Para esta nueva serie, se revisaron los factores de emisión utilizados en el inventario anterior. En ciertos casos, como en los manglares, se utilizó un nuevo valor para el crecimiento medio anual de biomasa, a través de un análisis de estudios y artículos científicos desarrollados en Panamá (ANEXO 3.2.4.).

Para cada uno de los factores de emisión por defecto del IPCC, se evaluó la aplicabilidad a las circunstancias nacionales. Para ello se localizaron los artículos originales que reportaban los factores de emisión y se analizaron las condiciones en que se realizaron los estudios. Luego mediante criterio de expertos, que conocen las circunstancias nacionales, se ponderó el uso de factores de emisión por defecto, ajustando los que a criterio de experto no eran aplicables al país. Este proceso se documentó en minutas de reuniones semanales del equipo técnico de UTCUTS.

#### **6.4.5.3. 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.

#### **6.4.6. Nuevos cálculos de la categoría**

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tierras forestales* debido a que se mejoró la representatividad de los datos de actividad, se logró desarrollar la serie con datos geospaciales año a año, por región climática (ver Sección 6.3). Las mejoras implementadas permitieron utilizar factores de emisión propios del país provenientes del INFC, lo que permitió implementar un método de Nivel 2. Para el factor de crecimiento medio anual de biomasa en manglares, se desarrolló un factor propio del país aplicando un análisis de varios estudios de Panamá. Asimismo, se aplicaron valores para factores de emisión del Refinamiento de 2019 a las directrices del IPCC 2006.

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 2017 (Tabla 6. 17). En la categoría tierras forestales existe una importante diferencia en el balance que es notoriamente favorable a la absorción de CO<sub>2</sub> y que aumenta la capacidad como sumidero del país, por ejemplo, en 2017 la diferencia asciende a -6,510.12 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto a los INGEI anteriores, representando un aumento en la absorción de un 20.4 % en el INGEI actual.

**Tabla 6. 17.**

*Tierras forestales: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI anterior	-29.314,95	-30.910,68	-31.245,1	-31.058,7	-31.989,3
INGEI actual	-29.213,67	-32.802,70	-30.910,7	-36.552,7	-38.665,8
<b>Diferencia</b>	<b>-101,28</b>	<b>1.892,02</b>	<b>-334,39</b>	<b>5.494,05</b>	<b>6.676,50</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-0,3%</b>	<b>6,1%</b>	<b>-1,1%</b>	<b>17,7%</b>	<b>20,9%</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

#### 6.4.7. 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 (Equipo técnico de UTCUTS). Con la construcción de Sistema Sostenible de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI), se facilita el abordaje de la estimación de los GEI para las diferentes categorías, y desarrollo de los documentos necesarios 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 los grandes aspectos de mejora del INGEI actual con relación al INGEI anterior, presentado en el *Segundo Informe Bienal de Actualización de Cambio Climático de Panamá*. Para esta serie se hizo el levantamiento de los datos de actividad año a año de los cambios de uso de la tierra. Es decir, que en este caso no se realizan interpolaciones. Estos datos se generaron con el software Collect Earth Online, y el diseño de muestreo aplicado durante este proceso de levantamiento de datos para esta serie permite mejorar la representatividad de las categorías de uso de la tierra.

Se revisaron algunos factores de emisión. Adicionalmente, para el INGEI actual, incluido en la Cuarta Comunicación Nacional de Panamá, se cuentan con factores de emisión propios del país, originados del INFC, lo que permitió aplicar el método de Nivel 2 para algunas subcategorías dentro del sector UTCUTS.

Para el próximo ciclo de INGEI se espera el mejoramiento –de forma transversales para todas las categorías de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra– de los puntos siguientes:

- Realizar las actividades de verificación con los valores para factores de emisión por defecto y comparar con los resultados de los datos nacionales.

En el caso de las acciones específicas para las *tierras forestales*, se ha planificado para el próximo ciclo de INGEI las acciones siguientes:

- En el caso del aprovechamiento de madera (plantaciones comerciales y bosque natural), se pretende entablar una sinergia con la DIFOR para poder establecer una metodología de los requerimientos de datos de aprovechamiento forestal. A través de este canal de comunicación se busca mejorar la calidad de los datos en términos numéricos y estadísticos.
- Establecer una metodología robusta, en término de monitoreo satelital, para el levantamiento de los datos de actividad de incendios forestal. Para ello se requiere trabajar en conjunto con la DIVEDA y la DIAM, con el fin de mejorar la calidad de estos datos de actividad.

Por último, se realizan las gestiones para solicitar apoyo y asistencia técnica para el abordaje de las emisiones/absorciones de los *productos de madera recolectada*. Por el momento, no se cuenta con una hoja de ruta definida para su implementación, sin embargo, el Equipo técnico de UTCUTS a identificado la necesidad de fomento de capacitación en la materia.

Adicionalmente, se plantean mejoras específicas derivadas del ejercicio de garantía y control de la calidad desarrollado por la CMNUCC de manera voluntaria con el equipo del SSINGEI de Panamá. (Ver capítulo 8, sección 8.2.4)

## 6.5. Tierras de cultivo (FCR 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 minerales de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* (anual o perenne) segregado por región climática y tipo de suelo. Las emisiones de *tierras de cultivo que permanecen como tales* no se estiman en este INGEI debido a que no se tiene información sobre los cambios en las gestiones a nivel de cultivos.

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, plátano/banano, 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.

### 6.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

Como se mencionó anteriormente, en *tierras de cultivo* solo se contabilizaron los GEI de la subcategoría *tierras convertidas en tierras de cultivo*. En 2019, el balance de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* contabilizó 552.8 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en 58.6 % desde 2000 y aumentando en un 21.7% desde 2017 (Tabla 6. 18 y Figura 6. 10). La dinámica que se observa en la gráfica evidencia una tendencia en la disminución de las emisiones por conversión de tierras a tierras de cultivo. Estos resultados son de preocupación, ya que existe una tendencia progresiva al abandono de actividad agrícola [cultivos anuales] por la falta de precios competitivos, escasa mano de obra, aumento de precio de insumos. Algunas zonas agrícolas se han abandonado y han pasado a convertirse en tierras forestales (rastrojos) y pastizales.

El aumento de las importaciones de alimentos [arroz, maíz, otros granos, legumbres y hortalizas] ha causado que los agricultores que se mantienen en la actividad disminuyan la cantidad de hectáreas sembradas cada año. Asimismo, las afectaciones climáticas [sequías y exceso de lluvias], así como la aparición de plagas ha causado afectaciones importantes en diversos sectores de producción agrícola.

**Tabla 6. 18.**

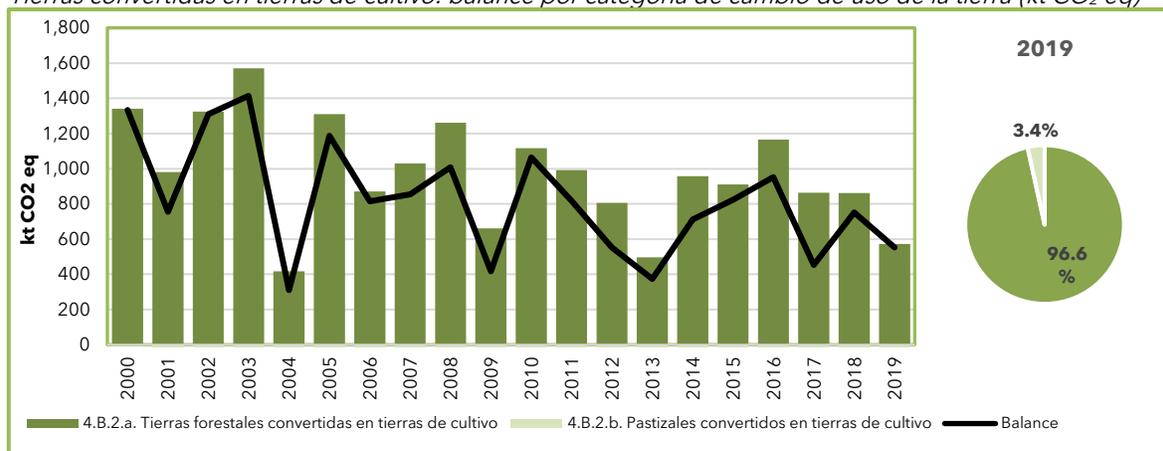
*Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	1,340.3	1,310.2	1,116.4	496.0	863.1	861.8	573.2
4.B.2.b. Pastizales convertidos en tierras de cultivo	-6.0	-123.9	-52.4	-121.5	-407.3	-110.4	-20.5
4.B.2.c. Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	-1.7	NO	NO
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
<b>Balance</b>	<b>1,334.4</b>	<b>1,186.3</b>	<b>1,064.0</b>	<b>374.5</b>	<b>454.1</b>	<b>751.4</b>	<b>552.8</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 10.**

Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.5.3. 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. 19 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 6. 19.**

Tierras de cultivo: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2019

Código	Fuente y Sumidero de gases de efecto invernadero	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
<b>4.B.</b>	<b>Tierras de cultivo</b>	<b>T1, T2, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, NA, NE, NO</b>	<b>T1, T2, IE, NO</b>	<b>PE, D</b>	<b>T1, T2, NO, NA</b>	<b>PE, D, IE, NA, NO</b>
<b>4.B.2.a</b>	<b>Tierras de cultivo que permanecen como tal</b>	<b>T1, T2, NA, NE</b>	<b>D, PE</b>	<b>IE</b>	<b>IE</b>	<b>IE</b>	<b>IE</b>
<b>4.B.2.b.</b>	<b>Tierras convertidas en tierras de cultivo</b>	<b>T1, T2, NO</b>	<b>D, PE</b>	<b>T1, T2, NA, NO</b>	<b>D, PE</b>	<b>T1, T2, NA, NO</b>	<b>D, PE, NA, NO</b>
4.B.2.b	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	T1, T2	D, PE	T1, T2	D, PE	T1, T2	D
4.B.2.c	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	T1, T2	D, PE	T1	D	T1	D
4.B.2.d	Humedales convertidos en tierras de cultivo	T1	D	NA	NA	NA	NA
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, 2022

### 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.

#### 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<sup>-1</sup>).

#### *Emisiones de gases no CO<sub>2</sub>*

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 CO<sub>2</sub> 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 T<sub>on</sub> 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 UTCUTS (ANEXO 3.2.2.). Posteriormente, se trabaja en conjunto con los expertos de MIDA y con apoyo de un sistema de información geográfica (SIG) para obtener datos específicos de las actividades y condiciones particulares de las *tierras de cultivo*, como regiones climáticas, tipo de suelo y tipo de gestión. Resultado de lo anterior, se obtienen matrices desagregadas con superficie de cultivos bajo diferentes prácticas de laboreo (laboreo total, laboreo reducido o sin laboreo). Además, se determinó a través de juicio de expertos la entrada de materia orgánica de los cultivos anuales y cultivos permanente.

#### *Superficie afectada por perturbaciones (incendios)*

Para *tierras de cultivos* se recolectó información específicamente de cultivos (cualquier cultivo diferente a la caña de azúcar), y caña de azúcar (Tabla 6. 20.).

**Tabla 6. 20.**

*Tierras de cultivo: superficie anual quemada (ha)*

Año	Cultivos (ha)	Caña de azúcar (ha)	Total (ha)
2000	54	30,861	30,915
2005	105	31,420	31,525
2010	6	31,503	31,508
2013	94	33,796	33,890
2017	161	22,374	22,535
2018	79	28,059	28,138
2019	1,193	21,396	22,589

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 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, juicios de expertos dictados por expertos nacionales, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 3.2.5.).

Panamá tiene valores de existencias de madera muerta/hojarasca para tierras de cultivo anual y perenne de 8.7 tC/ha y 5.1 tC/ha, respectivamente. Esta información proviene del INFC. Además, 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. 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 estimación 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 de los valores utilizados proveniente 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  $\pm 55.1$  a 146 % (Tabla 6. 21). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del N<sub>2</sub>O de *tierras convertidas en tierras de cultivo*. Este valor alto se debe a que hay pocas parcelas de cultivo anual, lo que a su vez se traduce en pocas hectáreas con relación a la superficie total, eso produce que un error más alto de la estimación.

**Tabla 6. 21.**

*Tierras de cultivo: 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.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	IE	55.1%	55.1%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH <sub>4</sub>	IE	97.0%	97.0%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	N <sub>2</sub> O	IE	146.0%	146.0%

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto la consistencia de la serie temporal, es importante resaltar que, al recalcular cada año de inventario, se utilizaron los mismos factores de emisión y se obtuvieron datos de actividad con la misma metodología. También se

utilizaron datos desagregados a través de criterios de expertos en toda la serie temporal (2000-2019). Los datos estadísticos provienen del 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 *tierras de cultivos*.

### 6.5.5. 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 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 6.5.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

Las sugerencias del proceso de revisión fueron revisadas y se procedió a realizar las respectivas correcciones. Las principales observaciones realizadas y sus acciones de respuesta por parte del Equipo técnico de UTCUTS fueron:

- Sobre la estimación de los cambios en la biomasa de *tierras convertidas en tierras de cultivos*, se observó que no se estimaba  $\Delta C_G$ . El Equipo indicó que, al tratarse de cambios a cultivos anuales, se asume que la biomasa es cero, ya que no se plantan especies perenes en cultivos anuales.

#### 6.5.5.2. 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 siguientes.

##### **Gestión de los datos de actividad**

Se aplicaron protocolos de control de calidad en los datos de actividad por *superficie total* y por *transiciones ilógicas*. También se aplicó un protocolo de control de calidad a los datos derivados del INFC.

##### **Gestión de los factores de emisión**

Para cada uno de los factores de emisión por defecto del IPCC, se evaluó la aplicabilidad a las circunstancias nacionales. Para ello se localizaron los artículos originales que reportaban los factores de emisión y se analizaron las condiciones en que se realizaron los estudios. Luego mediante criterio de expertos, que conocen las circunstancias nacionales, se ponderó el uso de factores de emisión por defecto, ajustando los que a criterio de experto no eran aplicables al país. Este proceso se documentó en minutas de reuniones semanales del Equipo técnico de UTCUTS.

### 6.5.5.3. 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.

### 6.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tierras de cultivo* debido a que se mejoró la representatividad de los datos de actividad, se logró desarrollar la serie con datos geospaciales año a año, por región climática (ver Sección 6.3). Se utilizaron factores de emisión propios del país provenientes del INFC, lo que permitió implementar un método de Nivel 2 en conjunto a un método de Nivel 1.

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 2017 (Tabla 6. 22). En la categoría *tierras de cultivos* existe una diferencia tendiente al aumento de emisiones de GEI desde 2000 hasta 2011; Sin embargo, en 2017 la diferencia es -204.7 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto los INGEI anteriores, representando una disminución en la emisión de 31,1 % en el INGEI actual.

**Tabla 6. 22.**

*Tierras de cultivo: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI	636,5	611,3	302,0	389,7	658,8
INGEI actual	1.334,4	1.186,3	1.064,0	374,5	454,1
<b>Diferencia</b>	<b>697,9</b>	<b>575,0</b>	<b>762,1</b>	<b>-15,2</b>	<b>-204,7</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>109,7%</b>	<b>94,1%</b>	<b>252,4%</b>	<b>-3,9%</b>	<b>-31,1%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.5.7. 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 6.4.7.

## 6.6. Pastizales (FCR 4.C)

### 6.6.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> y no CO<sub>2</sub> de *pastizales que permanecen como tales* y las emisiones y absorciones de las *tierras convertidas en pastizales*, así como las quemadas 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 *quemadas 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 2019, el balance contabilizó 3,195 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en un 40.7 % desde 2000 y en un 43.8 % desde 2017 (Tabla 6. 23 y Figura 6. 11), debido en gran parte a la conversión de tierras forestales a pastizales, en su mayoría de bosques secundarios, seguido de bosques maduros y rastrojos. En general, el comportamiento de las emisiones en la serie temporal presenta algunos picos y valles; sin embargo, refleja la tendencia a la baja.

**Tabla 6. 23.**

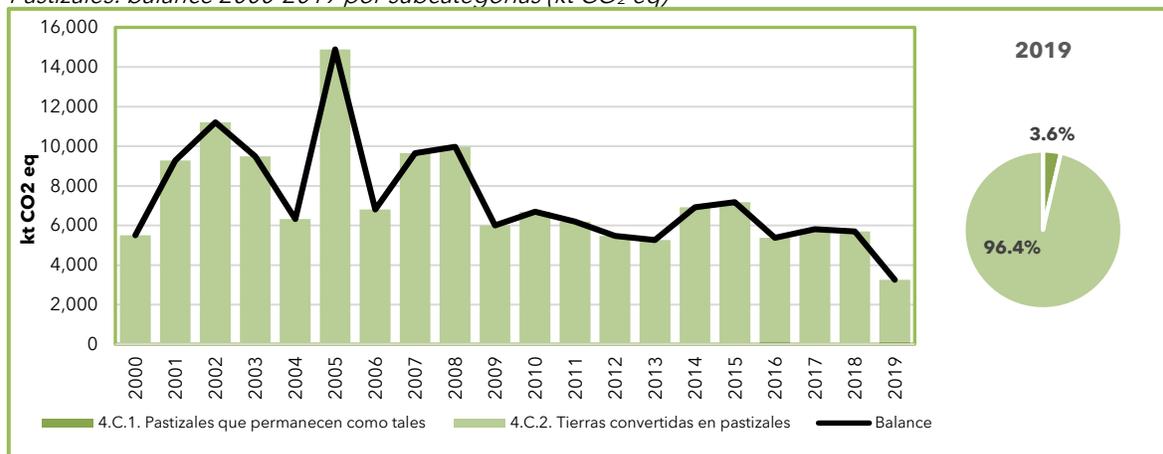
*Pastizales: balance por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.5	7.6	4.1	4.2	18.3	15.3	118.6
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	5,501.7	14,884.4	6,688.2	5,255.4	5,785.3	5,678.8	3,135.4
<b>Balance</b>	<b>5,506.2</b>	<b>14,892.0</b>	<b>6,692.3</b>	<b>5,259.6</b>	<b>5,803.6</b>	<b>5,694.1</b>	<b>3,254.0</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 11.**

*Pastizales: balance 2000-2019 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

El desglose de las emisiones para *tierras convertidas en pastizales* se observa en la Tabla 6. 24 y Figura 6. 12, donde básicamente a lo largo del periodo analizado, las tierras forestales contribuyeron mayormente al crecimiento de los pastizales en el país.

**Tabla 6. 24.**

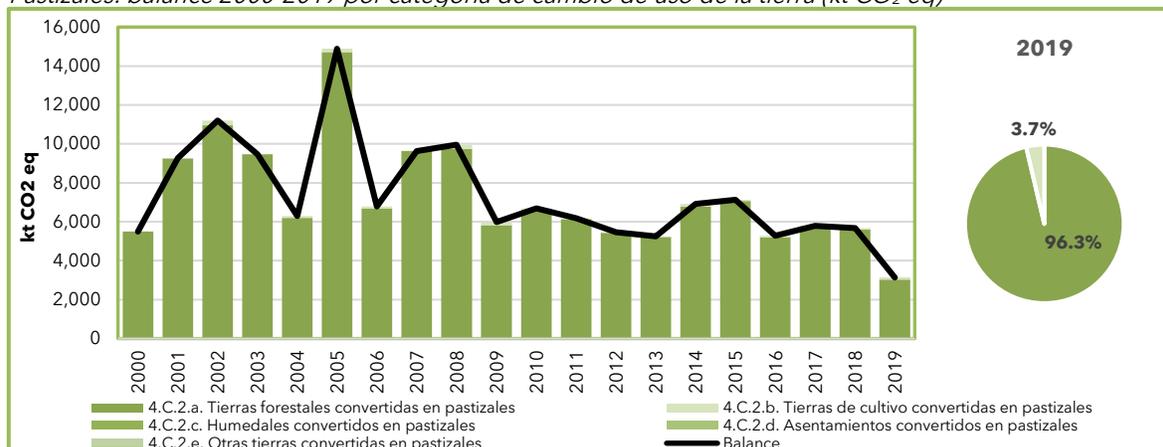
*Pastizales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas en pastizales	5,488.7	14,713.7	6,519.6	5,212.4	5,759.9	5,592.8	3,020.0
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas en pastizales	13.1	170.7	168.6	43.0	25.4	86.0	115.4
<b>Balance</b>	<b>5,501.7</b>	<b>14,884.4</b>	<b>6,688.2</b>	<b>5,255.4</b>	<b>5,785.3</b>	<b>5,678.8</b>	<b>3,135.4</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 6. 12.**

*Pastizales: balance 2000-2019 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.6.3. 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. 25 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 6. 25.**

*Tierras de Pastizales: Métodos aplicados por subcategoría en el INGEI de Panamá, serie 2000-2019*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		Nivel metodológico	Factor de emisión	Nivel metodológico	Factor de emisión	Nivel metodológico	Factor de emisión
<b>4.C.</b>	<b>Pastizales</b>	<b>T1, T2, NA, NO</b>	<b>PE, D, NA, NO</b>	<b>T1, NE, NA, NO</b>	<b>PE, D, NE, NA, NO</b>	<b>T1</b>	<b>PE, D, NE, NA, NO</b>
<b>4.C.1</b>	<b>Pastizales que permanecen como tal</b>	<b>T1, T2, NE</b>	<b>D, PE</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D</b>
<b>4.C.2</b>	<b>Tierras convertidas a pastizales</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D, PE</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D</b>
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	T1, T2	D, PE	T1, T2	D	T1, T2	D
4.C.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	T1, T2	D, PE	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE
4.C.2.c.	Humedales convertidos en pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.C.2.d.	Asentamientos convertidos en pastizales	T1	D	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, 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, 2022

### 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 CO<sub>2</sub>

Las emisiones no CO<sub>2</sub> derivadas de incendios en *pastizales* se estimaron las emisiones de gases no CO<sub>2</sub> 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<sub>on</sub> 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 3.2.2) Posteriormente, se trabaja en conjunto con los expertos de MIDA y con apoyo de un SIG para obtener datos específicos de las actividades y condiciones particulares de los *pastizales*, como regiones climáticas, tipo de suelo y tipo de gestión. Resultado de lo anterior, se obtienen matrices desagregadas por distritos y sus tipos de pastos (esta información fue complementada con datos del INEC).

#### 6.6.3.5. 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, juicios de expertos dictados por expertos nacionales, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 3.2.5)

#### 6.6.4. 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 estimación 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*. 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  $\pm 17.9$  a 43.2 % (Tabla 6. 26). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del CO<sub>2</sub> de *tierras convertidas en pastizales*.

**Tabla 6. 26.**

*Pastizales: incertidumbre combinada (%)*

<i>Categorías de fuente y sumidero de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (± %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (± %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (± %)</i>
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CH4	IE	17.9%	17.9%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	N2O	IE	18.4%	18.4%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CO2	IE	31.8%	31.8%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CH4	IE	43.2%	43.2%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	N2O	IE	39.3%	39.3%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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. También se utilizaron datos desagregados a través de criterios de expertos en toda la serie temporal (2000-2019). Los datos estadísticos provienen del MIDA y el INEC. Para todos los años de la serie temporal se utilizó la misma desagregación espacial de los datos de actividad para asegurar la coherencia temporal en la categoría.

### 6.6.5. 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 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 6.6.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

Las sugerencias del proceso de revisión fueron revisadas y se procedió a realizar las respectivas correcciones. Las principales observaciones realizadas y sus acciones de respuesta por parte del Equipo técnico de UTCUTS fueron:

- Se hizo observación de que si se está utilizando el supuesto de Nivel 1 donde las pérdidas y ganancias son iguales para pérdida anual de carbono debido a perturbaciones en *pastizales que permanecen como tales*, entonces no es necesario hacer los cálculos de esta hoja de trabajo. El Equipo técnico de UTCUTS decide no incluirlo en las estimaciones y asumir un nivel 1.
- El equipo técnico de UTCUTS determinó para esta serie temporal asumir los pastos como *moderadamente degradados*, ya que no se cuenta con las herramientas apropiadas para hacer una clasificación más detallada del tipo de pasto por medio de análisis geoespacial (imágenes de alta resolución). Si bien, en el país existe una gran proporción de pastos mejorados, al no poder desagregarse, lo mejor es buscar ser conservadores y evitar subestimar emisiones.

#### 6.6.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para la categoría pastizales se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 6.4.5.2.

### 6.6.5.3. 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.

### 6.6.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *pastizales* debido a que se mejoró la representatividad de los datos de actividad; dado que ahora si se cuentan con datos año a año (ver Sección 6.3). Al igual que en la serie anterior, se utilizaron factores de emisión propios del país provenientes del INFC, lo que permitió implementar un método de Nivel 2 en conjunto a un método de Nivel 1.

Los valores del INGEI comparados para los años 2000, 2005, 2010, 2013 y 2017 se reflejan en la Tabla 6. 27. Al realizar estas mejoras a la serie de inventario, se observó un aumento en el registro de las emisiones de GEI con respecto a la serie anterior. Estos valores no se refieren a un aumento de emisiones percé, sino una mejora en la calidad de las estimaciones, ya que estas se obtuvieron aplicando una metodología de captura de datos geoespaciales para todos los años. En 2017, la diferencia es de unos 2,603 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto al INGEI anterior, representando un aumento de 81.3%.

**Tabla 6. 27.**

*Pastizales: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI anteriores	5,387.90	2,473.14	2,751.83	2,158.93	3,200.64
INGEI actual	5,506.24	14,891.98	6,692.34	5,259.60	5,803.65
<b>Diferencia</b>	<b>118.33</b>	<b>12,418.83</b>	<b>3,940.51</b>	<b>3,100.67</b>	<b>2,603.00</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>2.2%</b>	<b>502.1%</b>	<b>143.2%</b>	<b>143.6%</b>	<b>81.3%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.6.7. 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 6.4.7.

## 6.7. Humedales (FCR 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 ocurre en el país. Mientras que la subcategoría de *tierras inundadas* ocurre en el país –principalmente debido a proyectos hidroeléctricos. Para esta serie temporal se logró desagregar la información de los tipos de tierras inundadas, en naturales y artificiales. Sin embargo, debido a falta de información y capacidades reforzadas no se pudo determinar las emisiones de CH<sub>4</sub> del Apéndice 3 del Volumen 4 de las Guías del IPCC 2006, para este INGEI.

### 6.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

Para esta serie temporal si se logran observar cambios de categorías de *tierras convertidas en humedales* (Tabla 6. 28). En este sentido, se incluye dentro del plan de mejoramiento la realización del levantamiento de datos de actividad geoespaciales año a año de modo que se puedan observar todos los cambios de uso de la tierra, siendo uno de estos las *tierras convertidas en humedales*.

**Tabla 6. 28.**

*Humedales: balance por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.D.1. Humedales que permanecen como tales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	163.7	NO	80.9	1.5	30.3	3.0	NO
<b>Balance</b>	<b>163.7</b>	NO	<b>80.9</b>	<b>1.5</b>	<b>30.3</b>	<b>3.0</b>	NO

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

El desglose de las emisiones para *tierras convertidas en humedales* se observa en la Tabla 6. 29 y Figura 6. 13, donde básicamente a lo largo del periodo analizado solo se registran cambios de uso a humedales para años puntuales. Es decir, existe una gran cantidad de años donde no ocurre este tipo de cambio de uso de la tierra.

**Tabla 6. 29.**

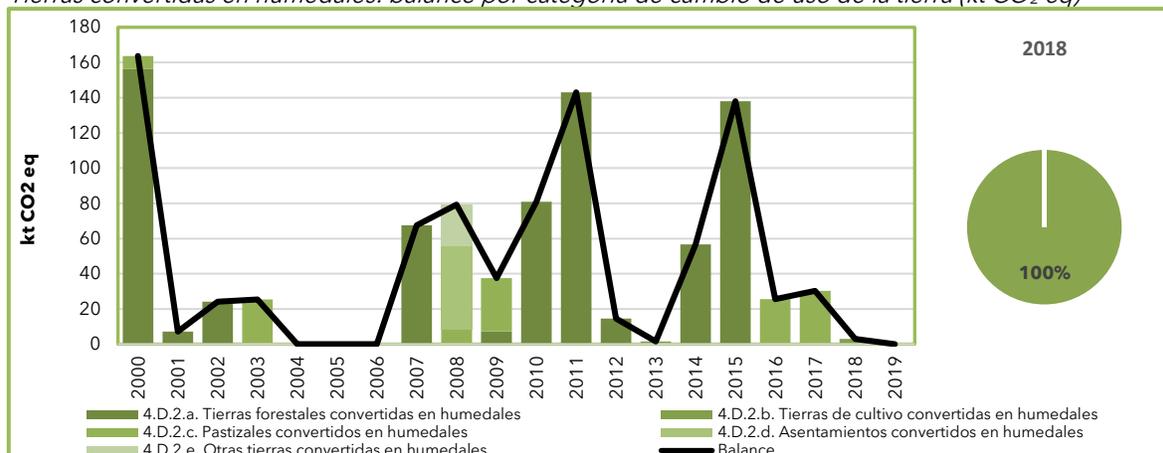
*Tierras convertidas en humedales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.D.2.a. Tierras forestales convertidas en humedales	156.5	NO	80.9	NO	NO	NO	NO
4.D.2.b. Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NO	NO	1.5	NO	3.0	NO
4.D.2.c. Pastizales convertidos en humedales	7.2	NO	NO	NO	30.3	NO	NO
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
<b>Balance</b>	<b>163.7</b>	NO	<b>80.9</b>	<b>1.5</b>	<b>30.3</b>	<b>3.0</b>	NO

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Figura 6. 13.

Tierras convertidas en humedales: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.7.3. 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. 30 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 6. 30.

Humedales: Métodos aplicados por subcategoría en el INGEI de Panamá, serie 2000-2019

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		Nivel metodológico	Factor de emisión	Nivel metodológico	Factor de emisión	Nivel metodológico	Factor de emisión
<b>4.D.</b>	<b>Humedales</b>	<b>T1,T2, NE, NO</b>	<b>D, NE, NO</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
<b>4.D.1.</b>	<b>Humedales que permanecen como tales</b>	<b>NE, NO</b>	<b>D</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
<b>4.D.2.</b>	<b>Tierras convertidas en humedales</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	T1, T2	D, PE	NE	NE	NA	NA
4.D.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en humedales	T1	D, PE	NE	NE	NA	NA
4.D.2.c.	Pastizales convertidos en humedales	T1	D	NE	NE	NA	NA
4.D.2.d.	Asentamientos convertidos en humedales	T1	D	NE	NE	NA	NA
4.D.2.e.	Otras tierras convertidas en humedales	T1	D	NE	NE	NA	NA

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

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 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 3.2.2). 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, juicios de expertos dictados por expertos nacionales, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 3.2.5).

### 6.7.4. 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 estimación 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*. 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.

Debido a que en 2019 no se registraron cambios de tierras a *humedales*, esta categoría no contribuye con incertidumbre a la varianza de 2019. Sin embargo, para los años en que sí se generan emisiones/absorciones de GEI, se reporta una incertidumbre combinada de  $\pm 92.6\%$  (Tabla 6. 31).

**Tabla 6. 31.**

*Humedales: incertidumbre combinada (%)*

<i>Categorías de fuente y sumidero de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (<math>\pm</math> %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (<math>\pm</math> %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (<math>\pm</math> %)</i>
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	CO <sub>2</sub>	IE	92.6%	92.6%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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. También se utilizaron datos desagregados a través de criterios de expertos en toda la serie temporal (2000-2019). 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.

### **6.7.5. 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 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### **6.7.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad**

No se recibieron comentarios de la revisión para esta categoría.

#### **6.7.5.2. Actividades específicas de control de calidad**

Para la categoría *humedales* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 6.4.5.2.

#### **6.7.5.3. 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.

### **6.7.6. Nuevos cálculos de la categoría**

Para esta serie del inventario, es primera vez que se logra determinar un valor para las emisiones/remociones de GEI en la categoría *humedales* en algunos años; mientras que en inventarios anteriores no se registraron emisiones, por consiguiente, no es posible realizar la comparación.

### **6.7.7. 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 6.4.7. Mientras que las acciones específicas para la categoría *humedales*, planificadas para ser implementadas en el próximo ciclo de INGEI, son las siguientes:

- Panamá hizo uso del Suplemento de humedales del IPCC de 2013 parcialmente. Sin embargo, se aclara que este suplemento tiene mayor influencia en los cálculos de la categoría de *Tierras Forestales*.
- Para humedales se logró desagregar las tierras inundadas artificiales de las naturales. Sin embargo, no se aplicó el anexo 3 del Capítulo 4 de las Guías del IPCC 2006: Emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de tierras inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico; debido a falta de capacidades técnicas para su desarrollo.

## 6.8. Asentamientos (FCR 4.E)

### 6.8.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de CO<sub>2</sub> 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*. Debido a que no se estiman datos geospaciales año a año, puede que no todos los cambios de tierras a *asentamientos* estén representados. Por este motivo, se ha incluido en el plan de mejoramiento la realización del levantamiento de datos de actividad geospaciales año a año, de modo que se puedan observar todos los cambios de uso de tierra.

### 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 2019, el balance de las *tierras convertidas en asentamientos* contabilizó solo 26.9 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en 6.2 % desde 2000 y en un 94.7 % desde 2017 (Tabla 6. 32 y Figura 6. 14) Sin embargo, los resultados año a años, muestran un comportamiento en crecimiento de emisiones desde el año 2002 al 2011, registrando su máximo en este último año con 1,118.3 kt CO<sub>2</sub> eq. Estas emisiones provienen en mayor parte de las conversiones de *tierras forestales en asentamientos*, principalmente a la pérdida de *bosque maduro* y *bosques secundario*, así como *rastrojo*.

**Tabla 6. 32.**

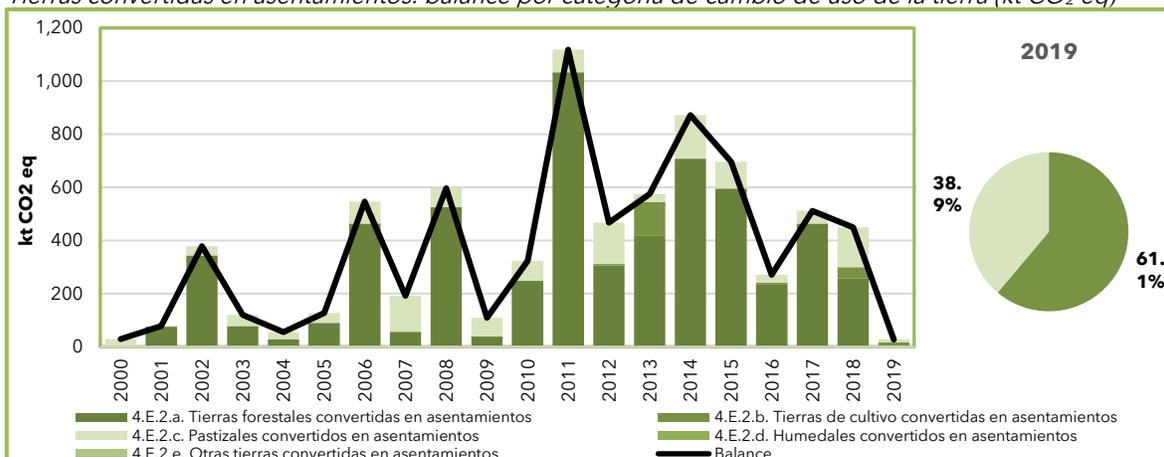
*Tierras convertidas en asentamientos: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas en asentamientos	3.4	89.5	247.5	419.6	463.5	258.1	NO
4.E.2.b. Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	NO	NO	NO	125.0	NO	41.6	16.5
4.E.2.c. Pastizales convertidos en asentamientos	25.3	37.8	76.2	30.4	47.7	150.0	10.5
4.E.2.d. Humedales convertidos en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2.e. Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Balance</b>	<b>28.7</b>	<b>127.3</b>	<b>323.8</b>	<b>575.1</b>	<b>511.2</b>	<b>449.8</b>	<b>26.9</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Figura 6. 14.

Tierras convertidas en asentamientos: balance por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 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. 33 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 6. 33.

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

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
		Nivel metodológico	Factor de emisión	Nivel metodológico	Factor de emisión	Nivel metodológico	Factor de emisión
<b>4.E.</b>	<b>Asentamientos</b>	<b>T1, T2, NO, NA</b>	<b>D, NE, NO</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
<b>4.E.1.</b>	<b>Asentamientos que permanecen como tales</b>	<b>NE</b>	<b>D, NE</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
<b>4.E.2.</b>	<b>Tierras convertidas en asentamientos</b>	<b>T1, T2</b>	<b>D</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
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, T2	D, PE	NA	NA	NA	NA
4.E.2.c.	Pastizales convertidos en asentamientos	T1, T2, NO	D	NA	NA	NA	NA
4.E.2.d.	Humedales convertidos en asentamientos	T1, NO	D	NA	NA	NA	NA
4.E.2.e.	Otras tierras convertidas en asentamientos	T1, NO	D, NO	NA	NA	NA	NA

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, 2022

### 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 3.2.2). Con respecto a *tierras forestales y pastizales* que pasaron a *asentamientos*. Estas conversiones no son muy comunes en la serie temporal, pero se dan en algunas zonas en donde la tierra se convierte en infraestructuras como carreteras y asentamientos humanos, denominados en Panamá como urbanizaciones o barriadas.

### 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, juicios de expertos dictados por expertos nacionales, así como información bibliográfica de diversas fuentes (ANEXO 3.2.5)

### 6.8.4. 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 estimación 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*. 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  $\pm 134.2\%$ .

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. También se utilizaron datos desagregados a través de criterios de expertos en toda la serie temporal (2000-2019). 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.

### 6.8.5. 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 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 6.8.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad

No se recibieron comentarios de la revisión para esta categoría.

#### 6.8.5.2. Actividades específicas de control de calidad

Para la categoría *asentamientos* se aplicaron las actividades transversales de control de calidad descritas en la Sección 6.4.5.2.

#### 6.8.5.3. 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.

### 6.8.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *asentamientos* debido a que se mejoró la representatividad de los datos de actividad; lo anterior se logró reclasificando los usos de la tierra por región climática año a año con el software Collect Earth Online en un muestreo aleatorio estratificado (ver Sección 6.3). Se utilizaron factores de emisión por defecto, lo que permitió implementar un método de Nivel 1.

Los valores del INGEI actual se compararon con años de la serie anterior (1994-2017) desde el año 2000 en adelante (Tabla 6.34). Los resultados ahora permiten

conocer las emisiones que en la serie anterior no ocurrían debido que no se contaba con datos año a año, sino que eran producto de interpolación. No se trata de un aumento de las emisiones per se; más bien, se ha mejorado la calidad del inventario actual con respecto a la serie anterior para la categoría de *asentamientos*.

En 2017 la diferencia es de -10.54 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto los INGEI anteriores, representando un aumento en la emisión de 10.5 % en el INGEI actual.

**Tabla 6. 34.**

*Asentamientos: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI anteriores	56.51	0.00	0.00	112.90	500.67
INGEI actual	28.71	127.30	323.78	575.07	511.21
<b>Diferencia</b>	<b>-27.80</b>	<b>127.30</b>	<b>323.78</b>	<b>462.17</b>	<b>10.54</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-49%</b>	<b>n/a</b>	<b>n/a</b>	<b>409%</b>	<b>2%</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 6.8.7. 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 6.4.7.

### 6.9. Otras tierras (FCR 4.F)

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.

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 en los años 2016 y 2018. Estos se atribuyen al cambio de tierras forestales a otras tierras; entendiéndose este cambio como la pérdida de cobertura de manglar en los bordes costeros. Estas pérdidas se traducen en emisiones de 59 kt CO<sub>2</sub> eq para el año 2016, y 50.27 kt CO<sub>2</sub> eq para 2018.

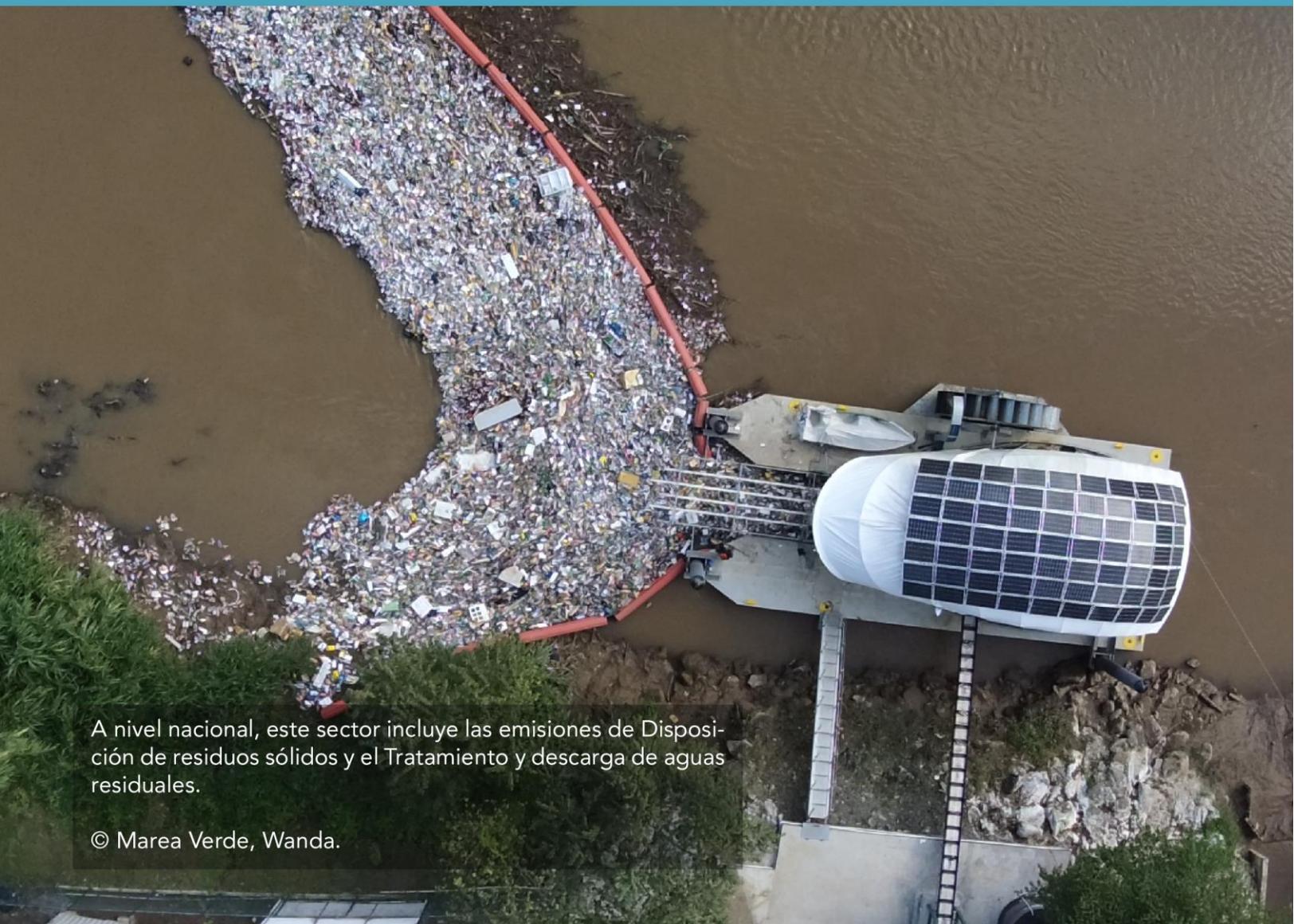
### 6.10. Productos de madera recolectada (FCR 4.G)

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, como parte del plan de mejoramiento se incluye la necesidad de planificar una estrategia u hoja de ruta sobre cómo abordar la inserción de esta categoría en las estimaciones de los próximos ciclos, con miras a identificar las barreras que se deben superar.

---

# 7

SECTOR  
RESIDUOS



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 (FCR 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, 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 CH<sub>4</sub> en la disposición de los residuos sólidos; el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del tratamiento biológico de los residuos sólidos; el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por la incineración e incineración abierta de residuos; y el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por el tratamiento y eliminación de aguas residuales. El GEI más importante producido en este sector es el CH<sub>4</sub> 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* y *tratamiento y eliminación de aguas residuales*. Las categorías *tratamiento biológico de los residuos* e *incineración e incineración abierta de residuos* no fueron estimadas por falta de tiempo para compilar los datos de actividad. Se tiene conocimiento que ambas prácticas son realizadas en el país. Ambos escenarios obedecen a las limitaciones que tiene el país en la disponibilidad de datos estadísticos y en levantamiento de la información histórica en generación de residuos requerida para realizar los cálculos correspondientes de las emisiones de este sector.

Según el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos (PNGIR) una de las carencias del actual sistema de gestión de residuos en Panamá es la inexistencia de un sistema que permita conocer la cantidad de residuos que se generan en cada uno de los SDRS, dada la falta de registro de los pesos de los vehículos a las entradas a los vertederos. En cuanto a infraestructura de gestión de los residuos sólidos, es escasa, aun cuando se han realizado grandes esfuerzos en los últimos años para mejorar algunos aspectos, en la entrega y recolección de los residuos existe una gran diversidad de sistemas no regulados y sin segregación en origen. Cabe destacar la inexistencia generalizada de infraestructura de almacenamiento temporal ni de tratamiento de residuos en el país, por lo que todos los residuos recolectados, tanto por los municipios como por las empresas privadas, son enviados directamente a vertederos y botaderos con los que cuenta el país (AAUD, 2017).

En cuanto a las aguas residuales en Panamá, de acuerdo con el Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH) el 94.5% de la población cuenta con algún tipo de sistema de saneamiento. Algunos de los principales medios de *disposición de aguas residuales domésticas* son los sistemas de alcantarillado sanitario, tanques sépticos y letrinas. Es importante señalar que más del 10% de la población rural no dispone de servicio y dentro de los que cuentan con algún servicio de saneamiento, cerca del 31% usa letrina (CONAGUA, 2015). El tipo de sistema utilizado depende del nivel económico, de su disponibilidad o de la accesibilidad. En los últimos años, se han realizado importantes esfuerzos para reducir la existencia de letrinas a nivel nacional, sin embargo, aún no existe información estadística actualizada que permitirá conocer la situación real del país. Adicional, el Programa Saneamiento de la Bahía de Panamá, principal proyecto de recolección y tratamiento de aguas residuales en la capital del país, inició su primera fase en el año 2006 operando con carga completa desde inicios del 2016. Su segunda fase dio inicios en el 2014 (MiAMBIENTE, 2020(GEO)).

### 7.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI incluidas en el inventario del sector Residuos de 2019, por tipo de GEI (Tabla 7.1), fueron 56,46 kt CH<sub>4</sub> y 0.2 kt N<sub>2</sub>O. Las emisiones CO<sub>2</sub> no se contabilizaron por falta de datos de actividad sobre cantidades y porcentajes de residuos que son incinerados. Es importante destacar que, dado a la que estimación las emisiones de este sector se ha dado a través de datos poblacionales, las emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría *disposición de residuos sólidos* han sido agregadas en la subcategoría de *sitio de disposición de residuos no gestionado*. 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 2019*

Código	Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	HFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	PFC (kt CO <sub>2</sub> eq)	SF <sub>6</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NF <sub>3</sub> (kt CO <sub>2</sub> eq)	NO <sub>x</sub> (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO <sub>2</sub> (kt)
<b>5.</b>	<b>Residuos</b>	<b>NE, NO</b>	<b>56.46</b>	<b>0.20</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NE	47.36						NE	NE	NE	
5.A.1.	Sitios de disposición de residuos gestionados	NE	IE						NE	NE	NE	
5.A.2.	Sitios de disposición de residuos no gestionados	NE	47.36						NE	NE	NE	
5.A.3.	Sitios de disposición de residuos no categorizados	NE	IE						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	NE	NE	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	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
5.D.	Tratamiento y eliminación de aguas residuales		9.10	0.20					NE, NO	NE, NO	NE, NO	
5.D.1.	Aguas residuales domésticas		9.10	0.20					NE	NE	NE	
5.D.2.	Aguas residuales industriales		NE	NE					NE	NE	NE	
5.D.3.	Otros (especificar)		NO	NO					NO	NO	NO	
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, 2022

El sector Residuos representó un 3.1 % del balance nacional en 2017 (7.3 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,634.6 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 106.2 % desde 2000 y en un 0.2 % desde 2017 (Tabla 7.2). La tendencia observada (Figura 7.1) indica que existe un incremento en las emisiones que puede atribuirse al aumento de los residuos producidos a nivel general y el aumento de la población nacional, pero particularmente en la capital (Ministerio de Ambiente de Panamá, 2014); factores que pueden incidir en el aumento proporcional de las emisiones del sector. Por otro lado, existe un aumento del uso de sistemas de tratamiento para aguas residuales. Es importante considerar que a partir del 2016 se inició la operación de una planta de generación eléctrica a partir de la recuperación de CH<sub>4</sub> en el Relleno Sanitario de Cerro Patacón (RSCP) por lo que el volumen de CH<sub>4</sub> utilizado para la generación no es considerado como parte de las emisiones del sector Residuos, pero sí son incluidas en el sector Energía. Pese a que es un valor pequeño, esta tecnología logró recuperar 6.77 kt CH<sub>4</sub> en 2019, lo que equivale a 189.67 kt CO<sub>2</sub> eq atribuidas a la disposición de residuos sólidos.

Con respecto a las categorías estimadas del sector, en 2019 un 81.1 % corresponde a disposición de residuos sólidos y un 18.9% a tratamiento y descarga de aguas residuales (Tabla 7.2 y Figura 7.1). Esto muestra la relevancia significativa que tiene la actividad de *disposición de residuos sólidos* a nivel nacional. Es importante mencionar que, en el inventario pasado existía una mayor participación de la categoría de tratamiento y descarga de aguas residuales, sin embargo, se ajustaron en la serie temporal la eliminación y vía de tratamiento de las aguas residuales para esta iteración.

**Tabla 7.2**

*Sector Residuos: emisiones totales por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
5.A. Disposición de residuos sólidos	610.8	796.2	995.3	1,149.1	1,334.0	1,274.4	1,326.1
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	182.1	203.6	243.3	277.0	297.9	303.2	308.5
<b>TOTAL</b>	<b>792.8</b>	<b>999.7</b>	<b>1,238.5</b>	<b>1,426.1</b>	<b>1,631.9</b>	<b>1,577.6</b>	<b>1,634.6</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 7.1**

*Sector Residuos: emisiones serie temporal 2000-2019 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Las emisiones del sector Residuos por tipo de GEI, en el 2019, estuvieron representadas por un 96.7 % de CH<sub>4</sub> y un 3.3 % de N<sub>2</sub>O (Tabla 7.3 y Figura 7.2). Las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la incineración de residuos no fueron calculadas por falta de datos de actividad o, en las otras categorías, porque no aplican. Las emisiones de CH<sub>4</sub> por el tratamiento biológico de residuos sólidos e incineración de residuos sólidos no fueron calculadas por falta de datos de actividad al igual que las emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes del tratamiento biológico de residuos sólidos y la incineración e incineración de residuos. Los gases precursores NO<sub>x</sub>, CO y SO<sub>2</sub> (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**

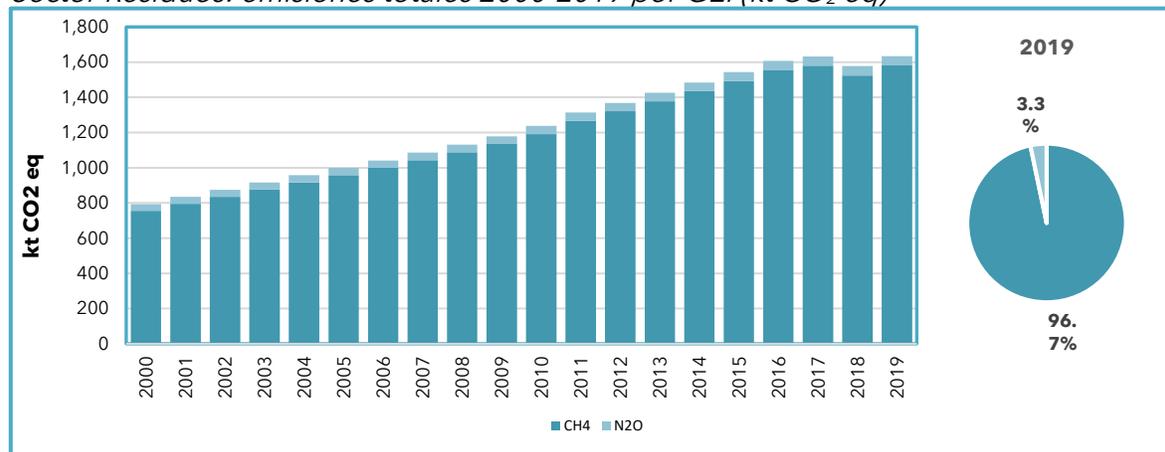
*Sector Residuos: emisiones totales por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

GEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2019
CH <sub>4</sub>	755,27	958,59	1.191,84	1.377,06	1.579,71	1.524,57	1.580,82
N <sub>2</sub> O	37,57	41,14	46,67	49,08	52,23	53,00	53,77
<b>Total</b>	<b>792,85</b>	<b>999,73</b>	<b>1.238,51</b>	<b>1.426,14</b>	<b>1.631,94</b>	<b>1.577,57</b>	<b>1.634,58</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 7.2**

*Sector Residuos: emisiones totales 2000-2019 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 7.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Las emisiones del sector fueron estimadas de acuerdo con el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las categorías estimadas, utilizando datos de actividad de las estadísticas nacionales y factores de emisión por defecto.

En el sector Residuos los datos de actividad provienen de estadísticas nacionales del INEC, estudios de la Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD) para el desarrollo del PNGIR 2017-2027, información suministrada por los municipios o las empresas que administran los SDRS y estadísticas nacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, población y consumo de proteína. El detalle de los datos de actividad y factores de emisión utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada categoría. En la Tabla 7.4 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI.

**Tabla 7.4**

*Sector Residuos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2017*

Categorías de fuente de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
<b>5. Residuos</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>T1, IE, NE, NO</b>	<b>D, IE, NE, NO</b>	<b>T1, NE, NO</b>	<b>D, NE, NO</b>
5.A. Disposición de residuos sólidos	NE	NE	T1, IE	D, IE		
5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos			NE	NE	NE	NE
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales			T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
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, 2022

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*.

## 7.2. Disposición de residuos sólidos (FCR 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 CH<sub>4</sub>. Además del CH<sub>4</sub>, los SDRS también producen CO<sub>2</sub> biogénico y COVDM, así como cantidades más pequeñas de N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> 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 CH<sub>4</sub> de la subcategoría *sitios de disposición de residuos no gestionados*, mientras que las emisiones de las subcategorías *sitios de disposición de residuos gestionados* y *sitios de disposición de residuos no categorizados* son consideradas incluidas en otra parte (IE), dado que no se cuenta con un desglose de los tipos de sitio de disposición a nivel país.

### 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 2019, las emisiones contabilizaron 1,326.1 kt CO<sub>2</sub> eq. incrementándose en 117.1 % desde 2000 y disminuyendo un 0.6 % desde 2017 (Tabla 7.2 y Figura 7.1). El aumento constante en el tiempo se debe al rápido crecimiento poblacional que incide en los patrones de consumo y es directamente proporcional a la generación de residuos sólidos a nivel nacional. La leve disminución en 2019 se debe a la recuperación de metano del relleno sanitario de Cerro Patacón, principal sitio de disposición de residuos sólidos de la capital, para la generación de electricidad.

### 7.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la estimación de los GEI de esta categoría se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, el cual utilizan datos por defecto para reemplazar los datos específicos faltantes del país 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 1988<sup>26</sup>

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 CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. La tasa de producción de CH<sub>4</sub> 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 emisiones de esta categoría solo considerará a los *sitios de disposición de residuos no gestionados* - profundos o con capa freática elevada, ya que la capa de residuos en la mayoría de los emplazamientos muestra una variabilidad considerable y sus condiciones son inestables. Debido a que la estimación se ha dado a través de datos poblacionales, se considera que las emisiones de CH<sub>4</sub> de las subcategorías de *sitios de disposición de residuos*

<sup>26</sup> Con investigaciones bibliográficas por parte del Equipo Técnico de Inventario Sectorial de Residuos se había determinado como posible año de inicio de operación (criterio de selección del año de inicio para el cálculo de las estimaciones); pero al cierre del inventario y en posterior redacción del informe final se descubrió que fue en 1986 que se construyó el relleno sanitario de Cerro Patacón. En próximas iteraciones se espera mejorar la información sobre las prácticas y condiciones de eliminación de los residuos.

*gestionados y sitios de disposición de residuos no categorizados* han sido agregadas en la subcategoría de *sitio de disposición de residuos no gestionado*, por lo que son reportadas como incluidas en otra parte (IE). La Tabla 7.5 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 7.5**

*Disposición de residuos sólidos: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2017*

Categorías de fuente de GEI	CH <sub>4</sub>	
	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	IE	IE

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

En Panamá existen diferentes regiones que muestran situaciones 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 CH<sub>4</sub> 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  $CH_4$  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<sup>-1</sup>)
- $t_{1/2}$  = vida media (años)

### Ecuación 7.5

*$CH_4$  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:

- $CH_4\ generado_T$  = cantidad  $CH_4$  generado a partir del material en descomposición
- $DDOCm\ descomp_T$  =  $CH_4$  descompuesto durante el año T, kt
- F = fracción volumétrica de  $CH_4$  en el gas de vertedero generado (fracción)

- $16/12 =$  cociente de pesos moleculares  $CH_4/C$  (cociente)

## Ecuación 7.6

*Emisiones de  $CH_4$  de los sitios de disposición*

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[ \sum_x CH_4\ generado_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

Fuente: Ecuación 3.1, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emisiones de  $CH_4 = CH_4$  emitido durante el año T, kt
- T = año del inventario
- x = categoría o tipo de desecho o material
- $R_T = CH_4$  recuperado el año T, kt
- $OX_T =$  factor de oxidación durante el año T (fracción)

Desde 2016<sup>27</sup> se inició la operación de una planta de generación eléctrica a partir de la recuperación de  $CH_4$  en el RSCP. El volumen de  $CH_4$  utilizado para la generación ( $R_T$ ) es descontado del total de GEI del sector Residuos, de acuerdo con lo señalado en la Ecuación 7.6 y en línea con las *Directrices del IPCC de 2006*, pero es incluido en el sector Energía. Pese a que es un valor pequeño, esta tecnología logró reducir en 2019, 6.8 kt  $CH_4$ , que equivale a 189.7 kt  $CO_2$  eq atribuidas a la disposición de residuos sólidos.

### 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 rellenos sanitarios y vertederos, esto fueron determinados de acuerdo con la información obtenida de las fuentes siguientes:

- Estadísticas de población, tonelaje de residuos sólidos ingresados al RSCP.
- Tasas de generación de residuos sólidos estimadas de la AAUD en el marco del desarrollo del PNGIR (AAUD, 2017).
- Tonelaje ingresado a vertederos a nivel nacional, suministrado por los municipios o empresas que administran SDRS entre ellas Urbalia Panamá S.A. empresa administradora del RSCP, y Empresa Metropolitana de Aseo (EMAS) administrado del Relleno Sanitario El Diamante (RSED).

<sup>27</sup> Según el Informe de Generación Mensual de 2017 del Centro Nacional de Despacho desde junio de ese año el RSCP inyecta a la red.

## Composición de los residuos

Con respecto a los datos de composición de residuos, se determinó utilizar los datos presentados por INECO (2017) a la AAUD (Tabla 7.6) respecto a la composición de residuos sólidos (en donde se han incorporado en un solo flujo los residuos domésticos, industriales y los lodos residuales de plantas de tratamiento) resultados de un estudio de caracterización en 31 de los sitios de disposición que diagnosticaron. Se aplican estos valores para toda la serie, tomando en consideración que las iniciativas nacionales de reciclaje no representan una variación significativa de ciertos tipos de material en el flujo con respecto a años anteriores en donde la producción y el consumo era distinto. Esta información, en conjunto con valores por defecto para de DOC, fueron la base para el cálculo de la fracción de DOC de los desechos brutos utilizando la Ecuación 7.2.

**Tabla 7.6**

*Disposición de residuos sólidos: composición nacional de los residuos sólidos, DOC<sub>i</sub> y DOC*

Componente de DSM	Composición promedio	Contenido DOC en %	DOC <sub>i</sub>
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
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
<b>Total</b>	100.0%	DOC	0.1664

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en AAUD, 2017.

## Residuos depositados en los rellenos sanitarios y vertederos

En Panamá, existen 62 sitios oficializados para la disposición de residuos sólidos (AAUD, 2017). Tres de ellos (RSCP, 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 consideran 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 de flujo de residuos de la mayoría de los sitios de disposición constituye una dificultad, puesto que no ha sido una práctica la de llevar estadísticas de los volúmenes que ingresan y son vertidos. La serie temporal para este estudio se ha definido para el período 1990-2019 por lo

que se procedió a utilizar las tasas de generación de todas las provincias, obtenidas de estudios anteriores. A partir de estos dos datos se determina el porcentaje de variación anual acumulado entre los años en mención; porcentaje que se utilizaría no solo para estimar las tasas de generación de residuos sólidos entre estos años, sino también para estimarlas en los años previos y posteriores, completando el período de estudio.

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. En el caso particular de las provincias del área metropolitana (Panamá y Panamá Oeste) se recibió información directa de las empresas administradoras de los dos rellenos sanitarios más representativos (RSCP y RSED) que permitió estimar tasas de generación promedio de residuos sólidos para 2018 y 2019 (Tabla 7.7), esta misma data se utilizó para estimar la generación de 2015-2017. Las tasas estimadas fueron utilizadas como representativas de toda el área metropolitana, definida como Panamá, ya que se incluye el promedio de generación de residuos sólidos entre el Distrito de Panamá que incluye el Distrito de San Miguelito y la generación del Distrito de La Chorrera, que incluye el Distrito de Arraiján. Cabe destacar que Panamá Oeste se convierte oficialmente en provincia en 2014, por lo que la información del último censo de 2010 no contempla la información desagregada para esta provincia.

**Tabla 7.7**

*Disposición de residuos sólidos: tasa de generación de residuos sólidos 2018-2019 de Panamá y La Chorrera (kg/persona/día)*

Año	Tasa (kg/persona/día)	Población			Residuos (t)
		Panamá	La Chorrera	Total	
2018	1.206	1,532,682.0	486,456.0	2,019,138.0	888,628.3
2019	1.211	1,558,742.0	495,896.0	2,054,638.0	908,310.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Para complementar las tasas de generación promedio para Panamá de 1990 a 2014, como la serie de tiempo de las otras provincias, se utilizaron los datos correspondientes del *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos de Panamá* (OPS, 2001) y del *Diagnóstico de los Vertederos a Nivel Nacional* (AAUD, 2014). Con dichos datos iniciales y siguiendo las buenas prácticas de las *Directrices del IPCC de 2006* se definió una tasa de crecimiento por provincia para finalmente estimar la tasa de generación nacional de residuos sólidos para un periodo de 1990-2019 (Tabla 7.8). 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 posible compilar la serie desde 1970 o 1950 debido a la falta de tiempo para estudiar y revisar la poca información estadística disponible. Partiendo de datos de 2001 y 2014, según los resultados de la tendencia mostrada, se asumió una tasa de crecimiento interanual constante para Bocas del Toro (2.6 %), Coclé (3.3 %), Colón (0.1 %), Chiriquí (1.0 %), Darién (3.5 %), Herrera (3.3 %), Los Santos (2.9 %), Panamá (3.0 %), y Veraguas (2.1 %).

**Tabla 7.8**

*Disposición de residuos sólidos: tasa estimada de generación de residuos sólidos 1990-2019 (kg/persona/día)*

Año	Bocas del Toro	Coclé	Colón	Chiriquí	Darién	Herrera	Los Santos	Panamá	Veraguas	Promedio nacional
1990	0.4655	0.4218	0.7516	0.7075	0.3432	0.3792	0.3956	0.5176	0.4849	0.5408
1991	0.4778	0.4355	0.7524	0.7146	0.3552	0.3916	0.4070	0.5320	0.4952	0.5518
1992	0.4904	0.4497	0.7532	0.7218	0.3675	0.4044	0.4186	0.5468	0.5056	0.5633
1993	0.5033	0.4643	0.7539	0.7291	0.3803	0.4176	0.4306	0.5620	0.5163	0.5752
1994	0.5166	0.4795	0.7547	0.7364	0.3935	0.4312	0.4430	0.5777	0.5271	0.5875
1995	0.5303	0.4951	0.7554	0.7439	0.4072	0.4453	0.4557	0.5938	0.5382	0.6002
1996	0.5443	0.5112	0.7562	0.7514	0.4214	0.4599	0.4688	0.6103	0.5496	0.6134
1997	0.5586	0.5278	0.7569	0.7589	0.4361	0.4749	0.4822	0.6272	0.5612	0.6269
1998	0.5734	0.5450	0.7577	0.7666	0.4512	0.4904	0.4961	0.6447	0.5730	0.6409
1999	0.5885	0.5628	0.7585	0.7743	0.4669	0.5064	0.5103	0.6626	0.5851	0.6554
2000	0.6041	0.5811	0.7592	0.7821	0.4832	0.5229	0.5249	0.6811	0.5974	0.6703
2001	0.6200	0.6000	0.7600	0.7900	0.5000	0.5400	0.5400	0.7000	0.6100	0.6857
2002	0.6364	0.6195	0.7608	0.7980	0.5174	0.5576	0.5555	0.7195	0.6229	0.7016
2003	0.6532	0.6397	0.7615	0.8060	0.5354	0.5758	0.5714	0.7395	0.6360	0.7179
2004	0.6704	0.6605	0.7623	0.8141	0.5540	0.5946	0.5878	0.7601	0.6494	0.7347
2005	0.6881	0.6820	0.7631	0.8223	0.5733	0.6141	0.6047	0.7812	0.6631	0.7519
2006	0.7063	0.7042	0.7638	0.8306	0.5933	0.6341	0.6220	0.8029	0.6771	0.7697
2007	0.7249	0.7272	0.7646	0.8390	0.6139	0.6548	0.6399	0.8253	0.6913	0.7879
2008	0.7441	0.7509	0.7654	0.8474	0.6353	0.6762	0.6582	0.8482	0.7059	0.8067
2009	0.7637	0.7753	0.7661	0.8560	0.6574	0.6983	0.6771	0.8718	0.7208	0.8260
2010	0.7839	0.8005	0.7669	0.8646	0.6803	0.7211	0.6966	0.8961	0.7360	0.8456
2011	0.8046	0.8266	0.7677	0.8733	0.7039	0.7446	0.7165	0.9210	0.7515	0.8660
2012	0.8258	0.8535	0.7685	0.8821	0.7284	0.7690	0.7371	0.9466	0.7673	0.8871
2013	0.8476	0.8813	0.7692	0.8910	0.7538	0.7941	0.7582	0.9729	0.7835	0.9088
2014	0.8700	0.9100	0.7700	0.9000	0.7800	0.8200	0.7800	1.0000	0.8000	0.9311
2015	0.8966	0.9396	0.7708	0.9091	0.8071	0.8468	0.8024	1.0479	0.8169	0.9653
2016	0.9240	0.9702	0.7716	0.9182	0.8352	0.8744	0.8254	1.0981	0.8341	1.0011
2017	0.9522	1.0018	0.7723	0.9275	0.8643	0.9030	0.8491	1.1507	0.8517	1.0386
2018	0.9813	1.0344	0.7731	0.9368	0.8944	0.9325	0.8734	1.2058	0.8696	1.0779
2019	1.0113	1.0681	0.7739	0.9463	0.9255	0.9629	0.8985	1.2112	0.8879	1.0894

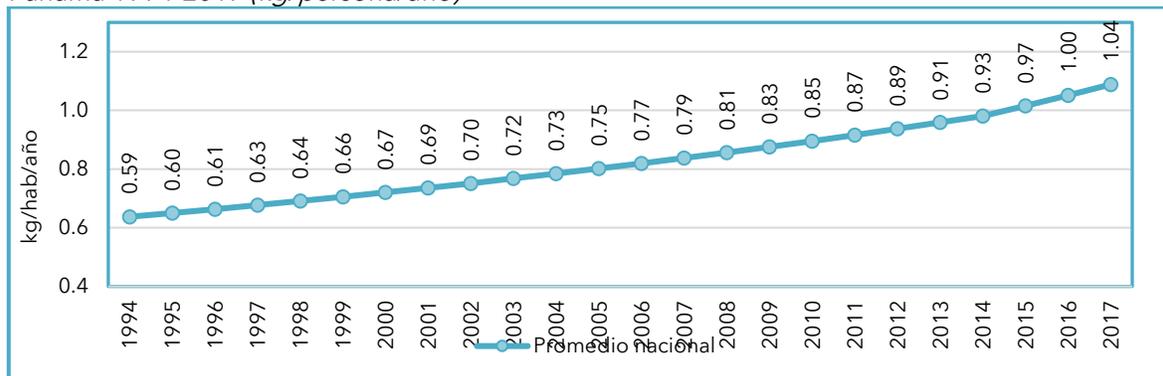
**Nota:** Los valores correspondientes a 2001 y 2014 corresponden a la tasa de generación de estudios previos.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

En la Figura 7.3 se muestra la evolución de la tasa promedio de generación de residuos sólidos a nivel nacional, estimada para el período 1990-2019, 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 7.3**

*Disposición de residuos sólidos: tasa estimada promedio de generación de residuos sólidos de Panamá 1994-2017 (kg/persona/año)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 1990-2019 (Tabla 7.9 y Figura 7.4), completando la brecha de información y se estima la masa de generación de residuos sólidos la cual se asume que es igual a la tasa de disposición de residuos.

**Tabla 7.9**

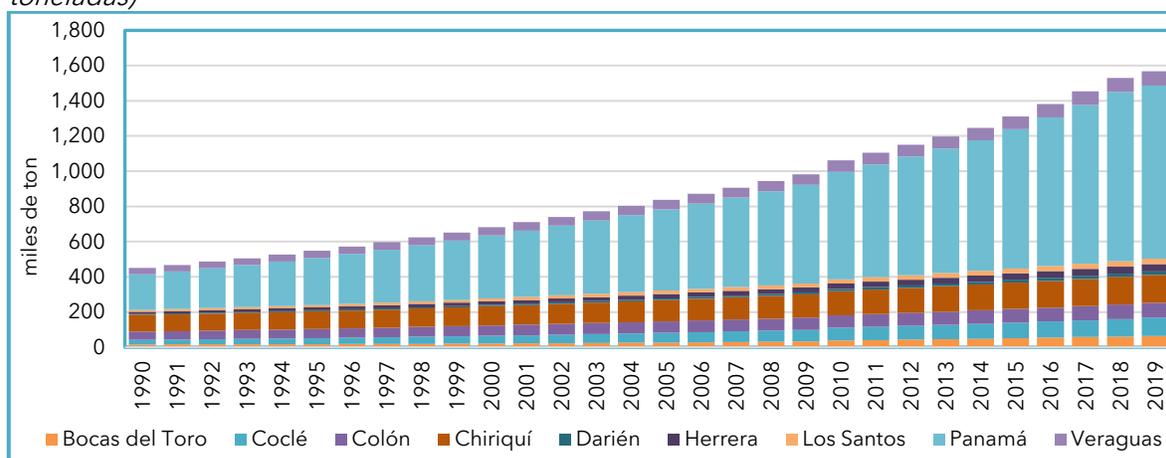
*Disposición de residuos sólidos: total de residuos sólidos en base húmeda 1994-2019 (miles de toneladas)*

Año	Bocas del Toro	Coclé	Colón	Chiriquí	Darién	Herrera	Los Santos	Panamá	Veraguas	Total
1990	15.86	26.66	46.05	95.61	4.49	12.97	11.11	202.08	36.04	451
1991	16.13	28.07	47.18	96.07	4.73	13.56	11.57	213.58	36.98	468
1992	16.43	29.55	48.34	96.75	4.97	14.17	12.04	225.81	37.96	486
1993	16.79	31.11	49.54	97.63	5.23	14.82	12.54	238.81	38.98	505
1994	17.2	32.7	50.8	98.7	5.5	15.5	13.1	252.6	40.0	526.1
1995	17.6	34.5	52.0	100.0	5.8	16.2	13.6	267.4	41.2	548.2
1996	18.1	36.3	53.3	101.4	6.1	17.0	14.2	283.0	42.3	571.7
1997	18.7	38.2	54.6	103.0	6.4	17.7	14.7	299.8	43.5	596.8
1998	19.3	40.2	56.0	104.8	6.7	18.6	15.3	317.6	44.8	623.4
1999	19.9	42.4	57.4	106.8	7.1	19.4	16.0	336.6	46.1	651.7
2000	20.7	44.6	58.8	108.9	7.5	20.3	16.6	357.0	47.5	681.9
2001	21.7	46.7	60.0	111.3	7.8	21.1	17.2	376.1	48.8	710.7
2002	22.8	48.8	61.1	113.9	8.1	22.0	17.8	396.1	50.1	740.6
2003	24.0	51.1	62.2	116.4	8.5	22.8	18.4	416.9	51.4	771.7
2004	25.2	53.4	63.3	119.0	8.9	23.7	19.0	438.6	52.7	803.8
2005	26.5	55.8	64.5	121.5	9.2	24.7	19.6	461.1	54.1	837.0
2006	27.8	58.4	65.6	124.1	9.7	25.6	20.3	484.5	55.4	871.4
2007	29.3	61.0	66.8	126.8	10.1	26.6	21.0	508.9	56.8	907.0
2008	30.7	63.7	67.9	129.5	10.5	27.6	21.7	534.1	58.1	943.9
2009	32.3	66.6	69.1	132.1	11.0	28.6	22.4	560.4	59.5	981.9
2010	38.6	71.5	71.4	137.6	12.7	30.6	23.9	610.9	64.3	1,061.5
2011	40.8	74.6	72.7	139.9	13.3	31.8	24.7	641.2	66.0	1,105.0
2012	43.2	77.8	74.0	142.3	13.9	32.9	25.4	673.4	67.7	1,150.6
2013	45.7	81.1	75.2	144.8	14.6	34.1	26.2	706.7	69.4	1,197.7
2014	48.3	84.6	76.6	147.3	15.3	35.3	27.0	740.9	71.1	1,246.3
2015	51.2	88.1	77.9	149.7	16.0	36.5	27.9	791.6	72.9	1,311.8
2016	54.3	91.8	79.2	152.2	16.8	37.8	28.7	845.3	74.7	1,380.7
2017	57.6	95.6	80.5	154.6	17.6	39.1	29.6	902.2	76.5	1,453.2
2018	61.01	99.40	81.77	157.13	18.43	40.41	30.44	962.39	78.37	1,529
2019	64.64	103.37	83.06	159.59	19.30	41.78	31.33	983.57	80.26	1,567

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 7.4**

*Disposición de residuos sólidos: total de residuos sólidos en base húmeda 1994-2017 (miles de toneladas)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 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 7.6), utilizados para realizar las estimaciones en línea con la Ecuación 7.2, permitiendo estimar otros parámetros como la constante de reacción. La Tabla 7.10 presenta los principales factores de emisión y parámetros aplicados.

**Tabla 7.10**

*Disposición de residuos sólidos: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Especificación	Valor	Unidad	Fuente
DOCf	Bajo la hipótesis de que el ambiente del SEDS es anaeróbico y que los valores del DOC incluyen la lignina	0.50	Adimensional	Sección 3.2.3, Capítulo 3, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
MCF	No gestionado - profundo (>5 m desechos) y/o capa freática elevada	0.80	Adimensional	Cuadro 3.1, Capítulo 3, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
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	Desechos de degradación moderada - Zona Climática Tropical - Húmedo y Seco	0.17	Adimensional	Cuadro 3.3, Capítulo 3, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

### 7.2.4. 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 incertidumbre combinada de la categoría de fuente de GEI de *disposición de residuos sólidos* es de  $\pm 96.7\%$ , atribuida principalmente por el uso de parámetros por defecto (Tabla 7.11). Debido a que actualmente no existe medición real de tonelaje de residuos sólidos en sitios de disposición, el uso de información real es limitado, por lo que se considera un alto grado de incertidumbre asociada a los datos de actividad y factores de emisión por defecto para la estimación de GEI que pueden no adecuarse a las circunstancias nacionales del país.

La incertidumbre del sector está dominada por los parámetros del total de los desechos sólidos y fracción enviada a los sitios de disposición de residuos sólidos de países que recopilan datos sobre generación con poca calidad para la mayoría

de la serie. Para la recuperación de metano la medición se realiza in situ. Para el resto de los parámetros se utilizaron los valores por defecto del IPCC.

**Tabla 7.11**

*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.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	CH <sub>4</sub>	0.0%	96.7%	96.7%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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, Urbalia Panamá S.A y EMAS (estas últimas administradoras de RSCP y RSED) suministrada por los municipios, Urbalia Panamá S.A y EMAS (estas últimas administradoras de RSCP y RSED), estas fuentes también fue utilizada para INGEI anterior y es consistente en el tiempo desde que es reportada como parte de las estadísticas nacionales.

Para la estimación de la tasa de generación de residuos para Panamá se contó con dos fuentes de información, por lo que se decidió utilizar los datos obtenidos para 2018 y 2019 para interpolar hacia 2015, puesto que hasta ese año se observó un comportamiento de la tendencia se alineaba con los datos de 2001 y 2014 disponibles.

Por otro lado, se han incluido datos de composición de residuos procedentes de la actividad doméstica, bajo el marco de preparación del PNGIR, en donde se desarrolló un estudio de caracterización en 31 de los sitios de disposición que diagnosticaron, de los 64 existentes en el país. Esta información se considera confiable, accesible y se espera su mejora progresiva en el tiempo.

### 7.2.5. 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 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 7.2.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las estimaciones en este ciclo de inventarios no pasaron por revisión de pares externos. Sin embargo, este proceso, junto con la evaluación del SSINGEI y el último inventario presentado por parte de la CMNUCC dio como resultado la identificación de mejoras descritas en la Sección 7.2.7.

### 7.2.5.2. 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 Residuos, y de esta forma evitar potenciales errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las estimaciones, estos resultados fueron presentados al equipo coordinador para comprobar la calidad de ellos.

Se utilizó una modificación nacional del modelo del DPO del IPCC, mismo que está debidamente documentado. Asimismo, se cuenta con la información de la instalación que recupera metano.

### 7.2.5.3. Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades específicas de verificación para esta categoría.

### 7.2.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *disposición de residuos sólidos* para los años 2018 y 2019 debido a la disposición de nuevos datos de actividad. Adicional, no hubo ningún cambio metodológico, ya que, se utilizaron los mismos supuestos y los mismos datos en comparación con el INGEI anterior.

### 7.2.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Los sitios de disposición de residuos presentan condiciones heterogéneas, su composición varía considerablemente entre sitios, por lo que considerar valores promedio para todo el país de por sí incrementa la incertidumbre en los cálculos. Es importante mencionar que las estimaciones realizadas en este inventario sectorial pueden estar subestimadas, ya que el RSCP inició operaciones a final de la década de los ochenta y anteriormente existió un sitio de disposición en Panamá Viejo, del que no se cuenta con información estadística al momento. Por otro lado, se puede considerar una sobreestimación en el resto del país, pues se asume que todo el volumen generado termina en un sitio de eliminación de residuos sólidos cuando en el país existe documentación de que esto no es así.

Se ha podido conocer que la mayoría de las instituciones consultadas no cuentan con un sistema de información, como ocurre en los municipios, donde el registro de volumen de residuos sólidos que ingresa a los vertederos es inexistente, reciente o incompleto. Esto constituye una gran dificultad que disminuye considerablemente la fidelidad de las estimaciones, ya que es necesario utilizar métodos alternativos para la determinación de la serie histórica requerida.

Con este contexto, como parte del plan de mejora de la categoría para el próximo ciclo de INGEI se considera lo siguiente:

- Realizar las respectivas investigaciones para el levantamiento de información, ya sea con estimación estadística o con apoyo de juicio de expertos, que logre establecer una serie histórica para los años anteriores de esta categoría.
- Iniciar un registro de los volúmenes que ingresan a los sitios de disposición para contar con información medida in situ.
- Estimar una tasa de generación aproximada desde 1970, esto haría que las estimaciones varíen ya que el método de DPO está basado en el cúmulo de residuos depositados en los sitios de disposición. Este cálculo podría realizarse a partir de datos históricos de población y un juicio de expertos siguiendo las buenas prácticas del IPCC.
- Realizar una corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.
- Realizar, a nivel nacional, la distinción entre las comunidades en donde la quema de residuos es una práctica común, ya que están incluidos en el flujo de disposición en sitios.
- Realizar estudios especializados para determinar el porcentaje de los distritos y por consiguiente, las provincias que realmente depositan en vertederos.
- Realizar un análisis más profundo para la selección de factores de emisión, como es el caso del MCF, que se basa en los tipos de sitios de disposición y actualmente no existe categorización de dichos sitios por profundidad.

### **7.3. Tratamiento biológico de residuos sólidos (FCR 5.B)**

Esta categoría no fue estimada por falta de datos de actividad.

### **7.4. Incineración y quema abierta de residuos (FCR 5.C)**

Esta categoría no fue estimada por falta de datos de actividad.

### **7.5. Tratamiento y eliminación de aguas residuales (FCR 5.D)**

#### **7.5.1. Descripción de la categoría**

Las aguas residuales se originan de actividades domésticas, comerciales e industriales y existen diferentes tipos de sistemas para su disposición, como alcantarillados conectados a plantas de tratamiento, tanques sépticos, letrinas o vertidas directamente a fuentes de aguas superficiales, entre otros. Esta categoría aborda las emisiones del tratamiento y eliminación de aguas residuales, municipales e industriales en donde se produce CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Esta categoría incluye

las subcategorías *aguas residuales domésticas* y *aguas residuales industriales* (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye los GEI de *aguas residuales domésticas*. No se han incluido las *aguas residuales industriales* por falta de tiempo para procesar la limitada estadística recopilada del tratamiento y eliminación de este tipo de aguas residuales.

### 7.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2019, las emisiones de GEI contabilizaron 308.5 kt CO<sub>2</sub> eq. incrementándose en 69.4 % desde 2000 y en un 3.5 % desde 2017 (Tabla 7.2 y Figura 7.1). Al igual que en la categoría de *disposición de residuos sólidos*, 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

Dada la falta de información específica del país, para esta categoría se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, utilizando parámetros y factores de emisión por defecto. Las emisiones de *aguas residuales industriales* no han sido estimadas por falta de información de estadística sobre esta categorización de aguas residuales y tiempo para profundizar la compilación de la limitada información disponible. La Tabla 7.12 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 7.12**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2019*

Categorías de fuente de GEI	CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> 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 (especificar)	NO	NO	NO	NO

**Nota:** T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NE = no estimado; NO = no ocurre.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

En Panamá, los principales medios de disposición de aguas residuales domésticas son los sistemas de alcantarillado, tanques sépticos y letrinas. El tipo de sistema utilizado depende del nivel económico y de su disponibilidad/accesibilidad. En los últimos años se han realizado importantes esfuerzos para reducir la existencia de letrinas a nivel nacional, sin embargo, aún no existe información estadística actualizada y específica que permitirá conocer la situación real del país. Por lo que a partir de datos censales del INEC para 1990,

2000, 2010 se estimó el comportamiento de estos sistemas de disposición de aguas residuales domésticas.

### 7.5.3.1. Metodología para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub>

Para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub>, producto de las aguas residuales, se utilizaron datos específicos de la población total del país, la fracción de la población, tanto urbana, como rural y la estructura de distribución de los diferentes tipos de sistemas (tanque séptico, letrinas, etc.) como también parámetros por defecto referidos a demanda biológica de oxígeno (DBO), capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub> (B<sub>o</sub>) y del MCF para cada tipo de sistema sanitario. 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*

$$TOW = P \times DBO \times 0.001 \times I \times 365$$

Fuente: Ecuación 6.3, Capítulo 6, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

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
- I = 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)

#### Ecuación 7.8

*Factor de emisión de CH<sub>4</sub> 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<sub>j</sub> = factor de emisión, kg de CH<sub>4</sub>/kg de DBO
- j = cada vía o sistema de tratamiento o eliminación
- B<sub>o</sub> = capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub>, kg de CH<sub>4</sub>/kg de DBO
- MCF<sub>j</sub> = factor corrector para el metano (fracción)

#### Ecuación 7.9

*Emisiones totales de CH<sub>4</sub> procedentes de las aguas residuales domésticas*

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[ \sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] \times (TOW - S) - R$$

Fuente: Ecuación 6.1, Capítulo 6, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emisiones de CH<sub>4</sub> = emisiones de CH<sub>4</sub> durante el año del inventario, kg de CH<sub>4</sub>/año
- TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg de DBO/año
- S = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg. de DBO/año
- U<sub>i</sub> = fracción de la población del grupo de ingresos i en el año de inventario
- T<sub>ij</sub> = 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 = grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos
- j = cada vía o sistema de tratamiento/eliminación
- EF<sub>j</sub> = factor de emisión, kg de CH<sub>4</sub>/kg de DBO
- R = cantidad de CH<sub>4</sub> recuperada durante el año del inventario, kg de CH<sub>4</sub>/año

### 7.5.3.2. Metodología para la estimación de emisiones de N<sub>2</sub>O

Para la estimación de emisiones de N<sub>2</sub>O de las aguas residuales se utilizaron datos específicos de la población total del país y promedio anual de la disponibilidad diaria de proteína per cápita, como también parámetros por defecto referidos a contenido de N en el efluente disponible en las *Directrices del IPCC de 2006*. La estimación considera las ecuaciones siguientes:

#### Ecuación 7.10

*Nitrógeno total en los efluentes*

$$N_{\text{EFLENTE}} = (P \times \text{Proteína} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-COM}} \times F_{\text{IND-COM}}) - N_{\text{LODO}}$$

Fuente: Ecuación 6.8, Capítulo 6, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- N<sub>EFLENTE</sub> = cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales, kg de N/año
- P = población humana
- Proteína = consumo per cápita anual de proteínas, kg/personas/año
- F<sub>NPR</sub> = fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0,16 kg de N/kg de proteína
- F<sub>NON-COM</sub> = factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales
- F<sub>IND-COM</sub> = factor para las proteínas industriales y comerciales eliminadas en los sistemas de alcantarillado
- N<sub>LODO</sub> = nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto = 0), kg de N/año

#### Ecuación 7.11

*Emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de las aguas residuales efluentes*

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = N_{\text{EFLENTE}} \times EF_{\text{EFLENTE}} \times 44/28$$

Fuente: Ecuación 6.7, Capítulo 6, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emisiones de N<sub>2</sub>O = emisiones de N<sub>2</sub>O durante el año del inventario, kg de N<sub>2</sub>O/año
- N<sub>EFLENTE</sub> = nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/año

- $EF_{\text{EFUENTE}}$  = 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

Los datos de actividad y parámetros requeridos para la estimación de emisiones de esta categoría específicamente para  $CH_4$  son la población total del país, la fracción de la población, tanto urbana, como rural y la estructura de distribución de los diferentes tipos de sistemas (eliminación en ríos, tanque séptico, letrinas y reactor anaeróbico.). Mientras que para la estimación de emisiones de  $N_2O$ , adicional a la población, se requiere el promedio anual de la disponibilidad diaria de proteína per cápita (kg/persona/año) de acuerdo con las estadísticas de disponibilidad diaria de calorías, proteínas, grasas, sales y vitaminas por habitante, según grupo de alimentos de acuerdo con la información estadística del INEC.

Para la determinación de la población total anual del país se tomaron en cuenta los censos de 1990, 2000 y 2010, publicados por el INEC, y a partir de esta información se realizaron las estimaciones interanuales necesarias utilizando las *Directrices del IPCC de 2006* para la interpolación lineal (Tabla 7.13). Esta información es utilizada para determinar el total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas, en conjunto con el valor de DBO5 per cápita por defecto (40.0 g/persona/día).

De igual manera, para la división de grupos de ingreso se utilizaron los datos censales de 1990, 2000 y 2010 del INEC y se utilizaron los datos del censo de vivienda para la determinación de los el grado de utilización o eliminación por grupo de ingresos (rural, urbano bajo y urbano alto). Para completar los datos faltantes se utilizaron métodos de interpolación y extrapolación lineal (ANEXO 3.3).

Para complementar los datos de actividad requeridos para la estimación de  $N_2O$ , la Tabla 7.14 muestra el promedio anual de la disponibilidad diaria de la proteína per cápita (kg/persona/año) para 1990-2019 obtenido a través de estadísticas del INEC.

**Tabla 7.13**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: población 1990-2019*

Año	Población
1990	2,326,291
1991	2,376,657
1992	2,429,587
1993	2,485,155
1994	2,543,155
1995	2,603,828
1996	2,667,139
1997	2,733,140

Año	Población
1998	2,801,899
1999	2,873,495
2000	2,948,023
2001	3,003,954
2002	3,060,090
2003	3,116,277
2004	3,172,360
2005	3,228,186
2006	3,283,959
2007	3,339,781
2008	3,395,346
2009	3,450,349
2010	3,661,835
2011	3,723,821
2012	3,787,511
2013	3,850,735
2014	3,913,275
2015	3,975,404
2016	4,037,043
2017	4,098,135
2018	4,158,783
2019	4,218,808

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 7.14**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: disponibilidad diaria de la proteína per cápita 1990-2019 (kg/persona/año)*

Año	Proteína per cápita (kg/persona/año)
1990	24,13
1991	21,86
1992	24,24
1993	22,34
1994	21,72
1995	23,36
1996	23,69
1997	22,92
1998	24,05
1999	22,70
2000	24,27
2001	23,695
2002	24,49
2003	24,56
2004	21,94
2005	23,65
2006	23,83
2007	25,66
2008	28,36
2009	27,52
2010	26,83
2011	29,64
2012	30,00
2013	28,40
2014	28,80
2015	30,77
2016	30,11
2017	30,44
2018	30,77
2019	31,11

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 7.5.3.4. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para calcular el factor de emisión de CH<sub>4</sub> agregado, se utilizaron datos por defecto correspondientes a la B<sub>0</sub> y el MCF para cada tipo de sistema sanitario (Tabla 7.15). La Tabla 7.16 presenta los principales factores de emisión y parámetros aplicados.

**Tabla 7.15**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: parámetros para el cálculo del factor de emisión de CH<sub>4</sub>*

Sistema de tratamiento/eliminación de aguas residuales	EF	B <sub>0</sub>	MCF
Mar-río-lago	0.06	0.60	0.10
Reactor anaeróbico	0.48	0.60	0.80
Sistema séptico	0.30	0.60	0.50
Letrina	0.06	0.60	0.10

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla 7.16**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Especificación	Valor	Unidad	Fuente
B <sub>0</sub>		0.600	kg de CH <sub>4</sub> /kg de DBO	Sección 6.2.2.2, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
BOD		40.000	g/persona/día	Cuadro 6.4, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006.
I	Si es recolectado, el valor por defecto es 1.25/Si no es recolectado el valor por defecto es 1.0	1.000	Adimensional	Sección 6.2.2.3, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
EF <sub>EFLUENTE</sub>		0.005	kg N <sub>2</sub> O N / kg N	Cuadro 6.11, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
F <sub>NPR</sub>		0.160	kg N/kg de proteína	Cuadro 6.11, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
F <sub>NON-CON</sub>	1.1 para los países sin eliminación de residuos 1.4 para los países con eliminación de residuos	1.400	Adimensional	Cuadro 6.11, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
F <sub>IND-CON</sub>		1.250	Adimensional	Cuadro 6.11, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
F <sub>LODO</sub>		0.000	kg de N/año	Sección 6.3.1.3, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

### 7.5.4. 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, Volumen 5 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la *eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas* varían desde ±122.9 a 1400.9 % (Tabla 7.17). 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 7.17**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: incertidumbre combinada (%)*

<i>Categorías de fuente de GEI</i>	<i>GEI</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad (± %)</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión (± %)</i>	<i>Incertidumbre combinada (± %)</i>
5.D.1. Aguas residuales domésticas	CH <sub>4</sub>	107.7%	59.2%	122.9%
	N <sub>2</sub> O	49.2%	1400.0%	1400.0%

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para toda la serie de *tratamiento y eliminación de aguas residuales* se utilizaron estadísticas de población, caracterización de los sistemas de tratamiento y consumo de proteína diaria nacional del INEC, esta fuente también fue utilizada para INGEI previos y es consistente en el tiempo desde que es reportada como parte de las estadísticas nacionales.

### 7.5.5. 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 1.2.2. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales se describen a continuación.

#### 7.5.5.1. Actividades específicas de garantía de calidad

Las estimaciones en este ciclo de inventarios no pasaron por revisión de pares externos. Sin embargo, este proceso, junto con la evaluación del SSINGEI y el INGEI previo por parte de la CMNUCC dio como resultado la identificación de mejoras descritas en la Sección 7.2.7.

#### 7.5.5.2. 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 Residuos, y de esta forma evitar potenciales errores por el ingreso manual. Una vez obtenidas las estimaciones, estos resultados fueron presentados al equipo coordinador para comprobar la calidad de ellos.

#### 7.5.5.3. Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades específicas de verificación para esta categoría.

### 7.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *tratamiento y eliminación de aguas residuales* en cuanto a los valores para la urbanización y el grado de utilización de la vía de tratamiento o eliminación del método por grupo de ingreso. A diferencia del último inventario, no se consideraron constantes estos.

Como se presenta en la Tabla 7.18, las emisiones de la categoría para todos los años se pueden deber principalmente a la serialización de los valores de urbanización y las vías de tratamiento a través del tiempo. El INGEI anterior se realizó con la información limitada disponible (información que se repitió del inventario del 2013), por lo que no es posible asegurar con certeza el origen de las diferencias resultantes.

**Tabla 7.18**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: comparación INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017	2018	2017
INGEI anteriores	400.1	436.9	502.4	531.8	570.9		
INGEI actual	182.1	203.6	243.3	277.0	297.9	303.2	308.5
<b>Diferencia</b>	<b>--218.0</b>	<b>233.3</b>	<b>-259.1</b>	<b>-254.8</b>	<b>-273.0</b>		
<b>Diferencia %</b>	<b>-54.50%</b>	<b>-53.41%</b>	<b>-51.58%</b>	<b>-47.91%</b>	<b>-47.82</b>		

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### 7.5.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Se utilizaron los datos disponibles del INEC a través de la herramienta REDATAM para el establecimiento del grado urbanización y vías de eliminación, sin embargo, la misma no fue validada con los expertos sectoriales.

El sistema de información con los datos requeridos a nivel nacional se encuentra de manera dispersa con algunos datos de la serie. Esto constituye una gran dificultad que incrementa la incertidumbre de las estimaciones, ya que es necesario utilizar métodos alternativos para la determinación de la serie histórica requerida.

Con este contexto, como parte del plan de mejora de la categoría para el próximo ciclo de INGEI se considera lo siguiente:

- 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.
- Realizar una corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.
- Mejorar la información en el inventario sobre todo los tipos de descarga y/o tratamiento que ocurren en el país.
- Mejorar la información proporcionada en el inventario sobre la generación de lodos, su eliminación y usos.

# 8 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 8. NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INGEI

El INGEI de Panamá se ha constituido como la base científica para la formulación de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos nacionales que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI y/o al aumento de los sumideros de carbono. Además, desempeña un papel fundamental en la actualización, monitoreo, seguimiento y comunicación de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (CDN) del país y principal fuente de información para proyectos y actividades del sector académico, empresarial y la sociedad civil en general.

Este enfoque ha generado la necesidad de contar con una serie de tiempo y un año base de las emisiones que cumpla con los principios establecidos por las Directrices de IPCC y que genere valores de emisiones y absorciones que sean los más próximos posibles a los valores reales para que el país pueda contar con información sobre las tendencias históricas de las mismas y realizar un seguimiento de los efectos de las acciones de mitigación a nivel nacional.

Además, el fortalecimiento de capacidades y la implementación de mejoras como resultado del proceso de institucionalización en la elaboración del inventario ha permitido contar con un INGEI más transparente, exhaustivo, coherente, comparable y exacto. A continuación, se presentan las diferencias del presente INGEI 2000.2019 con respecto al inventario previamente reportado por el país ante la CMNUCC como parte del Segundo Informe Bienal de Actualización y se justifican los nuevos cálculos y mejoras en el inventario. Estas diferencias se deben a cambios metodológicos y al refinamiento de datos de actividad, comparables a lo largo de la serie temporal.

### 8.1. Justificación e implicancias de los nuevos cálculos

Este nuevo INGEI al igual que el INGEI 2020 presentado con el 2IBA fueron elaborados siguiendo los lineamientos establecidos por las *Directrices del IPCC* de 2006. Para el presente inventario se mejoraron ciertos aspectos metodológicos para sectores como Energía, IPPU, UTCUTS y Residuos para toda la serie temporal. Adicionalmente, se logró incorporar el uso de ciertos factores de emisión del Refinamiento 2019 de las *Directrices del IPCC* de 2006.

El presente INGEI ha sido elaborado por capacidades nacionales y representa la primera serie temporal con el SSINGEI en marcha, lo que hizo posible incrementar la exhaustividad a la hora de obtener los datos de actividad, el mapeo de nuevas fuentes y la implementación de mejoras identificadas previamente.

Dado que Panamá está comprometido con contar con inventarios cada vez más robustos, comparables y consistentes, la mejora más significativa para este inventario se centra en los métodos para la correcta representación de las tierras, ya que se logró consensuar el uso de los datos de actividad empleando un

muestreo estadístico de fotointerpretación con *Collect Earth*, generados por el Mapatón 2021. Esto dio como resultado el recálculo de las estimaciones del sector UTCUTS para así contar con una serie temporal desde el año 2000 al 2019.

Pese a lo descrito anteriormente, las diferencias entre el INGEI actual y el INGEI anterior no son muy significativas; sin embargo, se observó un importante incremento en las absorciones netas de CO<sub>2</sub> en el INGEI actual. También se observan variaciones del perfil de emisiones y absorciones de GEI del país. Esta diferencia está dominada por los cambios del sector UTCUTS (Tabla 8. 1 y Figura 8. 1).

**Tabla 8. 1.**

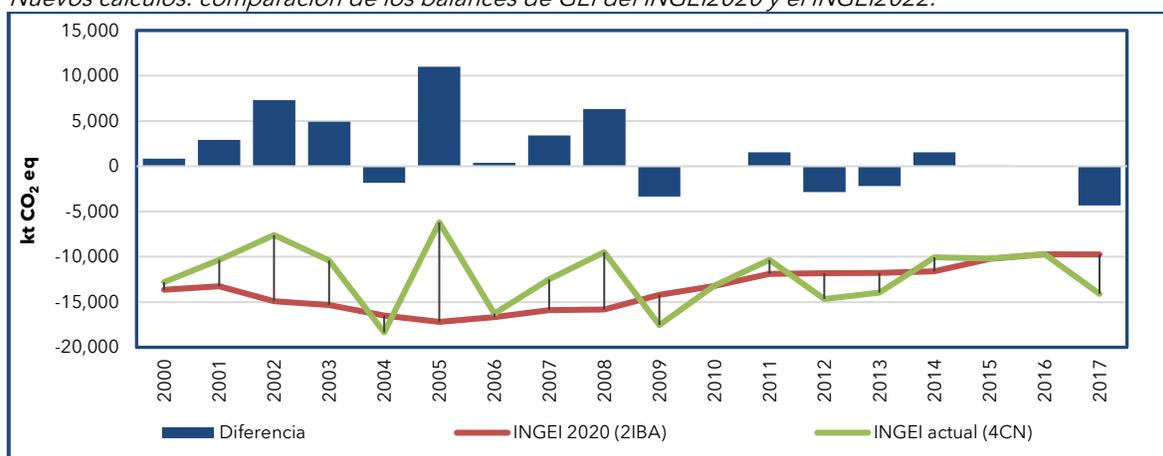
*Nuevos cálculos: comparación de los balances de GEI del INGEI2020 y el INGEI2022 (kt CO<sub>2</sub> eq).*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI 2020	-13,654.1	-17,187.4	-13,215.4	-11,777.4	-9,758.3
INGEI actual	-12,814.8	-6,201.2	-13,197.6	-13,955.2	-14,103.1
<b>Diferencia</b>	<b>839.30</b>	<b>10,986.20</b>	<b>17.80</b>	<b>-2,177.80</b>	<b>-4,344.80</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-6.15%</b>	<b>-63.92%</b>	<b>-0.13%</b>	<b>18.49%</b>	<b>44.52%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 8. 1.**

*Nuevos cálculos: comparación de los balances de GEI del INGEI2020 y el INGEI2022.*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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.

## 8.2. Aspectos relevantes en los nuevos cálculos y plan de mejora

### 8.2.1. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Energía

El INGEI anterior presentado en el 2IBA incluyó mejoras como: la desagregación de los combustibles kerosene, jet fuel y AV gas para la serie 2005-2017; exclusión del consumo de lubricantes del sector Energía para ser reportado en el sector

IPPU debido a que en el BEN son incluidos en el apartado *uso no energético*; mejoras en la aplicación y análisis se la correlación del método de referencia y el método sectorial; cuestiones relacionadas a conversión de unidades; estimación de emisiones de navegación marítima fluvial y su reporte como partida informativa.

Para el presente INGEI una vez el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por expertos de la CMNUCC, se realizaron mejoras a la serie temporal. Por lo que se incluyen mejoras con respecto a la calidad de los datos y el tratamiento de los mismos. Se actualizó el factor de conversión de la IEA aplicado a los datos brutos (de kbp a TJ) utilizando el que se encuentra público en el sitio web de la agencia. Adicionalmente, se corrigieron los factores de emisión de CH<sub>4</sub> de otro queroseno y otro carbón bituminoso utilizado en el cálculo de las emisiones de la subcategoría industrias manufactureras y de la construcción. Sin embargo, se sigue presentando un porcentaje de sobreestimación debido a la falta de información para desagregar el consumo de diesel oil marino de las barcas de apoyo del Canal de Panamá del consumo de combustibles de buques que pasan por el Canal y que deberían ser atribuidos a *tanques de combustible internacional*.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, las emisiones de GEI del sector Energía para todos los años comparados presentan diferencias mínimas que no evidencia cambios en la tendencia. El año que presenta mayor diferencia es el 2013, sin embargo, esto no supera 1.2 kt de CO<sub>2</sub> eq (Tabla 8. 2). El promedio porcentual para todos los años comparados es un aumento de 0.01 %.

**Tabla 8. 2.**

*Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector Energía de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI 2020 (2IBA)	5,191.1	5,674.5	9,195.4	10,149.8	11,245.9
INGEI actual (4CN)	5,191.8	5,674.7	9,195.8	10,150.9	11,246.4
<b>Diferencia</b>	<b>0.7</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>1.2</b>	<b>0.5</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Energía se ha considerado lo siguiente:

- Tomando en consideración que la mayoría de las subcategorías bajo *actividades de quema del combustible* han sido identificadas como categorías principales, 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<sub>2</sub>, y a partir de ello estimar las emisiones con el método de Nivel 2.

- Analizar la información disponible para sustentar los datos utilizados en la elaboración del BEN por parte de la SNE, para la mejora de la información de los años anteriores a 2004.
- Implementación del Sistema de Información Energética de Panamá (siePanamá) y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos estadísticos del BEN, lo que implica mejorar los datos de actividad para todo el sector Energía.
- Investigar opciones para la desagregación del consumo de diesel oil en las barcas de apoyo del Canal de Panamá del total reportado por la AMP. Asimismo, desagregar la información respecto a la navegación dentro del BEN.
- Estimación de los datos de consumo de combustible de la navegación marítima (2000 - 2008), utilizando técnicas de empalme de datos como la extrapolación y la correlación.
- Investigar opciones para desagregar del consumo de combustibles en *vehículos todoterreno y otra maquinaria y pesca nacional e internacional del transporte terrestre*.

### 8.2.2. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector IPPU

En el INGEI anterior presentado en el 2IBA se logró la inclusión cuatro nuevas fuentes de emisiones; debido a la determinación de la existencia de la industria de producción de cal en el país, la recolección de datos de actividad y paramétricos para las emisiones de GEI asociadas a los HFC y la determinación de la existencia del uso de productos no energéticos de combustibles. Adicional se incluyó una nueva fuente de datos para la *producción de cemento* que anteriormente no había sido considerada. Las principales mejoras fueron atribuidas al manejo y tratamiento de la información de las industrias de los minerales, el cual es un grupo muy reducido en el país

Para el presente INGEI una vez el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por expertos de la CMNUCC, se mejoró la categoría *uso de lubricantes* a través de la desagregación de los datos de actividad en lubricantes y grasas; esto permitió una mejora metodológica a la categoría mediante la implementación de la metodología Nivel 2 que dicta las Directrices del IPCC de 2006. Adicionalmente, se excluyeron las emisiones por *producción de cal* porque, mediante visita a campo, se confirmó que la actividad no produce emisiones de GEI para este sector, mientras que una revisión de la UNO a su base de datos permitió identificar nuevas fuentes de consumos de HFC y la corrección de datos de actividad.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, entre otros, las emisiones de GEI del sector IPPU, cuando se comparan entre el INGEI actual y el INGEI2020, muestran una disminución entre 2000 y 2012. Esto se debe a la desagregación de datos de productos no energéticos de combustible, que permitió separar el uso de lubricantes, grasas y asfaltos que antes se reportaban de manera conjunta. Otras mejoras que impactaron en la serie incluyen correcciones en la composición de mezclas de HFC y 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. (Tabla 8. 3). El promedio porcentual para todos los años comparados muestra una disminución general de -2.3 % (Figura 8. 2).

**Tabla 8. 3.**

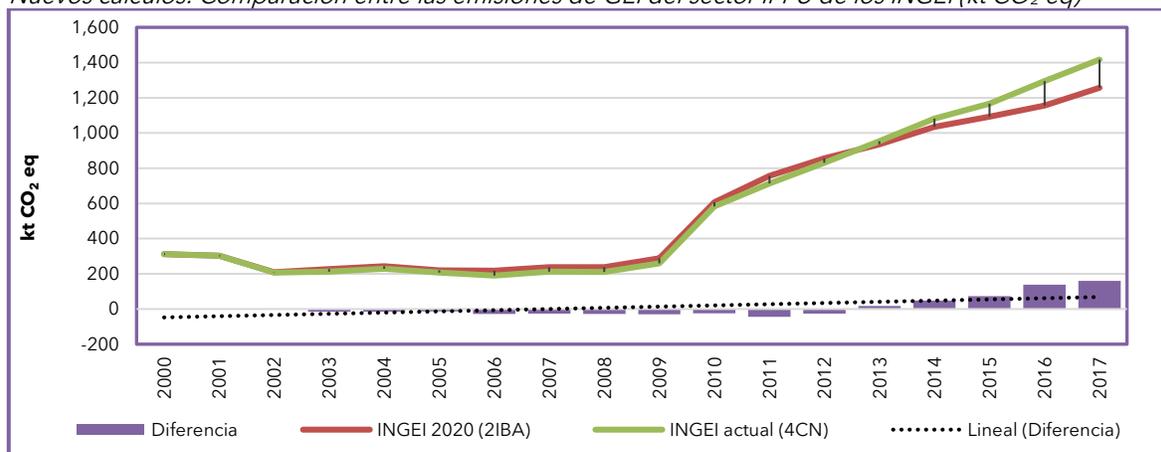
*Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector IPPU de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI 2020 (2IBA)	312.5	219.7	605.9	936.2	1,256.8
INGEI actual (4CN)	312.3	206.2	582.1	952.6	1,417.1
<b>Diferencia</b>	<b>-0.2</b>	<b>-13.5</b>	<b>-23.8</b>	<b>16.4</b>	<b>160.3</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-0.1%</b>	<b>-6.2%</b>	<b>-3.9%</b>	<b>1.7%</b>	<b>12.8%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 8. 2.**

*Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector IPPU de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Como parte del plan de mejora del inventario del sector IPPU se ha considerado lo siguiente:

- Desarrollar factores de emisión país específico con el apoyo de los actores clave, principalmente en las categorías principales del balance nacional, como producción de cemento y el uso de productos sustitutos de las SAO.
- Implementar un sistema de transferencias de información con el sector privado, a través de convenios y acuerdos de cooperación. Debido a la relevancia que tiene como proveedor de datos para este sector.

- Robustecer la búsqueda de los datos de actividad que no fueron posible conseguir para estos nuevos cálculos. Principalmente la información referente a los pequeños, producción de vidrios, el uso de SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos, la data de los sustitutos de las SAO previa a 2012 y uso de anestésicos con fines médicos.
- Establecer una sinergia con la Autoridad Nacional de Aduanas 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.

### 8.2.3. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Agricultura

El INGEI anterior presentado en el 2IBA se elaboró con capacidades nacionales y contó con el involucramiento de las entidades competentes, en este caso MIDA, 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. Entre ellas la inclusión de nuevas fuentes de emisión, mejora en la calidad de los datos y tratamiento de los mismos, ajuste en factores de emisión por defecto de N<sub>2</sub>O resultantes de la volatilización (EF4) de los caprinos y la desagregación de datos por región climática. Adicionalmente, se logró estimar por juicio de experto el porcentaje por subcategoría de ganado para los distintos SGE y se revisaron nuevas fuentes de información como el *Refinamiento de 2019 del IPCC*

Para el presente INGEI una vez el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por expertos de la CMNUCC. Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *quema de residuos agrícolas en el campo* debido, principalmente, al ajuste y uso apropiado de la masa de combustible aplicado a cada una de las subcategorías, por lo que se presentan diferencias en las estimaciones con respecto a la serie presentada en el 2IBA

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, las emisiones de GEI del sector Agricultura para todos los años comparados presentan diferencias mínimas que no evidencia cambios en la tendencia. El año que presenta mayor diferencia es el 2016, sin embargo, esto no supera 8.6 kt de CO<sub>2</sub> eq (Tabla 8. 4). El promedio porcentual para todos los años comparados es un aumento de 0.10 %.

**Tabla 8. 4.**

*Nuevos cálculos: Comparación entre las emisiones de GEI del sector Agricultura de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI 2020 (2IBA)	3,065.5	3,511.6	3,677.0	3,852.9	3,463.2
INGEI actual (4CN)	3,068.8	3,515.3	3,681.0	3,857.2	3,468.0
<b>Diferencia</b>	<b>3.3</b>	<b>3.7</b>	<b>4.1</b>	<b>4.3</b>	<b>4.8</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.1%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Agricultura se ha considerado lo siguiente:

- Desarrollo de factores de emisión país específico para las categorías principales del sector, en especial para la *fermentación entérica* de *otros vacunos y ganado lechero*.
- Investigar, a través de los expertos del sector, sobre información de los diferentes sistemas de gestión de estiércol y masa típica de animal que le permita al equipo técnico de Agricultura contar con datos más exactos para las estimaciones.
- Se estimarán las emisiones producto del *nitrógeno mineralizado resultante de la pérdida en las existencias de carbono orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión* y la subcategoría *residuos agrícolas*.

#### 8.2.4. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS

El INGEI anterior presentado en el 2IBA se hizo un recalcu para los años 1994, 2000, 2005, 2010, 2013 y 2017 con una misma metodología aplicable y consistente para cada uno de los años. Además, se utilizaron factores de emisión propios del país provenientes del INFC y se implementó 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 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 año a año, por lo que se recalcu toda la serie temporal con una metodología actualizada y consistente. Es decir, que no se presentan resultados producto de interpolaciones o extrapolaciones. 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.

Mejoras al inventario del sector UTCUTS:

- Se implementó un protocolo de muestreo con el software *Collect Earth Online* (CEO). Este proceso permitió: mejorar la estimación de los datos de actividad de uso y cambio de uso de la tierra y disminuir la incertidumbre, construir una serie temporal año a año para el período 2000 al 2019;

disminuyendo con ello la posibilidad de que se subestimen emisiones o sobreestimen absorciones por cambios entre categorías de uso de la tierra.

- Se empleó información actualizada de factores de emisión (biomasa) derivada 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*.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, el balance de GEI del sector UTCUTS se observa fluctuante en la serie; y es considerablemente menor en comparación con la serie del INGEI anterior durante la mayoría de los años comparados, sin embargo, se puede notar en el año 2017, se registra un aumento en las absorciones de 15.3%. Panamá mantiene su perfil de GEI como un sumidero neto para toda la serie temporal 2000-2019 incluida en el presente inventario.

**Tabla 8. 5.**

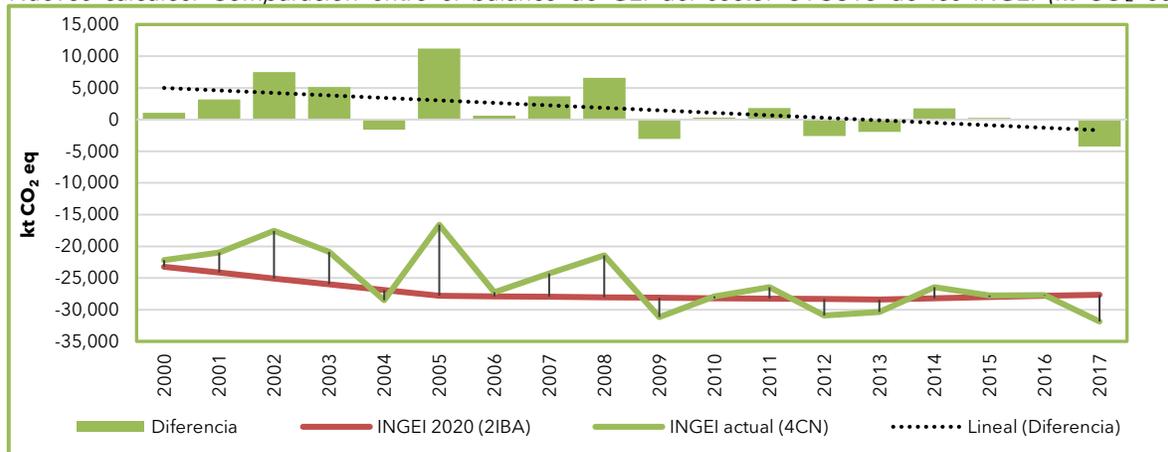
*Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector UTCUTS de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI 2020 (2IBA)	-23,234.1	-27,826.3	-28,191.3	-28,397.2	-27,629.2
INGEI actual (4CN)	-22,180.6	-16,597.1	-27,895.0	-30,342.1	-31,866.6
<b>Diferencia</b>	<b>1,053.4</b>	<b>11,229.1</b>	<b>296.3</b>	<b>-1,944.9</b>	<b>-4,237.4</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-4.5%</b>	<b>-40.4%</b>	<b>-1.1%</b>	<b>6.8%</b>	<b>15.3%</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 8. 3.**

*Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector UTCUTS de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

Cabe destacar que el trabajo de cálculo y estimación de las emisiones y absorciones del sector UTCUTS fue desarrollado con capacidades nacionales y los resultados fueron revisados por un panel de expertos técnicos de la CMNUCC como parte de un proceso de garantía de la calidad.

Este ejercicio permitió identificar mejoras a futuro, y elaborar un plan de acción para mejorar la compilación de los siguientes datos estadísticos: aprovechamiento forestal (plantaciones y bosque natural) provenientes de la Dirección Forestal, de la Dirección de Política Ambiental y de quemas e incendios de masas vegetales provenientes de la Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector UTCUTS se ha considerado lo siguiente:

- Realizar la estimación de datos de actividad de los años 2020 y 2021 aplicando el protocolo de muestreo de uso de la tierra en *Collect Earth Online* (Proceso Mapaton 2023).
- Impulsar la inclusión de estimaciones de emisiones y absorciones de *productos de madera recolectada*. No se cuenta con una hoja de ruta, pero se necesita capacitación en este tema para planificar un abordaje.
- 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.
- Incorporar observaciones relacionadas con los procesos de cálculo en hojas de trabajo y aplicación de las *Directrices del IPCC* de 2006 realizadas por el equipo de expertos de la CMNUCCC (ver tabla 8.11 IIN 2020).
- Implementar los planes de acción para mejorar la recopilación de datos estadísticos provenientes de la Dirección Forestal, de la Dirección de Política Ambiental y la Dirección de Verificación Ambiental.

### 8.2.5. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Residuos

En el INGEI presentado en el 2IBA, las estimaciones fueron realizadas a partir del uso de nuevos datos que corresponden a los últimos años del periodo en estudio. Los datos de los años faltantes dentro del periodo han sido calculados utilizando una tasa de crecimiento constante. Adicional a esto, para el cálculo con el método de DPO se ha considerado un año base más reciente por la falta de conocimiento del inicio de operaciones de la gran mayoría de los sitios de disposición a nivel nacional.

Para este INGEI, la diferencia de los resultados de la serie temporal con el INGEI previo se deben a la actualización de datos de actividad en una de sus categorías.

En el caso de la categoría de *disposición de residuos sólidos* se utilizaron las mismas fuentes de información y factores de emisión, por lo que solamente fueron añadidos los años restantes de la serie temporal. En el caso de la categoría de *tratamiento y descargas de aguas residuales*, las diferencias se atribuyen a la utilización de nuevos datos provenientes del INEC. Los datos de los años faltantes fueron calculados mediante interpolación de datos.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, entre otros, las emisiones de GEI del sector Residuos para todos los años comparados presentan una disminución a lo largo de la serie respecto a las emisiones del INGEI2020, sin embargo, no evidencia mayores cambios en la tendencia. El año que presenta mayor diferencia es el 2000 (Tabla 8. 6). El promedio porcentual para todos los años comparados es una reducción de 17.6 %.

**Tabla 8. 6.**

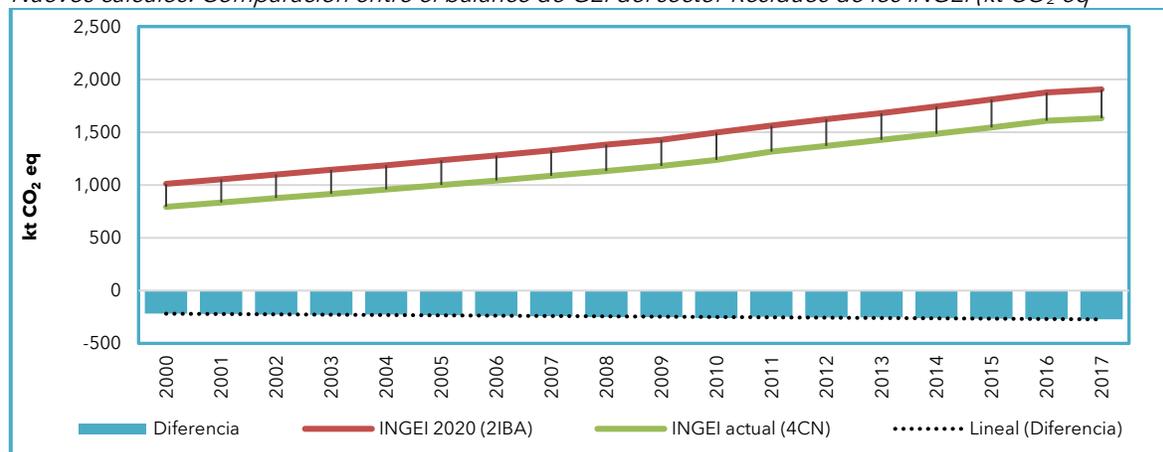
*Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector UTCUTS de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	2000	2005	2010	2013	2017
INGEI 2020 (2IBA)	1,010.9	1,233.1	1,497.7	1,680.9	1,904.9
INGEI actual (4CN)	792.8	999.7	1,238.5	1,426.1	1,631.9
<b>Diferencia</b>	<b>-218.0</b>	<b>-233.4</b>	<b>-259.2</b>	<b>-254.8</b>	<b>-273.0</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-21.6%</b>	<b>-18.9%</b>	<b>-17.3%</b>	<b>-15.2%</b>	<b>-14.3%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Figura 8. 4.**

*Nuevos cálculos: Comparación entre el balance de GEI del sector Residuos de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*



**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

La información de la categoría de *disposición de residuos sólidos* es la misma que fue sometida a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al equipo técnico de Residuos en el ciclo de inventario anterior. En el recálculo de las estimaciones se tomaron en cuenta, en la medida que fue posible, algunas mejoras en la serie temporal.

Como parte del plan de mejora del inventario del sector Residuos se ha considerado lo siguiente:

- Mejorar la información sobre los flujos de los residuos sólidos, aguas residuales y lodos en el país.
- 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 la extrapolación basada en drivers, combinadas con otras opciones incluyendo licitación de expertos y datos de soporte que pudieran captarse para ese objetivo.
- Mejorar la estimación realizada con acciones como incluir la aplicación del modelo de residuos del IPCC como está concebido y separando, en la extensión posible, las corrientes de residuos abordadas en este.
- Corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.
- Implementar acciones para mejorar, en la extensión posible, la información sobre la ocurrencia de incineración abierta/incendios en los SDRS del país.
- Elaboración de un análisis profundo para la selección de factores de emisión, como es el caso del MCF, que se basa en los tipos de sitios de disposición y actualmente no existe categorización de dichos sitios por profundidad.
- Implementación de un sistema de registro de los volúmenes que ingresan a los sitios de disposición de residuos a nivel nacional.
- Realizar acciones para recolectar la información necesaria para la estimación de la categoría *incineración y quema abierta de residuos*, específicamente, la subcategoría de *incineración de desechos*.
- Realizar acciones para recolectar la información necesaria para la estimación de la categoría *tratamiento biológico de residuos sólidos*.
- Homologación de definiciones de las *Directrices del IPCC* con el equipo técnico sectorial del sector Residuos, como por ejemplo las de eliminación y tratamiento de aguas residuales.
- Realizar acciones para recolectar la información necesaria para la estimación de la subcategoría de *tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales*.

## REFERENCIAS

- 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](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28131_A/GacetaNo_28131a_20161004.pdf)
- 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](https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf)
- 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>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC . (2021). *Sexto Informe de Evaluación del IPCC (AR6): Cambio Climático 2021: La Base de la Ciencia Física*. IPCC. Disponible en [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WG1\\_SPM\\_Spanish.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf)
- 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). (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\\_20201020.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29138_C/GacetaNo_29138c_20201020.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\\_20210302.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29231_B/GacetaNo_29231b_20210302.pdf)

Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2022). *Manual de Procedimientos del Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero de Panamá*. Panamá. Publicado en Gaceta Oficial No. 29581-C de 5 de julio de 2022. Disponible en [https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29581\\_C/92644.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29581_C/92644.pdf)

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\\_climateresilientdevelopment/managing-the-national-greenhouse-gas-inventory-process.html](https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environment-energy/low_emission_climateresilientdevelopment/managing-the-national-greenhouse-gas-inventory-process.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>

## Energía

Agencia Internacional de Energía (IEA). (s.f.) Unit Converter - Data Tools. Disponible en <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/unit-converter>

Autoridad del Canal de Panamá (ACP). (2019). Informe Anual 2019. Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2020/01/InformeAnual-2019-2.pdf>

Autoridad Marítima de Panamá (AMP). (2009-2019). Estadísticas: indicadores de venta de combustible por mes. Panamá. Disponible en <https://amp.gob.pa/estadistica/>

Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2021). Informe de Inventario Nacional 2020 (IIN 2020). Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2020\\_IIN\\_PA.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2020_IIN_PA.pdf)

Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2021). Segundo Informe Bienal de Actualización (2IBA). Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2IBA\\_vf\\_HI-RES.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/2IBA_vf_HI-RES.pdf)

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2017). Manual de Estadística Energética 2017. Disponible en <http://www.olade.org/publicaciones/manual-estadistica-energetica-2017/>

Secretaría Nacional de Energía (SNE). (2019). Generación eléctrica histórica 1970-2019. Panamá. Disponible en <https://www.energia.gob.pa/mdocs-posts/2-cee-1970-2019-ge-generacion-electrica-2/>

Secretaría Nacional de Energía (SNE). (2020). Antecedentes históricos de la legislación panameña en materia energética. Panamá. Disponible en <https://www.energia.gob.pa/archivos/>

### Procesos Industriales y Uso de Productos

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 Salud de Panamá (MINSA). (2017). *Estudio sobre el uso de alternativas a las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO)*. Unidad Nacional de Ozono (UNO) del MINSA. Agencia implementadora: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Panamá. Disponible en [https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=182749](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=182749)

### Agricultura

Autoridad de Protección al Consumidor y Defensa de la Competencia (ACODECO). (s.f.). Datos de precios de carne. Base de datos. Disponible en <https://www.acodeco.gob.pa/uploads/pdf/estadisticas/>

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>

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2022). Cifras estimadas del producto interno bruto de la República, a precios corrientes y en medidas de volumen encadenadas con año de referencia 2007, anual y trimestral: año 2018, 2019 y 2020. Disponible en: <https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520210301110152COMENTARIO.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2019). Memoria MIDA 2019. Identificar los principales programas que desarrolla la institución en el sector agropecuario y que tiene vinculación con las emisiones del GEI. Disponible en: <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/08/memoria19OP1.pdf?csr=8795115389910207483>

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). (2017). Informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos en Panamá. FAO Country Reports. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGInfo//programmes/en/genetics/documents/Interlaken/countryreports/Panama.pdf>

Superintendencia de Bancos de Panamá (SBP). (2013). Informe del sector agropecuario. Dirección de Estudios Financieros. Disponible en [https://www.superbancos.gob.pa/superbancos/documentos/financiera\\_y\\_estadistica/estudios/Informe\\_sector\\_agropecuario.pdf](https://www.superbancos.gob.pa/superbancos/documentos/financiera_y_estadistica/estudios/Informe_sector_agropecuario.pdf)

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/>

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2012). Estudio de condiciones de competencia regional en el sector de fertilizantes de Centroamérica y Panamá. Informe final. Disponible en [http://www.acodeco.gob.pa:8080/RECAC/InformeEstudioFertilizantes\\_28Marzo2012.pdf](http://www.acodeco.gob.pa:8080/RECAC/InformeEstudioFertilizantes_28Marzo2012.pdf)

## UTCUTS

Lovelock, C. E., Feller, I. C., McKee, K. L., & Thompson, R. (2005). Variation in mangrove forest structure and sediment characteristics in Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*, 41(3), 456-464.

Romero, T. E., Cifuentes, M., Pinto Jose De Gracia, & Pinto, I. (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.

Guzmán, H. M., Barnes, P. A. G., Lovelock, C. E., & Feller, I. C. (2005). A site description of the CARICOMP mangrove, seagrass and coral reef sites in Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*, 41(3), 430-440.

Gross, J., Flores, E.E., & Schwendenmann, L. (2013). Stand Structure and Aboveground Biomass of a *Pelliciera rhizophorae* Mangrove Forest, Gulf of Montijo Ramsar Site, Pacific Coast, Panama. *Wetlands*, 34, 55-65.

## Residuos

Colón, J., Puyuelo, B., Llenas, L., Prado, O., & Ponsá, S. (21 de diciembre de 2016). *Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos en Ciudad de Panamá*. Obtenido de Basura Cero - Alcaldía de Panamá: <https://basuracero.mupa.gob.pa/wp-content/uploads/2019/07/Plan-Municipal-Conceptual-de-Manejo-Integral-de-Residuos-Panam%C3%A1-Convenio-VIC-Barcelona.pdf>

ETESA. (s.f.). *Anexo Tomo I - 6: "Información de mega proyectos considerados para la proyección de demanda"*. Obtenido de [https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/electricidad/consultas\\_publicas/2019/cp\\_012-2019/tomol-estudios\\_basicos\\_2019-2033/tomol-anexo\\_6-informacion\\_proyectos.pdf](https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/electricidad/consultas_publicas/2019/cp_012-2019/tomol-estudios_basicos_2019-2033/tomol-anexo_6-informacion_proyectos.pdf)

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto*. Obtenido de Task Force on National Greenhouse Gas Inventories: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_1\\_Ch1\\_Introduction.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_1_Ch1_Introduction.pdf)

Ministerio de Ambiente de Panamá. (junio de 2014). *GEO Panamá 2014 - Informe del Estado del Ambiente*. Obtenido de Biblioteca virtual del Ministerio de Ambiente: <https://online.fliphtml5.com/eebm/duyz/>

Ministerio de Ambiente de Panamá. (2019). *GEO Panamá 2019 - Informe del Estado Ambiental*. Obtenido de <https://online.fliphtml5.com/eebm/xnvw/>

Ministerio de Ambiente de Panamá. (13 de junio de 2021). *Panamá produce electricidad a través de los desechos*. Obtenido de <https://www.miambiente.gob.pa/panama-produce-electricidad-a-traves-de-los-desechos/?print=print>

Programa de Saneamiento de la Bahía de Panamá. (27 de marzo de 2015). *Primera etapa de proyecto Saneamiento de la Bahía se completa*. Obtenido de <https://saneamientodepanama.gob.pa/primera-etapa-de-proyecto-saneamiento-de-la-bahia-se-completa/>

---

# 9 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

$$T_{x,t} = \left| E_{x,t} / \sum_y |E_{y,0}| \right|$$

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 Flugrud, 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 200 y 2019, 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*

<i>Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero</i>	<i>GEI</i>	<i>Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO<sub>2</sub> eq)</i>	<i>Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO<sub>2</sub> eq)</i>	<i>Evaluación de nivel</i>	<i>Total acumulativo</i>
		<i>E<sub>x,t</sub></i>	<i> E<sub>x,t</sub> </i>	<i>L<sub>x,t</sub> (Ec. 4.1)</i>	
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	-27,295.5	27,295.485	0.60	59.8%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	5,384.4	5,384.391	0.12	71.6%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	2,158.7	2,158.665	0.05	76.4%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	-1,924.5	1,924.492	0.04	80.6%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	1,885.4	1,885.363	0.04	84.7%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	1,459.8	1,459.798	0.03	87.9%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	1,260.0	1,259.955	0.03	90.7%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	876.8	876.791	0.02	92.6%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	610.8	610.780	0.01	93.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	443.1	443.080	0.01	94.9%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	357.7	357.736	0.01	95.7%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	312.3	312.309	0.01	96.4%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	282.2	282.240	0.01	97.0%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	182.5	182.515	0.00	97.4%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	163.7	163.716	0.00	97.7%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	144.5	144.494	0.00	98.1%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	109.1	109.142	0.00	98.3%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	90.6	90.635	0.00	98.5%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	84.5	84.532	0.00	98.7%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	66.4	66.352	0.00	98.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	58.8	58.766	0.00	99.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	55.0	55.022	0.00	99.1%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	53.1	53.118	0.00	99.2%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	37.6	37.571	0.00	99.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	33.7	33.667	0.00	99.4%
3.H. Aplicación de urea	CO2	30.3	30.302	0.00	99.4%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	28.7	28.710	0.00	99.5%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	28.0	27.989	0.00	99.5%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	26.7	26.706	0.00	99.6%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	19.4	19.385	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	18.3	18.308	0.00	99.7%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	17.9	17.870	0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	15.6	15.551	0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	15.2	15.227	0.00	99.8%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	15.0	15.013	0.00	99.8%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	13.5	13.498	0.00	99.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	8.3	8.344	0.00	99.9%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	7.8	7.776	0.00	99.9%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	7.0	6.997	0.00	99.9%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	6.9	6.866	0.00	99.9%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	5.5	5.545	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	4.8	4.814	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	3.7	3.734	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	3.4	3.427	0.00	100.0%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	2.8	2.842	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	2.4	2.416	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	2.1	2.087	0.00	100.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1.8	1.833	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	1.6	1.558	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	1.5	1.532	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.493	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	1.0	0.970	0.00	100.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	0.9	0.889	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	0.8	0.803	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.8	0.767	0.00	100.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	0.5	0.540	0.00	100.0%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	0.3	0.255	0.00	100.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	0.2	0.204	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.1	0.092	0.00	100.0%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	0.1	0.053	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	0.0	0.046	0.00	100.0%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	0.0	0.037	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	0.0	0.032	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	0.0	0.030	0.00	100.0%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	0.0	0.000	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	0.0	0.000	0.00	100.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	0.0	0.000	0.00	100.0%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.000	0.00	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>-12,814.8</b>	<b>45,625.153</b>	<b>1.000</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**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	Valor absoluto de emisiones de 2000	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)		
		$E_{x,0}$	$ E_{x,0} $	$L_{x,0}$ (Ec. 4.1)	
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,158.7	2,158.665	0.23	23.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	1,885.363	0.20	43.2%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,459.8	1,459.798	0.16	58.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	876.791	0.09	68.1%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	610.780	0.07	74.6%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	443.080	0.05	79.4%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	357.736	0.04	83.2%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	312.309	0.03	86.5%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	282.240	0.03	89.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	182.5	182.515	0.02	91.5%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	144.494	0.02	93.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	109.142	0.01	94.2%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	84.532	0.01	95.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	66.352	0.01	95.8%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	58.766	0.01	96.4%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	53.118	0.01	97.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	37.571	0.00	97.4%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	33.667	0.00	97.8%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	30.3	30.302	0.00	98.1%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	27.989	0.00	98.4%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	18.308	0.00	98.6%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	17.870	0.00	98.8%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	15.551	0.00	98.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	15.227	0.00	99.1%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	15.013	0.00	99.3%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	13.498	0.00	99.4%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	8.344	0.00	99.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i> E<sub>x,0</sub> </i>	<i>L<sub>x,0</sub> (Ec. 4.1)</i>	
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	7.776	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	6.997	0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	6.866	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.545	0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	3.734	0.00	99.8%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	3.427	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.842	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	1.833	0.00	99.9%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	1.558	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.532	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	0.970	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	0.889	0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	0.803	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	0.767	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	0.540	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	0.255	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.204	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.092	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.1	0.053	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.0	0.046	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	0.037	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	0.030	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%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,0}$	$ E_{x,0} $	$L_{x,0}$ (Ec. 4.1)	
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%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	0.000	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	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.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.000	0.00	100.0%
<b>TOTAL</b>		<b>9,365.8</b>	<b>9,365.846</b>	<b>1.000</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla A.1. 3.**

Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2019 incluyendo el sector UTCUTS

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-30,561.2	30,561.163	0.51	50.6%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	5,297.8	5,297.790	0.09	59.4%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	-3,494.6	3,494.629	0.06	65.2%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	3,076.4	3,076.399	0.05	70.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	2,146.4	2,146.390	0.04	73.8%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,125.1	2,125.101	0.04	77.4%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	1,936.0	1,935.996	0.03	80.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	1,926.1	1,926.114	0.03	83.8%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,896.7	1,896.653	0.03	86.9%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	1,326.1	1,326.122	0.02	89.1%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,055.9	1,055.923	0.02	90.8%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	913.3	913.253	0.02	92.4%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	781.0	780.980	0.01	93.6%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	555.4	555.435	0.01	94.6%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	541.7	541.725	0.01	95.5%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	513.4	513.421	0.01	96.3%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	469.5	469.495	0.01	97.1%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	289.1	289.106	0.00	97.6%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	254.7	254.696	0.00	98.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	135.9	135.932	0.00	98.2%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	76.6	76.600	0.00	98.3%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	68.9	68.862	0.00	98.5%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	67.7	67.736	0.00	98.6%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	67.6	67.602	0.00	98.7%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	63.6	63.639	0.00	98.8%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	61.8	61.758	0.00	98.9%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	55.8	55.785	0.00	99.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	55.0	54.992	0.00	99.1%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	53.8	53.766	0.00	99.2%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	51.2	51.192	0.00	99.2%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	46.6	46.620	0.00	99.3%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	43.9	43.906	0.00	99.4%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	42.6	42.572	0.00	99.5%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	37.9	37.948	0.00	99.5%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	31.8	31.821	0.00	99.6%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	29.0	29.013	0.00	99.6%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	26.9	26.919	0.00	99.7%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	22.1	22.148	0.00	99.7%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	20.0	19.953	0.00	99.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	19.1	19.079	0.00	99.8%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	N2O	15.1	15.110	0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	11.9	11.885	0.00	99.8%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	10.3	10.316	0.00	99.8%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	10.0	9.976	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	9.0	9.019	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	7.8	7.772	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	7.3	7.316	0.00	99.9%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.0	7.033	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.9	6.935	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	6.4	6.353	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.496	0.00	99.9%
3.H. Aplicación de urea	CO2	4.4	4.433	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	4.2	4.154	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	3.7	3.672	0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	3.6	3.596	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.0	2.993	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.9	2.863	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	2.3	2.306	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.2	2.176	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	2.0	1.998	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	2.0	1.982	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	2.0	1.973	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.1	1.149	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	1.0	0.956	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.9	0.947	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.9	0.896	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.5	0.503	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.4	0.411	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2	0.245	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.209	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.1	0.144	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.1	0.139	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.045	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.0	0.013	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.010	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.009	0.00	100.0%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	0.000	0.00	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>-7,738.3</b>	<b>60,373.266</b>	<b>1.000</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla A.1. 4.**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2019 excluyendo el sector UTCUTS*

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2019	Valor absoluto de emisiones de 2019	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)		
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	5,297.8	5,297.790	0.24	23.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	2,146.4	2,146.390	0.10	33.3%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,125.1	2,125.101	0.09	42.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	1,936.0	1,935.996	0.09	51.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	1,926.1	1,926.114	0.09	60.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,896.7	1,896.653	0.08	68.5%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	1,326.1	1,326.122	0.06	74.4%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,055.9	1,055.923	0.05	79.2%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	913.3	913.253	0.04	83.2%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	781.0	780.980	0.03	86.7%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	555.4	555.435	0.02	89.2%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	541.7	541.725	0.02	91.6%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	469.5	469.495	0.02	93.7%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	289.1	289.106	0.01	95.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	254.7	254.696	0.01	96.2%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	135.9	135.932	0.01	96.8%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	68.9	68.862	0.00	97.1%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	67.7	67.736	0.00	97.4%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	67.6	67.602	0.00	97.7%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	61.8	61.758	0.00	98.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	55.8	55.785	0.00	98.2%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	53.8	53.766	0.00	98.4%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	51.2	51.192	0.00	98.7%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	46.6	46.620	0.00	98.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	42.6	42.572	0.00	99.1%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	37.9	37.948	0.00	99.2%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	22.1	22.148	0.00	99.3%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	20.0	19.953	0.00	99.4%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	19.1	19.079	0.00	99.5%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	11.9	11.885	0.00	99.6%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	10.0	9.976	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	9.0	9.019	0.00	99.6%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	7.8	7.772	0.00	99.7%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	7.3	7.316	0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.0	7.033	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.9	6.935	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	6.4	6.353	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.496	0.00	99.8%
3.H. Aplicación de urea	CO2	4.4	4.433	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	4.2	4.154	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	3.7	3.672	0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	3.6	3.596	0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.0	2.993	0.00	99.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.9	2.863	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	2.3	2.306	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.2	2.176	0.00	99.9%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	2.0	1.998	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	2.0	1.982	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	2.0	1.973	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.1	1.149	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	1.0	0.956	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.9	0.947	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.9	0.896	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.5	0.503	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.4	0.411	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.2	0.245	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.209	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.1	0.144	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.1	0.139	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.045	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.013	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.010	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.009	0.00	100.0%
<b>TOTAL</b>		<b>22,375.3</b>	<b>22,375.337</b>	<b>1.000</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**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 absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$		
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	-27,295.5	-30,561.2	1.099	0.39	39.4%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	5,384.4	3,076.4	0.347	0.12	51.8%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	-1,924.5	-3,494.6	0.182	0.07	58.3%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	2,158.7	5,297.8	0.178	0.06	64.7%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO <sub>2</sub>	0.0	1,936.0	0.151	0.05	70.1%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO <sub>2</sub>	0.0	1,896.7	0.148	0.05	75.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	182.5	2,146.4	0.148	0.05	80.7%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	1,260.0	513.4	0.097	0.03	84.2%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,459.8	1,055.9	0.077	0.03	87.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	913.3	0.071	0.03	89.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2019	Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	<i>T<sub>x,t</sub></i>		
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i>E<sub>x,t</sub></i>			
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	1,926.1	0.055	0.02	91.5%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	2,125.1	0.040	0.01	92.9%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	1,326.1	0.037	0.01	94.2%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	469.5	0.037	0.01	95.5%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	781.0	0.022	0.01	96.3%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	163.7	0.0	0.018	0.01	97.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	555.4	0.009	0.00	97.3%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	289.1	0.008	0.00	97.6%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	90.6	43.9	0.006	0.00	97.8%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	541.7	0.006	0.00	98.0%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	4.8	76.6	0.005	0.00	98.2%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	55.8	0.005	0.00	98.4%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4	63.6	0.005	0.00	98.6%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	254.7	0.004	0.00	98.7%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1	55.0	0.004	0.00	98.9%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	67.7	0.004	0.00	99.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	29.0	0.004	0.00	99.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	61.8	0.002	0.00	99.2%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	68.9	0.002	0.00	99.3%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	1.5	31.8	0.002	0.00	99.4%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	46.6	0.002	0.00	99.5%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	26.7	15.1	0.002	0.00	99.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	42.6	0.001	0.00	99.6%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	10.3	0.001	0.00	99.6%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	135.9	0.001	0.00	99.7%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	67.6	0.001	0.00	99.7%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	28.7	26.9	0.001	0.00	99.7%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	11.9	0.001	0.00	99.8%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	37.9	0.001	0.00	99.8%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2019	Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)			
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i>E<sub>x,t</sub></i>	<i>T<sub>x,t</sub></i>		
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	30.3	51.2	0.001	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	9.0	0.001	0.00	99.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	7.3	0.001	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	6.4	0.000	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.0	4.2	0.000	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	7.8	0.000	0.00	99.9%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.1	0.000	0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	3.0	0.000	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	6.9	0.000	0.00	99.9%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	7.0	0.000	0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	3.6	0.000	0.00	99.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	2.9	0.000	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	2.0	0.000	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	19.1	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.2	0.000	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	20.0	0.000	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	53.8	0.000	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	3.7	0.000	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	2.3	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.1	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.9	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.9	0.000	0.00	100.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	10.0	0.000	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	2.0	0.000	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	1.0	0.000	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.5	0.000	0.00	100.0%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	4.4	0.000	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.4	0.000	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2019	Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)			
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i>E<sub>x,t</sub></i>	<i>T<sub>x,t</sub></i>		
3.G. Encalado	CO2	0.0	0.2	0.000	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	2.0	0.000	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.1	0.000	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.1	0.000	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.2	0.000	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.1	0.0	0.000	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	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%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>-12,814.8</b>	<b>-7,738.3</b>	<b>2.790</b>	<b>1.000</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**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 2019	Evaluación de	Aporte a	Total
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	tendencia (nota 1)	tendencia	acumulativo
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$		
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,459.8	1,055.9	0.260	0.170	17.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	2,125.1	0.254	0.167	33.7%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	1,936.0	0.207	0.136	47.3%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,896.7	0.203	0.133	60.5%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	182.5	2,146.4	0.183	0.120	72.5%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	913.3	0.098	0.064	78.9%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	541.7	0.055	0.036	82.5%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	469.5	0.050	0.033	85.8%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	289.1	0.041	0.027	88.5%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	555.4	0.020	0.013	89.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	1,926.1	0.018	0.012	91.1%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	55.8	0.016	0.010	92.1%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,158.7	5,297.8	0.015	0.010	93.1%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	1,326.1	0.014	0.009	94.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	135.9	0.013	0.009	94.9%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	61.8	0.010	0.007	95.5%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	254.7	0.010	0.006	96.2%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	46.6	0.009	0.006	96.7%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	781.0	0.008	0.005	97.3%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	67.6	0.008	0.005	97.8%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	37.9	0.005	0.003	98.1%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	53.8	0.004	0.003	98.3%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	67.7	0.004	0.002	98.6%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	11.9	0.003	0.002	98.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.1	0.002	0.002	98.9%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	30.3	51.2	0.002	0.001	99.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	20.0	0.002	0.001	99.2%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	19.1	0.002	0.001	99.3%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Emisiones de 2019	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq) <i>E<sub>x,0</sub></i>	(kt CO <sub>2</sub> eq) <i>E<sub>x,t</sub></i>	(nota 1) <i>T<sub>x,t</sub></i>		
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	7.8	0.001	0.001	99.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	6.9	0.001	0.001	99.4%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	7.0	0.001	0.001	99.5%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	10.0	0.001	0.001	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	0.001	0.001	99.6%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	7.3	0.001	0.001	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	9.0	0.001	0.001	99.7%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	2.9	0.001	0.000	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	6.4	0.001	0.000	99.8%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.2	0.000	0.000	99.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.0	4.2	0.000	0.000	99.8%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	4.4	0.000	0.000	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	3.0	0.000	0.000	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.1	0.000	0.000	99.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	68.9	0.000	0.000	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	2.0	0.000	0.000	99.9%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	2.0	0.000	0.000	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	3.6	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.9	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.9	0.000	0.000	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	3.7	0.000	0.000	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.5	0.000	0.000	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	1.0	0.000	0.000	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	2.0	0.000	0.000	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.2	0.000	0.000	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.4	0.000	0.000	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	2.3	0.000	0.000	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.1	0.000	0.000	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.0	0.2	0.000	0.000	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	42.6	0.000	0.000	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Emisiones de 2019	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	(nota 1)		
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$		
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.1	0.0	0.000	0.000	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.1	0.000	0.000	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	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%
<b>TOTAL</b>		<b>9,365.8</b>	<b>22,375.3</b>	<b>1.524</b>	<b>1.000</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	nivel	(nota 1)	nivel para 2000 con incertidumbre	
		$E_{x,0}$	$ 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	-27,295.5	27,295.5	0.598	2.385	0.303	59.8%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	5,384.4	5,384.4	0.118	0.240	0.006	71.6%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,158.7	2,158.7	0.047	0.413	0.004	76.4%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	-1,924.5	1,924.5	0.042	0.273	0.002	80.6%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	1,885.4	0.041	0.166	0.001	84.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	876.8	0.019	0.150	0.001	86.6%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,459.8	1,459.8	0.032	0.082	0.001	89.8%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	610.8	0.013	0.103	0.000	91.2%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,260.0	1,260.0	0.028	0.040	0.000	93.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	182.5	182.5	0.004	0.167	0.000	94.3%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	357.7	0.008	0.061	0.000	95.1%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	443.1	0.010	0.042	0.000	96.1%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)		Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2019 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i> E<sub>x,0</sub> </i>				
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	312.3	0.007	0.043	0.000	96.8%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	282.2	0.006	0.023	0.000	97.4%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	144.5	0.003	0.020	0.000	97.7%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	109.1	0.002	0.011	0.000	97.9%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	84.5	0.002	0.004	0.000	98.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	66.4	0.001	0.005	0.000	98.3%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	90.6	90.6	0.002	0.003	0.000	98.5%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	58.8	0.001	0.005	0.000	98.6%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	53.1	0.001	0.004	0.000	98.7%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	37.6	0.001	0.004	0.000	98.8%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	28.0	0.001	0.005	0.000	98.9%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	55.0	0.001	0.002	0.000	99.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	30.3	30.3	0.001	0.004	0.000	99.0%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	33.7	0.001	0.003	0.000	99.1%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	13.5	0.000	0.005	0.000	99.2%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	28.7	28.7	0.001	0.002	0.000	99.2%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	17.9	0.000	0.003	0.000	99.3%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	18.3	0.000	0.002	0.000	99.3%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	26.7	26.7	0.001	0.001	0.000	99.4%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	4.8	4.8	0.000	0.006	0.000	99.4%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	15.6	0.000	0.002	0.000	99.4%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	15.0	0.000	0.001	0.000	99.4%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	19.4	0.000	0.001	0.000	99.5%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	15.2	0.000	0.001	0.000	99.5%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4	2.4	0.000	0.005	0.000	99.5%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1	2.1	0.000	0.004	0.000	99.5%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	7.8	0.000	0.001	0.000	99.5%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	8.3	0.000	0.001	0.000	99.6%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2019 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i> E<sub>x,0</sub> </i>	<i>L<sub>x,0</sub> (Ec. 4.1)</i>	<i>U<sub>x,0</sub></i>	<i>LU<sub>x,0</sub> (Ec. 4.4)</i>	
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	7.0	0.000	0.001	0.000	99.6%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	6.9	0.000	0.001	0.000	99.6%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	1.5	1.5	0.000	0.002	0.000	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	3.4	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	3.7	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	0.8	0.000	0.001	0.000	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	1.8	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.8	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	0.5	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	1.6	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	0.8	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	0.9	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	1.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.5	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	0.3	0.000	0.000	0.000	99.6%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.2	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.1	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.G. Encalado	CO2	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.1	0.1	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	0.0	0.000	0.037	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	0.0	0.000	0.148	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2019 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i> E<sub>x,0</sub> </i>	<i>L<sub>x,0</sub></i> (Ec. 4.1)	<i>U<sub>x,0</sub></i>	<i>LU<sub>x,0</sub></i> (Ec. 4.4)	
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	0.0	0.000	0.151	0.000	99.6%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	0.0	0.000	0.001	0.000	99.6%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	0.0	0.000	0.071	0.000	99.6%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	99.6%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	163.7	163.7	0.004	0.000	0.000	100.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>-12,814.8</b>	<b>45,625.2</b>	<b>1.000</b>	<b>4.711</b>	<b>0.319</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**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	Valor absoluto de emisiones de 2000	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2020	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)		(nota 1)	2000 con incertidumbre	
		$E_{x,0}$	$ E_{x,0} $	$L_{x,0}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,0}$	$LU_{x,0}$ (Ec. 4.4)	
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,158.7	2,158.7	0.230	0.41	0.05	23.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	1,885.4	0.201	0.17	0.02	43.2%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	876.8	0.094	0.15	0.01	52.5%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,459.8	1,459.8	0.156	0.08	0.01	68.1%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	610.8	0.065	0.10	0.00	74.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	182.5	182.5	0.019	0.17	0.00	76.6%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	357.7	0.038	0.06	0.00	80.4%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	443.1	0.047	0.04	0.00	85.1%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	312.3	0.033	0.04	0.00	88.5%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	282.2	0.030	0.02	0.00	91.5%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	144.5	0.015	0.02	0.00	93.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	109.1	0.012	0.01	0.00	94.2%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	84.5	0.009	0.00	0.00	95.1%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	66.4	0.007	0.00	0.00	95.8%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	58.8	0.006	0.01	0.00	96.4%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	53.1	0.006	0.00	0.00	97.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	37.6	0.004	0.00	0.00	97.4%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	28.0	0.003	0.01	0.00	97.7%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	30.3	30.3	0.003	0.00	0.00	98.0%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	33.7	0.004	0.00	0.00	98.4%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	13.5	0.001	0.01	0.00	98.5%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	17.9	0.002	0.00	0.00	98.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	18.3	0.002	0.00	0.00	98.9%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	15.6	0.002	0.00	0.00	99.1%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	15.0	0.002	0.00	0.00	99.2%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	15.2	0.002	0.00	0.00	99.4%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	7.8	0.001	0.00	0.00	99.5%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Valor absoluto de emisiones de 2000	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2020	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)		(nota 1)	(Ec. 4.4)	
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i> E<sub>x,0</sub> </i>	<i>L<sub>x,0</sub></i> (Ec. 4.1)	<i>U<sub>x,0</sub></i>	<i>LU<sub>x,0</sub></i> (Ec. 4.4)	
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	8.3	0.001	0.00	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	7.0	0.001	0.00	0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	6.9	0.001	0.00	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	0.001	0.00	0.00	99.8%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	3.4	0.000	0.00	0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	3.7	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	0.8	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	1.8	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.8	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	0.5	0.000	0.00	0.00	99.9%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	1.6	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	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	0.9	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	1.0	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%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	0.3	0.000	0.00	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	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.G. Encalado	CO2	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	0.1	0.1	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	0.0	0.000	0.04	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	0.15	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%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Valor absoluto de emisiones de 2000	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2020	Evaluación de nivel para 2000 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	nivel	(nota 1)	nivel para 2000 con incertidumbre	
		$E_{x,0}$	$ E_{x,0} $	$L_{x,0}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,0}$	$LU_{x,0}$ (Ec. 4.4)	
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%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	0.0	0.000	0.15	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	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	0.07	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>9,365.8</b>	<b>9,365.8</b>	<b>1.000</b>	<b>1.75</b>	<b>0.10</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla A.1. 9.**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2019 incluyendo el sector UTCUTS*

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2020 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2019 con incertidumbre	Total acumulativo
			$E_{x,t}$				
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-30,561.2	30,561.2	0.506	2.38	0.26	50.6%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	5,297.8	5,297.8	0.088	0.41	0.01	59.4%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	-3,494.6	3,494.6	0.058	0.27	0.00	65.2%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	3,076.4	3,076.4	0.051	0.24	0.00	70.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	2,146.4	2,146.4	0.036	0.17	0.00	73.8%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	2,125.1	2,125.1	0.035	0.17	0.00	77.4%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	1,936.0	1,936.0	0.032	0.15	0.00	80.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	1,926.1	1,926.1	0.032	0.15	0.00	83.8%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,896.7	1,896.7	0.031	0.15	0.00	86.9%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	1,326.1	1,326.1	0.022	0.10	0.00	89.1%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,055.9	1,055.9	0.017	0.08	0.00	90.8%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	913.3	913.3	0.015	0.07	0.00	92.4%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	781.0	781.0	0.013	0.06	0.00	93.6%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	555.4	555.4	0.009	0.04	0.00	94.6%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	541.7	541.7	0.009	0.04	0.00	95.5%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	513.4	513.4	0.009	0.04	0.00	96.3%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	469.5	469.5	0.008	0.04	0.00	97.1%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	289.1	289.1	0.005	0.02	0.00	97.6%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	254.7	254.7	0.004	0.02	0.00	98.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	135.9	135.9	0.002	0.01	0.00	98.2%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	76.6	76.6	0.001	0.01	0.00	98.3%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	68.9	68.9	0.001	0.01	0.00	98.5%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	67.7	67.7	0.001	0.01	0.00	98.6%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	67.6	67.6	0.001	0.01	0.00	98.7%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	63.6	63.6	0.001	0.00	0.00	98.8%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	61.8	61.8	0.001	0.00	0.00	98.9%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2020 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2019 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)	
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	55.8	55.8	0.001	0.00	0.00	99.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	55.0	55.0	0.001	0.00	0.00	99.1%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	53.8	53.8	0.001	0.00	0.00	99.2%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	51.2	51.2	0.001	0.00	0.00	99.2%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	46.6	46.6	0.001	0.00	0.00	99.3%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	43.9	43.9	0.001	0.00	0.00	99.4%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	42.6	42.6	0.001	0.00	0.00	99.5%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	37.9	37.9	0.001	0.00	0.00	99.5%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	31.8	31.8	0.001	0.00	0.00	99.6%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	29.0	29.0	0.000	0.00	0.00	99.6%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	26.9	26.9	0.000	0.00	0.00	99.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	22.1	22.1	0.000	0.00	0.00	99.7%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	20.0	20.0	0.000	0.00	0.00	99.7%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	19.1	19.1	0.000	0.00	0.00	99.8%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	15.1	15.1	0.000	0.00	0.00	99.8%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	11.9	11.9	0.000	0.00	0.00	99.8%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	10.3	10.3	0.000	0.00	0.00	99.8%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	10.0	10.0	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	9.0	9.0	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	7.8	7.8	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	7.3	7.3	0.000	0.00	0.00	99.9%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	7.0	7.0	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	6.9	6.9	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	6.4	6.4	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	0.000	0.00	0.00	99.9%
3.H. Aplicación de urea	CO2	4.4	4.4	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	4.2	4.2	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	3.7	3.7	0.000	0.00	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2020 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2019 con incertidumbre	Total acumulativo
			$E_{x,t}$				
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	3.6	3.6	0.000	0.00	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	3.0	3.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	2.9	2.9	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	2.3	2.3	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.2	2.2	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	2.0	2.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	2.0	2.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	2.0	2.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.1	1.1	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	1.0	1.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.9	0.9	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.9	0.9	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.5	0.5	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.4	0.4	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.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.2	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.1	0.1	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.1	0.1	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%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	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%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>-7,738.3</b>	<b>60,373.3</b>	<b>1.000</b>	<b>4.71</b>	<b>0.28</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla A.1. 10.**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2019 excluyendo el sector UTCUTS*

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2019	Valor absoluto de emisiones de 2019	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de nivel para 2019 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	L <sub>x,t</sub> (Ec. 4.1)	U <sub>x,t</sub>	LU <sub>x,t</sub> (Ec. 4.4)	
		E <sub>x,t</sub>	E <sub>x,t</sub>				
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	46.6	5,297.8	0.237	0.41	0.06	23.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	135.9	2,146.4	0.096	0.17	0.01	33.3%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	4.2	2,125.1	0.095	0.17	0.01	42.8%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	22.1	1,936.0	0.087	0.15	0.01	51.4%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	541.7	1,926.1	0.086	0.15	0.01	60.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	1,326.1	1,896.7	0.085	0.15	0.01	68.5%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	0.0	1,326.1	0.059	0.10	0.00	74.4%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	5,297.8	1,055.9	0.047	0.08	0.00	79.2%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	6.9	913.3	0.041	0.07	0.00	83.2%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	11.9	781.0	0.035	0.06	0.00	86.7%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	7.3	555.4	0.025	0.04	0.00	89.2%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	0.5	541.7	0.024	0.04	0.00	91.6%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	1,936.0	469.5	0.021	0.04	0.00	93.7%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	5.5	289.1	0.013	0.02	0.00	95.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	0.0	254.7	0.011	0.02	0.00	96.2%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	0.4	135.9	0.006	0.01	0.00	96.8%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	37.9	68.9	0.003	0.01	0.00	97.1%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	61.8	67.7	0.003	0.01	0.00	97.4%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	0.9	67.6	0.003	0.01	0.00	97.7%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	9.0	61.8	0.003	0.00	0.00	98.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	3.6	55.8	0.002	0.00	0.00	98.2%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	0.0	53.8	0.002	0.00	0.00	98.4%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	1.0	51.2	0.002	0.00	0.00	98.7%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	0.9	46.6	0.002	0.00	0.00	98.9%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	42.6	42.6	0.002	0.00	0.00	99.1%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	2.9	37.9	0.002	0.00	0.00	99.2%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	2.0	22.1	0.001	0.00	0.00	99.3%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2019	Valor absoluto de emisiones de 2019	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de nivel para 2019 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)		(nota 1)	(Ec. 4.4)	
		$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$ (Ec. 4.1)	$U_{x,t}$	$LU_{x,t}$ (Ec. 4.4)	
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	2.0	20.0	0.001	0.00	0.00	99.4%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	1.1	19.1	0.001	0.00	0.00	99.5%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	0.2	11.9	0.001	0.00	0.00	99.6%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	4.4	10.0	0.000	0.00	0.00	99.6%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	68.9	9.0	0.000	0.00	0.00	99.6%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	7.8	7.8	0.000	0.00	0.00	99.7%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	20.0	7.3	0.000	0.00	0.00	99.7%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	254.7	7.0	0.000	0.00	0.00	99.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	67.6	6.9	0.000	0.00	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	53.8	6.4	0.000	0.00	0.00	99.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	67.7	5.5	0.000	0.00	0.00	99.8%
3.H. Aplicación de urea	CO2	0.0	4.4	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	19.1	4.2	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	289.1	3.7	0.000	0.00	0.00	99.9%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	3.7	3.6	0.000	0.00	0.00	99.9%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	7.0	3.0	0.000	0.00	0.00	99.9%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	0.1	2.9	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.2	2.3	0.000	0.00	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2,125.1	2.2	0.000	0.00	0.00	99.9%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	2.0	2.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	469.5	2.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	1,896.7	2.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	2,146.4	1.1	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	10.0	1.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	1,055.9	0.9	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	913.3	0.9	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	51.2	0.5	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	2.2	0.4	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.1	0.2	0.000	0.00	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2019	Valor absoluto de emisiones de 2019	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de nivel para 2019 con incertidumbre	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	L <sub>x,t</sub> (Ec. 4.1)	U <sub>x,t</sub>	LU <sub>x,t</sub> (Ec. 4.4)	
		E <sub>x,t</sub>	E <sub>x,t</sub>				
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	3.0	0.2	0.000	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	2.3	0.1	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	1,926.1	0.1	0.000	0.00	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	6.4	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	55.8	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	781.0	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	555.4	0.0	0.000	0.00	0.00	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>22,375.3</b>	<b>22,375.3</b>	<b>1.000</b>	<b>1.75</b>	<b>0.11</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 2019	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	(nota 1)	(nota 2)	TU <sub>x,t</sub>		
		E <sub>x,0</sub>	E <sub>x,t</sub>	T <sub>x,t</sub>	U <sub>x,t</sub>			
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-27,295.5	-30,561.2	1.099	2.38	2.62	0.89	89.3%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CO2	5,384.4	3,076.4	0.347	0.24	0.08	0.03	92.1%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,158.7	5,297.8	0.178	0.41	0.07	0.03	94.7%
4.A.2.Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	-1,924.5	-3,494.6	0.182	0.27	0.05	0.02	96.3%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	182.5	2,146.4	0.148	0.17	0.02	0.01	97.2%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	1,936.0	0.151	0.15	0.02	0.01	98.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,896.7	0.148	0.15	0.02	0.01	98.7%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	1,926.1	0.055	0.15	0.01	0.00	99.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	2,125.1	0.040	0.17	0.01	0.00	99.2%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,459.8	1,055.9	0.077	0.08	0.01	0.00	99.4%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000	Emisiones o absorciones de 2019	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	(nota 1)	(nota 2)			
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$	$TU_{x,t}$		
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	913.3	0.071	0.07	0.01	0.00	99.6%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,260.0	513.4	0.097	0.04	0.00	0.00	99.7%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	1,326.1	0.037	0.10	0.00	0.00	99.9%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	469.5	0.037	0.04	0.00	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	781.0	0.022	0.06	0.00	0.00	100.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	555.4	0.009	0.04	0.00	0.00	100.0%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	541.7	0.006	0.04	0.00	0.00	100.0%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	289.1	0.008	0.02	0.00	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	254.7	0.004	0.02	0.00	0.00	100.0%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	4.8	76.6	0.005	0.01	0.00	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4	63.6	0.005	0.00	0.00	0.00	100.0%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	CH4	90.6	43.9	0.006	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	55.8	0.005	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	67.7	0.004	0.01	0.00	0.00	100.0%
4.C.1.Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1	55.0	0.004	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	135.9	0.001	0.01	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	68.9	0.002	0.01	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	61.8	0.002	0.00	0.00	0.00	100.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	29.0	0.004	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	46.6	0.002	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	67.6	0.001	0.01	0.00	0.00	100.0%
4.A.1.Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	1.5	31.8	0.002	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	42.6	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	30.3	51.2	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
4.E.2.Tierras convertidas en asentamientos	CO2	28.7	26.9	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	37.9	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
4.C.2.Tierras convertidas en pastizales	N2O	26.7	15.1	0.002	0.00	0.00	0.00	100.0%
4.B.2.Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	10.3	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	11.9	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 2000 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones o absorciones de 2019 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Porcentaje de incertidumbre en 2019 (nota 2)	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i>E<sub>x,t</sub></i>	<i>T<sub>x,t</sub></i>	<i>U<sub>x,t</sub></i>	<i>TU<sub>x,t</sub></i>		
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	9.0	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	53.8	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	7.3	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	19.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	6.4	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	20.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	7.8	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	6.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	7.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.0	4.2	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	3.6	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	3.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	10.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	2.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	3.7	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.2	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	2.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	2.3	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	4.4	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	2.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	1.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	2.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.5	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.4	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 2019	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	(nota 1)	(nota 2)			
		<i>E<sub>x,0</sub></i>	<i>E<sub>x,t</sub></i>	<i>T<sub>x,t</sub></i>	<i>U<sub>x,t</sub></i>	<i>TU<sub>x,t</sub></i>		
3.G. Encalado	CO2	0.0	0.2	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.2	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.1	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%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
4.D.2.Tierras convertidas en humedales	CO2	163.7	0.0	0.018	0.00	0.00	0.00	100.0%
4.F.2.Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
<b>BALANCE</b>		<b>-12,814.8</b>	<b>-7,738.3</b>	<b>2,790</b>	<b>4.71</b>	<b>2.93</b>		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

**Tabla A.1.19**

*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 2019	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	(nota 1)	(nota 2)			
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$	$TU_{x,t}$		
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	1,936.0	0.207	0.15	0.03	0.27	27.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,896.7	0.203	0.15	0.03	0.26	52.9%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	2,125.1	0.106	0.17	0.02	0.15	68.2%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	182.5	2,146.4	0.076	0.17	0.01	0.11	79.2%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,459.8	1,055.9	0.109	0.08	0.01	0.08	87.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	913.3	0.098	0.07	0.01	0.06	93.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,158.7	5,297.8	0.006	0.41	0.00	0.02	95.2%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	469.5	0.050	0.04	0.00	0.02	96.8%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	1,926.1	0.008	0.15	0.00	0.01	97.8%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	541.7	0.023	0.04	0.00	0.01	98.6%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	1,326.1	0.006	0.07	0.00	0.00	99.0%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	289.1	0.017	0.02	0.00	0.00	99.3%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	555.4	0.009	0.04	0.00	0.00	99.7%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	781.0	0.003	0.06	0.00	0.00	99.8%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	135.9	0.006	0.01	0.00	0.00	99.9%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	53.8	0.002	0.02	0.00	0.00	99.9%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	55.8	0.007	0.00	0.00	0.00	99.9%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	61.8	0.004	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	67.6	0.003	0.01	0.00	0.00	100.0%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	46.6	0.004	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	67.7	0.002	0.01	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	37.9	0.002	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N2O	30.3	51.2	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.1	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	20.0	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	19.1	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	11.9	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones de 2000	Emisiones de 2019	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	(nota 1)	(nota 2)			
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$	$TU_{x,t}$		
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	68.9	0.000	0.01	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	7.3	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	7.8	0.001	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	10.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.G. Encalado	CO2	0.0	0.2	0.000	0.04	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	6.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	7.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	9.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.0	4.2	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	6.4	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	2.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	4.4	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.2	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	2.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	3.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	3.6	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	42.6	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	254.7	0.004	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	2.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	3.7	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.9	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	2.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	2.3	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	1.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.5	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.4	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 2019	Evaluación de tendencia	Porcentaje de incertidumbre en 2019	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Aporte	Total acumulativo
		(kt CO <sub>2</sub> eq)	(kt CO <sub>2</sub> eq)	(nota 1)	(nota 2)			
		$E_{x,0}$	$E_{x,t}$	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$	$TU_{x,t}$		
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.2	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.1	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.1	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%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.00	100.0%
		-1,924.5						
<b>BALANCE</b>		<b>9,365.8</b>	<b>22,375.3</b>	<b>0.963</b>	<b>1.76</b>	<b>0.12</b>		

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

## 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.

#### ***Incetidumbre 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.

## 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*, 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 2021* para el año 2019.

**Tabla A.2. 1.**

*Incertidumbre calculada de los datos de actividad por región climática para el año 2019*

Uso y cambios de uso de la tierra	Región climática			
	RTMH	RTM	RTH	
F_F		3%	3%	51%
S_S		5%	7%	17%
M_M		13%	57%	24%
R_R		8%	12%	23%
L_L		22%	51%	68%
C_C		79%	100%	196%
F_R		196%	0%	0%
S_R		65%	82%	143%
S_L		NA	NA	NA

Uso y cambios de uso de la tierra	Región climática		
	RTMH	RTM	RTH
M_R	NA	NA	NA
R_S	38%	53%	139%
R_M	NA	NA	NA
L_S	NA	NA	NA
C_R	NA	NA	NA
A_R	92%	129%	171%
A_L	NA	NA	NA
P_S	NA	NA	NA
P_R	NA	NA	NA
G_M	0%	196%	0%
G_R	31%	43%	121%
G_L	0%	196%	0%
G_C	NA	NA	NA
I_R	196%	0%	0%
O_M	NA	NA	NA
O_R	0%	196%	0%
W_M	NA	NA	NA
F_A	196%	0%	0%
F_P	NA	NA	NA
S_A	196%	196%	150%
S_P	NA	NA	NA
L_A	0%	196%	0%
R_A	162%	157%	0%
R_P	NA	NA	NA
F_G	145%	196%	0%
S_G	62%	66%	170%
M_G	196%	0%	0%
L_G	NA	NA	NA
C_G	NA	NA	NA
R_G	48%	68%	121%
F_W	NA	NA	NA
S_W	NA	NA	NA
M_W	NA	NA	NA
R_W	NA	NA	NA
F_I	NA	NA	NA
S_I	NA	NA	NA
R_I	NA	NA	NA
M_O	NA	NA	NA
R_O	NA	NA	NA
A_A	11%	22%	14%
A_G	100%	0%	196%
A_I	0%	0%	196%
A_P	NA	NA	NA
A_W	NA	NA	NA
G_A	196%	0%	196%
G_G	4%	6%	7%
G_I	176%	0%	0%
G_P	196%	0%	0%
G_W	NA	NA	NA

Uso y cambios de uso de la tierra	Región climática			
	RTMH	RTM	RTH	
I_G		0%	196%	0%
I_I		14%	26%	23%
I_P		NA	NA	NA
I_W		NA	NA	NA
O_O		64%	96%	76%
O_W		NA	NA	NA
P_A		NA	NA	NA
P_G		196%	0%	0%
P_I		NA	NA	NA
P_P		24%	43%	95%
W_A		NA	NA	NA
W_I		0%	196%	0%
W_O		NA	NA	NA
W_W		14%	21%	30%

**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, 2022

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 2000-2019 aplicando el método 1 (Propagación del error)*

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 1990	Emisiones o absorciones de 2020	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza de 2019	Tendencia del inventario en las emisiones nacionales para el incremento de 2019 respecto de 2000	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales respecto de 2000
		kt CO2 eq	kt CO2 eq	(+/-) %	(+/-) %	(+) %	(fracción)	(% del año de base)	(+) %
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CO2	1,459.8	1,055.9	1.9%	2.3%	3.0%	0.0%	-27.7%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	CH4	1.5	1.1	1.9%	139.8%	139.8%	0.0%	-24.9%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Líquido	N2O	2.8	2.2	1.9%	217.4%	217.5%	0.0%	-23.5%	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CO2	0.0	469.5	2.0%	5.4%	5.8%	0.0%	-	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	CH4	0.0	0.1	2.0%	150.0%	150.0%	0.0%	-	0.0%

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 1990	Emisiones o absorciones de 2020	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza de 2019	Tendencia del inventario en las emisiones nacionales para el incremento de 2019 respecto de 2000	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales respecto de 2000
		kt CO2 eq	kt CO2 eq	(+/-) %	(+/-) %	(+) %	(fracción)	(% del año de base)	(+) %
1A1 Industrias de la Energía - Sólido	N2O	0.0	2.0	2.0%	233.3%	233.3%	0.0%	-	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CO2	0.0	1,896.7	2.0%	3.9%	4.4%	0.0%	-	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	CH4	0.0	0.9	2.0%	150.0%	150.0%	0.0%	-	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Gas natural	N2O	0.0	0.9	2.0%	200.0%	200.0%	0.0%	-	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	CH4	0.0	0.0	2.0%	150.0%	150.0%	0.0%	-	0.0%
1A1 Industrias de la Energía - Biomasa	N2O	0.0	0.0	2.0%	200.0%	200.0%	0.0%	-	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO2	876.8	1,926.1	11.3%	2.9%	11.7%	0.1%	119.7%	0.1%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH4	1.0	2.0	11.9%	111.6%	112.2%	0.0%	104.4%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N2O	1.8	3.7	12.1%	177.1%	177.5%	0.0%	100.4%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO2	182.5	2,146.4	15.0%	5.4%	15.9%	0.2%	1076.0%	0.1%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH4	0.5	6.4	15.0%	150.0%	150.7%	0.0%	1076.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N2O	0.8	9.0	15.0%	233.3%	233.8%	0.0%	1076.0%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH4	5.5	5.5	47.0%	117.6%	126.7%	0.0%	-0.9%	0.0%
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N2O	7.0	6.9	47.0%	215.6%	220.7%	0.0%	-0.9%	0.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CO2	13.5	67.7	4.4%	3.6%	5.7%	0.0%	401.8%	0.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	CH4	0.1	0.0	4.4%	87.8%	87.9%	0.0%	-74.7%	0.0%
1A3a Transporte - Aviación civil	N2O	0.0	0.5	4.4%	131.7%	131.8%	0.0%	1586.8%	0.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CO2	2,158.7	5,297.8	3.6%	3.1%	4.7%	0.1%	145.4%	0.1%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	CH4	17.9	42.6	4.6%	214.3%	214.4%	0.0%	138.2%	0.0%
1A3b Transporte - Transporte terrestre	N2O	28.0	68.9	3.5%	161.3%	161.3%	0.0%	146.0%	0.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CO2	0.0	1,936.0	50.0%	2.0%	50.0%	1.6%	-	1.1%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	CH4	0.0	7.3	50.0%	150.0%	158.1%	0.0%	-	0.0%
1A3d Transporte - Navegación Marítima y Fluvial	N2O	0.0	4.2	50.0%	233.3%	238.6%	0.0%	-	0.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CO2	357.7	781.0	10.1%	2.3%	10.4%	0.0%	118.3%	0.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	CH4	0.9	2.3	9.9%	99.3%	99.8%	0.0%	159.3%	0.0%
1A4 Otros sectores - Líquido	N2O	0.3	1.0	11.1%	171.3%	171.7%	0.0%	274.9%	0.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CO2	66.4	61.8	59.7%	149.3%	160.8%	0.0%	-6.9%	0.0%
1A4 Otros sectores - Biomasa	CH4	8.3	7.8	59.9%	274.5%	281.0%	0.0%	-6.9%	0.0%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	312.3	555.4	36.0%	2.2%	36.1%	0.1%	77.8%	0.0%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	0.0	3.0	50.1%	28.3%	57.5%	0.0%	7921.3%	0.0%
2.F.1 Refrigeración y A/C	HFC	0.0	913.3	29.9%	100.0%	104.4%	1.5%	-	0.6%
2.F.3 Protección contra incendio	HFC	0.0	0.0	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	-	0.0%
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH4	282.2	289.1	20.0%	30.0%	36.1%	0.0%	2.4%	0.0%
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH4	1,885.4	2,125.1	6.0%	30.0%	30.6%	0.7%	12.7%	0.1%
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH4	0.8	3.6	20.0%	30.0%	36.1%	0.0%	347.9%	0.0%
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH4	7.8	10.0	13.0%	30.0%	32.7%	0.0%	28.3%	0.0%
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH4	84.5	55.8	20.0%	30.0%	36.1%	0.0%	-34.0%	0.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH4	6.9	7.0	20.0%	30.0%	36.1%	0.0%	2.4%	0.0%
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N2O	0.2	0.2	60.2%	75.0%	96.2%	0.0%	2.4%	0.0%

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Emisiones o absorciones de 1990	Emisiones o absorciones de 2020	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza de 2019	Tendencia del inventario en las emisiones nacionales para el incremento de 2019 respecto de 2000	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales respecto de 2000
		kt CO <sub>2</sub> eq	kt CO <sub>2</sub> eq	(+/-) %	(+/-) %	(+) %	(fracción)	(% del año de base)	(+) %
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH4	33.7	37.9	6.0%	30.0%	30.6%	0.0%	12.7%	0.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH4	0.0	0.1	20.0%	30.0%	36.1%	0.0%	347.9%	0.0%
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N2O	0.1	0.4	66.5%	75.0%	100.2%	0.0%	347.9%	0.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH4	15.6	20.0	13.0%	30.0%	32.7%	0.0%	28.3%	0.0%
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N2O	1.6	2.0	60.8%	75.0%	96.5%	0.0%	28.3%	0.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH4	18.3	22.1	13.4%	29.8%	32.7%	0.0%	21.0%	0.0%
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N2O	15.0	19.1	64.5%	75.0%	98.9%	0.0%	27.1%	0.0%
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O	N2O	30.3	51.2	94.4%	240.0%	257.9%	0.0%	68.9%	0.0%
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH4	58.8	67.6	10.0%	60.5%	61.3%	0.0%	15.0%	0.0%
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH4	53.1	46.6	10.0%	63.2%	64.0%	0.0%	-12.2%	0.0%
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	443.1	541.7	61.8%	133.0%	146.7%	1.1%	22.3%	0.2%
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N2O	109.1	135.9	132.4%	196.7%	237.1%	0.2%	24.5%	0.1%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH4	15.2	11.9	70.8%	63.7%	95.3%	0.0%	-21.9%	0.0%
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N2O	3.7	2.9	70.8%	62.7%	94.6%	0.0%	-23.3%	0.0%
3.G. Encalado	CO2	0.0	0.2	25.0%	30.0%	39.1%	0.0%	435.9%	0.0%
3.H. Aplicación de urea	CO2	3.4	4.4	25.0%	30.0%	39.1%	0.0%	29.4%	0.0%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	-27,295.5	-30,561.2	0.0%	15.7%	15.7%	38.4%	12.0%	2.8%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	4.8	76.6	0.0%	20.9%	20.9%	0.0%	1491.1%	0.0%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	1.5	31.8	0.0%	17.2%	17.2%	0.0%	2031.5%	0.0%
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	-1,924.5	-3,494.6	0.0%	32.0%	32.0%	2.1%	81.6%	0.3%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO2	1,260.0	513.4	0.0%	55.1%	55.1%	0.1%	-59.3%	0.0%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH4	55.0	29.0	0.0%	97.0%	97.0%	0.0%	-47.3%	0.0%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	N2O	19.4	10.3	0.0%	146.0%	146.0%	0.0%	-46.8%	0.0%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CH4	2.4	63.6	0.0%	17.9%	17.9%	0.0%	2534.5%	0.0%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	N2O	2.1	55.0	0.0%	18.4%	18.4%	0.0%	2534.5%	0.0%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CO2	5,384.4	3,076.4	0.0%	31.8%	31.8%	1.6%	-42.9%	0.0%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CH4	90.6	43.9	0.0%	43.2%	43.2%	0.0%	-51.6%	0.0%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	N2O	26.7	15.1	0.0%	39.3%	39.3%	0.0%	-43.4%	0.0%
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	CO2	163.7	0.0	0.0%	92.6%	92.6%	0.0%	-100.0%	0.0%
4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	CO2	28.7	26.9	0.0%	134.2%	134.2%	0.0%	-6.2%	0.0%
4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras	CO2	0.0	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-	0.0%
5.A. Eliminación de desechos sólidos.	CH4	610.8	1,326.1	0.0%	96.7%	96.7%	2.7%	117.1%	0.5%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	CH4	144.5	254.7	107.7%	59.2%	122.9%	0.2%	76.3%	0.1%
5.D.1 Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas.	N2O	37.6	53.8	49.2%	1400.0%	1400.9%	0.9%	43.1%	0.1%
<b>Total</b>		<b>-12,814.8</b>	<b>-7,738.3</b>				<b>51.7%</b>		<b>6.4%</b>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<i>Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero</i>	<i>GEI</i>	<i>Emisiones o absorciones de 1990</i>	<i>Emisiones o absorciones de 2020</i>	<i>Incertidumbre de los datos de actividad</i>	<i>Incertidumbre de los factores de emisión</i>	<i>Incertidumbre combinada</i>	<i>Contribución a la varianza de 2019</i>	<i>Tendencia del inventario en las emisiones nacionales para el incremento de 2019 respecto de 2000</i>	<i>Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales respecto de 2000</i>
		<i>kt CO<sub>2</sub> eq</i>	<i>kt CO<sub>2</sub> eq</i>	<i>(+/-) %</i>	<i>(+/-) %</i>	<i>(+) %</i>	<i>(fracción)</i>	<i>(% del año de base)</i>	<i>(+) %</i>
						<b>Porcentaje de incertidumbre del inventario total:</b>	<b>71.9%</b>	<b>Incertidumbre de la tendencia:</b>	<b>25.2%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

### ANEXO 3.

#### ANEXO 3.1. Sector Agricultura

Tabla. A.3. 1.

Suelos agrícolas: fertilizante sintético aplicado 2000-2019 (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
			5.0	95.0						
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

**Nota:** valores en azul son el resultado de extrapolaciones.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en la información de INEC y SIECA.

**Tabla. A.3. 2-**

*Suelos agrícolas: fertilizante sintético aplicado 2000-2019 (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 diamónico (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 33.0	Total	% N 33.0	Total	% N 18.0	Total	% N 12.0			
2000	8,342,869	2,753,147	298,800	98,604	2,928,047	527,048	1655	199	14,398,673	1,678,381	12,720,291
2001	476,348	157,195	275,726	90,990	2,250	405	82099	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	51640	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	78790	9,455	16,689,479	1,679,333	15,010,146
2004	134,804	44,485	206,504	68,146	10,321	1,858	20111	2,413	14,314,931	1,690,129	12,624,803
2005	131,779	43,487	183,430	60,532	151,590	27,286	45288	5,435	14,859,835	1,651,111	13,208,724
2006	64,966	21,439	388,045	128,055	129,996	23,399	37512	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	79284	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	105433	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	140602	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	395750	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	1872250	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	1374025	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	5674554	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	286305	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	863001	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	825100	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	525000	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	741850	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	1152529	138,303	34,215,820	1,712,415	32,503,406
2000	8,342,869	2,753,147	298,800	98,604	2,928,047	527,048	1655	199	14,398,673	1,678,381	12,720,291

**Nota:** valores en verde son resultado de interpolaciones.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en la información de INEC y SIECA.

## ANEXO 3.2. Sector UTCUTS

### ANEXO 3.2.1. Resumen de los cambios de las existencias de carbono

Tabla. A.3. 3- Cambios de las existencias de carbono de 2000

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	28,427,939.6	0.0	0.0	-28,427,939.6	171.9	5.6	54.1	2,750.5
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversion entre Categoría)	-1,042,006.0	-90,448.6	0.0	1,132,454.7	NO	NO	NO	NO
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	117,164.1	45,465.7	6,728.1	-169,357.9	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	1,046,637.4	687,266.7	6,033.3	-1,739,937.5	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	12,639.6	2,556.9	0.0	-15,196.4	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
	<b>Sub-Total para Tierras Forestales</b>	<b>28,562,374.7</b>	<b>644,840.7</b>	<b>12,761.4</b>	<b>-29,219,976.7</b>	<b>171.9</b>	<b>5.6</b>	<b>54.1</b>	<b>2,750.5</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	NE	NE	0.0	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-1,057,527.1	-174,987.2	-34,197.9	1,266,712.1	1,949.8	71.8	798.9	32,840.4
Pastizales	Tierras de Cultivo	-15.8	8,095.6	-1,322.6	-6,757.1	15.2	1.4	25.8	430.7
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	<b>Sub-Total para Tierras de Cultivo</b>	<b>-1,057,542.9</b>	<b>-166,891.6</b>	<b>-35,520.5</b>	<b>1,259,955.0</b>	<b>1,965.1</b>	<b>73.2</b>	<b>824.7</b>	<b>33,271.1</b>
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	86.3	7.9	146.3	2,438.1
Tierras Forestales	Pastizales	-4,164,247.1	-1,198,366.7	-8,694.9	5,371,308.7	3,237.0	100.8	893.1	50,674.4
Tierras de Cultivo	Pastizales	7,588.7	-25,173.2	4,502.4	13,082.2	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, NA
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
	<b>Sub-Total para Pastizales</b>	<b>-4,156,658.4</b>	<b>-1,223,539.9</b>	<b>-4,192.5</b>	<b>5,384,390.9</b>	<b>3,323.2</b>	<b>108.7</b>	<b>1,039.4</b>	<b>53,112.5</b>
Humedales	Humedales	NA	NA	NA	NA	NE	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	-104,878.1	-51,597.2	NE	156,475.2	NE	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	-6,008.9	-1,231.5	NE	7,240.4	NE	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
	<b>Sub-Total para Humedales</b>	<b>-110,887.0</b>	<b>-52,828.6</b>	<b>0.0</b>	<b>163,715.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-1,883.3	-1,354.4	-145.9	3,383.6	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-19,028.3	-3,899.7	-2,398.4	25,326.5	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
	<b>Sub-Total para Asentamientos</b>	<b>-20,911.6</b>	<b>-5,254.1</b>	<b>-2,544.3</b>	<b>28,710.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0	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	0.0	NE	NE	0.0	NA	NA	NA	NA

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	<b>Sub-Total para Otras tierras</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otros (Especificar) <sup>2</sup>		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	<b>Sub-Total para Otros</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Total</b>	<b>23,216,374.8</b>	<b>-803,673.6</b>	<b>-29,496.0</b>	<b>-22,383,205.2</b>	<b>5,460.3</b>	<b>187.4</b>	<b>1,918.2</b>	<b>89,134.1</b>

**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, 2022

Tabla. A.3. 4. Cambios de las existencias de carbono de 2005

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	28,796,633.1	0.0	0.0	-28,796,633.1	901.3	28.7	262.6	14,233.8
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversion entre Categoría)	589,047.3	-9,675.8	0.0	-579,371.5	NO	NO	NO	NO
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	183,730.1	47,591.1	11,448.6	-242,769.7	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	1,904,142.6	1,302,106.2	10,503.8	-3,216,752.6	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
<b>Sub-Total para Tierras Forestales</b>		<b>31,473,553.1</b>	<b>1,340,021.5</b>	<b>21,952.4</b>	<b>-32,835,527.0</b>	<b>901.3</b>	<b>28.7</b>	<b>262.6</b>	<b>14,233.8</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	NE	NE	0.0	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-983,431.2	-216,604.7	-42,712.6	1,242,748.5	1,660.9	79.0	1,101.3	31,711.2
Pastizales	Tierras de Cultivo	18,619.5	136,766.7	-18,329.1	-137,057.2	252.4	23.0	428.1	7,134.3
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Tierras de Cultivo</b>		<b>-964,811.6</b>	<b>-79,838.0</b>	<b>-61,041.7</b>	<b>1,105,691.3</b>	<b>1,913.4</b>	<b>102.0</b>	<b>1,529.4</b>	<b>38,845.5</b>
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	145.4	13.3	246.5	4,108.5
Tierras Forestales	Pastizales	-10,910,978.0	-3,472,224.7	-24,602.3	14,407,804.9	8,321.8	275.0	2,671.3	133,606.7
Tierras de Cultivo	Pastizales	-93,040.2	-84,820.0	7,157.8	170,702.4	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, NA
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Pastizales</b>		<b>-11,004,018.2</b>	<b>-3,557,044.7</b>	<b>-17,444.4</b>	<b>14,578,507.3</b>	<b>8,467.1</b>	<b>288.3</b>	<b>2,917.8</b>	<b>137,715.2</b>
Humedales	Humedales	NA	NA	NA	NA	NE	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Humedales</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-67,351.5	-20,317.0	-1,856.5	89,525.0	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-27,650.7	-5,666.8	-4,460.3	37,777.8	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Asentamientos</b>		<b>-95,002.2</b>	<b>-25,983.8</b>	<b>-6,316.7</b>	<b>127,302.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0	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	0.0	NE	NE	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Otras tierras</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otros (Especificar) <sup>2</sup>		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Sub-Total para Otros</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total</b>		<b>19,409,721.0</b>	<b>-2,322,845.0</b>	<b>-62,850.5</b>	<b>-17,024,025.5</b>	<b>11,281.9</b>	<b>418.9</b>	<b>4,709.8</b>	<b>190,794.4</b>

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, 2022.

Tabla. A.3. 5. Cambios de las existencias de carbono de 2010

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup> D = (A+B+C) x (-1)	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
Tierras Forestales	Tierras Forestales	29,383,218.2	0.0	0.0	-29,383,218.2	77.1	3.7	51.2	1,473.2
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversion entre Categoría)	1,863,530.0	63,662.7	0.0	-1,927,192.7	NO	NO	NO	NO
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	170,078.8	73,805.6	10,624.3	-254,508.7	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	2,602,807.2	1,745,793.0	14,452.7	-4,363,052.9	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	107,237.6	21,693.0	2,286.5	-131,217.1	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
<b>Sub-Total para Tierras Forestales</b>		<b>34,126,871.8</b>	<b>1,904,954.3</b>	<b>27,363.5</b>	<b>-36,059,189.6</b>	<b>77.1</b>	<b>3.7</b>	<b>51.2</b>	<b>1,473.2</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	NE	NE	0.0	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-873,008.4	-147,880.4	-32,813.9	1,053,702.7	1,661.3	61.2	683.0	28,002.2
Pastizales	Tierras de Cultivo	-37,473.0	124,305.6	-21,697.9	-65,134.6	243.9	22.3	413.6	6,893.4
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Tierras de Cultivo</b>		<b>-910,481.4</b>	<b>-23,574.9</b>	<b>-54,511.9</b>	<b>988,568.1</b>	<b>1,905.3</b>	<b>83.5</b>	<b>1,096.6</b>	<b>34,895.6</b>
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	78.8	7.2	133.6	2,225.9
Tierras Forestales	Pastizales	-4,948,095.3	-1,424,168.3	-9,137.6	6,381,401.2	3,795.7	120.5	1,103.0	59,915.3
Tierras de Cultivo	Pastizales	-92,090.1	-85,322.2	8,808.0	168,604.4	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, NA
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Pastizales</b>		<b>-5,040,185.5</b>	<b>-1,509,490.6</b>	<b>-329.6</b>	<b>6,550,005.6</b>	<b>3,874.4</b>	<b>127.7</b>	<b>1,236.6</b>	<b>62,141.3</b>
Humedales	Humedales	NA	NA	NA	NA	NE	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	-47,082.9	-33,858.9	NE	80,941.8	NE	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Humedales</b>		<b>-47,082.9</b>	<b>-33,858.9</b>	<b>0.0</b>	<b>80,941.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-175,809.1	-65,555.6	-6,182.4	247,547.0	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-55,794.4	-11,434.7	-9,001.6	76,230.7	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Asentamientos</b>		<b>-231,603.5</b>	<b>-76,990.3</b>	<b>-15,183.9</b>	<b>323,777.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0	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	0.0	NE	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Otras tierras</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otros (Especificar) <sup>2</sup>		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Sub-Total para Otros</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total</b>		<b>27,897,518.5</b>	<b>261,039.8</b>	<b>-42,662.0</b>	<b>-28,115,896.4</b>	<b>5,856.8</b>	<b>214.9</b>	<b>2,384.4</b>	<b>98,510.1</b>

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, 2022.

Tabla. A.3. 6. Cambios de las existencias de carbono de 2013

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	29,471,309.4	0.0	0.0	-29,471,309.4	754.3	26.6	281.7	12,462.5
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversion entre Categoría)	2,775,856.7	103,301.9	0.0	-2,879,158.6	NO	NO	NO	NO
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	457,642.3	121,279.2	28,893.8	-607,815.4	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	2,144,842.0	1,411,484.8	12,314.2	-3,568,641.1	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	18,994.5	3,842.4	0.0	-22,836.9	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	25,326.0	5,123.2	689.4	-31,138.5	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
<b>Sub-Total para Tierras Forestales</b>		<b>34,893,970.9</b>	<b>1,645,031.5</b>	<b>41,897.4</b>	<b>-36,580,899.9</b>	<b>754.3</b>	<b>26.6</b>	<b>281.7</b>	<b>12,462.5</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	NE	NE	0.0	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-382,907.8	-70,084.9	-15,864.9	468,857.6	705.8	28.0	336.8	12,310.7
Pastizales	Tierras de Cultivo	53,762.7	86,314.8	-10,795.5	-129,281.9	148.1	13.5	251.2	4,186.5
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Tierras de Cultivo</b>		<b>-329,145.1</b>	<b>16,229.8</b>	<b>-26,660.4</b>	<b>339,575.7</b>	<b>853.9</b>	<b>41.5</b>	<b>588.0</b>	<b>16,497.2</b>
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	80.8	7.4	137.1	2,284.2
Tierras Forestales	Pastizales	-3,751,441.8	-1,348,301.4	-9,909.7	5,109,652.9	2,749.5	97.3	1,034.8	45,494.5
Tierras de Cultivo	Pastizales	24,566.2	-81,491.0	13,963.1	42,961.7	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, NA
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Pastizales</b>		<b>-3,726,875.6</b>	<b>-1,429,792.4</b>	<b>4,053.5</b>	<b>5,152,614.6</b>	<b>2,830.3</b>	<b>104.7</b>	<b>1,171.9</b>	<b>47,778.7</b>
Humedales	Humedales	NA	NA	NA	NA	NE	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	-641.6	-869.0	NE	1,510.6	NE	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Humedales</b>		<b>-641.6</b>	<b>-869.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1,510.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-300,648.6	-108,455.4	-10,519.4	419,623.4	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	-100,789.3	-17,797.6	-6,424.9	125,011.9	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-22,710.8	-4,654.4	-3,070.3	30,435.5	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	NE	0.0	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NE	NO	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Asentamientos</b>		<b>-424,148.7</b>	<b>-130,907.4</b>	<b>-20,014.6</b>	<b>575,070.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0	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	0.0	NE	NE	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Otras tierras</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otros (Especificar) <sup>2</sup>		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Sub-Total para Otros</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total</b>		<b>30,413,159.9</b>	<b>99,692.5</b>	<b>-724.1</b>	<b>-30,512,128.3</b>	<b>4,438.6</b>	<b>172.8</b>	<b>2,041.6</b>	<b>76,738.3</b>

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, 2022.

Tabla. A.3. 7. Cambios de las existencias de carbono de 2017

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	28,869,736.3	0.0	0.0	-28,869,736.3	153.8	8.2	123.1	3,124.2
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversion entre Categoría)	4,074,443.6	210,483.3	0.0	-4,284,926.9	NO	NO	NO	NO
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	362,405.8	96,249.6	22,035.2	-480,690.6	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	2,951,300.6	2,052,072.4	17,122.3	-5,020,495.4	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	10,418.6	5,417.4	583.6	-16,419.6	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
<b>Sub-Total para Tierras Forestales</b>		<b>36,268,304.9</b>	<b>2,364,222.7</b>	<b>39,741.1</b>	<b>-38,672,268.8</b>	<b>153.8</b>	<b>8.2</b>	<b>123.1</b>	<b>3,124.2</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	NE	NE	0.0	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-669,145.4	-118,910.9	-26,927.2	814,983.5	1,260.2	48.4	564.9	21,656.2
Pastizales	Tierras de Cultivo	264,761.0	163,809.8	-8,858.0	-419,712.9	237.8	21.7	403.3	6,721.2
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	1,738.0	0.0	-1,738.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Tierras de Cultivo</b>		<b>-404,384.4</b>	<b>46,637.0</b>	<b>-35,785.2</b>	<b>393,532.6</b>	<b>1,498.0</b>	<b>70.2</b>	<b>968.2</b>	<b>28,377.5</b>
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	350.7	32.0	594.7	9,911.4
Tierras Forestales	Pastizales	-4,100,729.8	-1,532,206.0	-11,492.1	5,644,427.8	3,096.8	108.6	1,141.4	51,027.7
Tierras de Cultivo	Pastizales	14,536.8	-48,221.5	8,255.1	25,429.5	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, NA
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Pastizales</b>		<b>-4,086,193.0</b>	<b>-1,580,427.5</b>	<b>-3,237.0</b>	<b>5,669,857.4</b>	<b>3,447.5</b>	<b>140.6</b>	<b>1,736.1</b>	<b>60,939.1</b>
Humedales	Humedales	NA	NA	NA	NA	NE	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	-25,130.1	-5,150.3	NE	30,280.4	NE	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Humedales</b>		<b>-25,130.1</b>	<b>-5,150.3</b>	<b>0.0</b>	<b>30,280.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-360,405.7	-95,396.4	-7,680.5	463,482.6	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-35,006.3	-7,174.3	-5,545.2	47,725.9	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Asentamientos</b>		<b>-395,412.0</b>	<b>-102,570.7</b>	<b>-13,225.7</b>	<b>511,208.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0	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	0.0	NE	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Otras tierras</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otros (Especificar) <sup>2</sup>		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Sub-Total para Otros</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total</b>		<b>31,357,185.4</b>	<b>722,711.3</b>	<b>-12,506.8</b>	<b>-32,067,389.9</b>	<b>5,099.3</b>	<b>219.0</b>	<b>2,827.3</b>	<b>92,440.8</b>

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, 2022.

Tabla. A.3. 8. Cambios de las existencias de carbono de 2018

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	29,373,867.8	0.0	0.0	-29,373,867.8	211.5	8.9	113.7	3,802.4
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversion entre Categoría)	2,766,640.3	147,913.4	0.0	-2,914,553.7	NO	NO	NO	NO
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	80,291.2	19,589.3	5,406.2	-105,286.7	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	1,383,818.4	946,312.7	8,013.2	-2,338,144.3	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
<b>Sub-Total para Tierras Forestales</b>		<b>33,604,617.7</b>	<b>1,113,815.4</b>	<b>13,419.4</b>	<b>-34,731,852.5</b>	<b>211.5</b>	<b>8.9</b>	<b>113.7</b>	<b>3,802.4</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	NE	NE	0.0	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-650,211.8	-134,643.2	-31,768.9	816,623.9	1,086.1	55.8	818.9	21,613.4
Pastizales	Tierras de Cultivo	49,994.8	76,925.6	-9,638.1	-117,282.3	131.5	12.0	222.9	3,715.5
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Tierras de Cultivo</b>		<b>-600,217.0</b>	<b>-57,717.6</b>	<b>-41,407.0</b>	<b>699,341.6</b>	<b>1,217.6</b>	<b>67.8</b>	<b>1,041.8</b>	<b>25,328.9</b>
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	293.6	26.8	497.8	8,297.1
Tierras Forestales	Pastizales	-3,973,117.0	-1,489,938.1	-11,499.1	5,474,554.3	3,165.8	111.7	1,184.5	47,565.5
Tierras de Cultivo	Pastizales	-39,763.1	-52,267.5	6,045.3	85,985.3	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, NA
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
<b>Sub-Total para Pastizales</b>		<b>-4,012,880.1</b>	<b>-1,542,205.7</b>	<b>-5,453.8</b>	<b>5,560,539.6</b>	<b>3,459.3</b>	<b>138.5</b>	<b>1,682.3</b>	<b>55,862.6</b>
Humedales	Humedales	NA	NA	NA	NA	NE	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	-1,283.2	-1,738.0	NE	3,021.2	NE	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Humedales</b>		<b>-1,283.2</b>	<b>-1,738.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3,021.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	-185,204.8	-66,400.6	-6,487.1	258,092.5	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	-17,549.5	-23,770.9	-321.0	41,641.5	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-111,142.1	-22,777.9	-16,117.3	150,037.2	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Asentamientos</b>		<b>-313,896.4</b>	<b>-112,949.4</b>	<b>-22,925.4</b>	<b>449,771.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	-46,486.8	-33,430.2	-3,781.4	50,268.2	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	0.0	NE	NE	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Sub-Total para Otras tierras</b>		<b>-46,486.8</b>	<b>-33,430.2</b>	<b>-3,781.4</b>	<b>50,268.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otros (Especificar) <sup>2</sup>		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>Sub-Total para Otros</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total</b>		<b>28,629,854.3</b>	<b>-634,225.6</b>	<b>-60,148.2</b>	<b>-27,968,910.8</b>	<b>4,888.4</b>	<b>215.3</b>	<b>2,837.9</b>	<b>84,993.9</b>

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, 2022.

Tabla. A.3. 9. Cambios de las existencias de carbono de 2019

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> e)							
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 <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Emisiones anuales de CH <sub>4</sub> (t)	Emisiones anuales de N <sub>2</sub> O (t)	Emisiones anuales de NO <sub>x</sub> (t)	Emisiones anuales de CO (t)
		A	B	C	D = (A+B+C) x (-1)				
Tierras Forestales	Tierras Forestales	28,333,115.2	0.0	0.0	-28,333,115.2	2,735.7	120.1	1,578.5	50,140.7
Tierras Forestales	Tierras Forestales (Conversion entre Categoría)	2,142,248.2	85,799.6	0.0	-2,228,047.7	NO	NO	NO	NO
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	325,909.8	84,438.1	20,587.1	-430,934.9	NO	NO	NO	NO
Pastizales	Tierras Forestales	1,757,186.7	1,191,308.8	10,258.1	-2,958,753.5	NO	NO	NO	NO
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Tierras Forestales	6,289.4	3,270.3	352.3	-9,912.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras Forestales	57,817.2	33,430.2	3,781.4	-95,028.8	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE
	<b>Sub-Total para Tierras Forestales</b>	<b>32,622,566.5</b>	<b>1,398,246.9</b>	<b>34,978.8</b>	<b>-34,055,792.2</b>	<b>2,735.7</b>	<b>120.1</b>	<b>1,578.5</b>	<b>50,140.7</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	NE	NE	0.0	IE	IE	IE	IE
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-468,779.8	-56,100.9	-12,537.1	537,417.9	968.6	32.8	328.6	15,707.3
Pastizales	Tierras de Cultivo	-5,737.2	35,117.7	-5,384.0	-23,996.5	67.6	6.2	114.7	1,911.0
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	<b>Sub-Total para Tierras de Cultivo</b>	<b>-474,517.0</b>	<b>-20,983.3</b>	<b>-17,921.1</b>	<b>513,421.4</b>	<b>1,036.2</b>	<b>38.9</b>	<b>443.2</b>	<b>17,618.3</b>
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	2,272.8	207.5	3,853.9	64,231.4
Tierras Forestales	Pastizales	-2,116,587.3	-838,012.1	-6,367.9	2,960,967.3	1,568.1	57.0	626.1	26,265.3
Tierras de Cultivo	Pastizales	-55,855.4	-67,393.0	7,816.4	115,432.0	NE	NE	NE	NE
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NE, NA	NE, NA	NE, NA	NE, NA
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	NO	NO	NO	NO
	<b>Sub-Total para Pastizales</b>	<b>-2,172,442.7</b>	<b>-905,405.1</b>	<b>1,448.5</b>	<b>3,076,399.3</b>	<b>3,840.9</b>	<b>264.5</b>	<b>4,480.0</b>	<b>90,496.7</b>
Humedales	Humedales	NA	NA	NA	NA	NE	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Pastizales	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	NE	0.0	NE	NA	NA	NA
	<b>Sub-Total para Humedales</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Asentamientos	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0	NA	NA	NA	NA
Tierras de Cultivo	Asentamientos	-6,947.2	-9,410.1	-101.4	16,458.7	NA	NA	NA	NA
Pastizales	Asentamientos	-7,658.8	-1,569.6	-1,232.4	10,460.8	NA	NA	NA	NA
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	NA	0.0	NA	NA	NA	NA
Otras Tierras	Asentamientos	NO	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NA
	<b>Sub-Total para Asentamientos</b>	<b>-14,606.0</b>	<b>-10,979.7</b>	<b>-1,333.8</b>	<b>26,919.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tierras Forestales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0	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	0.0	NE	NE	0.0	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	Otras Tierras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	<b>Sub-Total para Otras tierras</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otros (Especificar) <sup>2</sup>		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	<b>Sub-Total para Otros</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
	<b>Total</b>	<b>29,961,000.7</b>	<b>460,878.9</b>	<b>17,172.4</b>	<b>-30,439,052.0</b>	<b>7,612.8</b>	<b>423.5</b>	<b>6,501.7</b>	<b>158,255.8</b>

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, 2022.

## ANEXO 3.2.2. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra

Tabla A.3.2.2.

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2000 (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 Bosques (Plantación Latifoliadas)	Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos Permaentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
<b>Horizontal: Uso Inicial</b>													
<b>Vertical: Uso Final</b>													
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,710,779			1,017					2,568	33			1,714,397
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		980,209		12,493			2,926		8,581				1,004,209
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			145,083						128	161			145,372
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		1,224		293,995			1,346		3,124		27		299,716
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					57,790								57,790
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						4,213							4,213
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				919			145,106		958				146,983
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>				408				33,790					34,198
<b>Pastizales, Pasto</b>				9,298			304	27	1,021,105				1,030,735
<b>Humedales</b>			32							111,121			111,153
<b>Asentamientos</b>											82,597		82,656
<b>Otras tierras</b>												6,395	6,395
<b>TOTALES</b>	<b>1,710,779</b>	<b>981,433</b>	<b>145,115</b>	<b>318,130</b>	<b>57,790</b>	<b>4,213</b>	<b>149,682</b>	<b>33,817</b>	<b>1,036,524</b>	<b>111,314</b>	<b>82,624</b>	<b>6,395</b>	<b>4,637,815</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,134,955						340		1,244				1,136,539
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		442,926		928			1,127		5,481	27			450,489
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			8,745										8,745
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		1,734		130,174			1,556		1,343	27			134,835
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					9,706								9,706
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						2,362							2,362
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				912			34,147						35,060
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								13,024					13,024
<b>Pastizales, Pasto</b>				6,113					415,747				421,860
<b>Humedales</b>										46,182			46,182
<b>Asentamientos</b>											20,751		20,751
<b>Otras tierras</b>												1,558	1,558
<b>TOTALES</b>	<b>1,134,955</b>	<b>444,660</b>	<b>8,745</b>	<b>138,128</b>	<b>9,706</b>	<b>2,362</b>	<b>37,171</b>	<b>13,024</b>	<b>423,815</b>	<b>46,236</b>	<b>20,751</b>	<b>1,558</b>	<b>2,281,112</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	11,002												11,002
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		66,008		375					672				67,054
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			38,669										38,669
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>				41,237			669		160	800			42,866
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					4,599								4,599
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>													0
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>							89,836		27				89,863
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>							320	1,658					1,978
<b>Pastizales, Pasto</b>			544						278,510	192	608		279,854
<b>Humedales</b>			32							25,947			25,979
<b>Asentamientos</b>											27,605		27,605
<b>Otras tierras</b>												5,182	5,182
<b>TOTALES</b>	<b>11,002</b>	<b>66,008</b>	<b>39,245</b>	<b>41,612</b>	<b>4,599</b>	<b>0</b>	<b>90,825</b>	<b>1,658</b>	<b>279,369</b>	<b>26,939</b>	<b>28,212</b>	<b>5,182</b>	<b>594,650</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el *Mapatón 2021*.

Tabla A.3.2.2.

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2005 (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 Bosques	Tierras forestales, Otros Bosques	Tierras agrícolas, Cultivos anuales	Tierras agrícolas, Cultivos permanentes	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
<i>Horizontal: Uso Inicial</i> <i>Vertical: Uso Final</i>													
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,667,288			908			1,115		9,219				1,678,530
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		895,901		6,925			872		22,116		164		925,978
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			145,725										145,725
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		8,924		335,872			3,847		17,924		82		366,649
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					58,438				803				59,240
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						4,213							4,213
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				1,491			155,064		1,482				158,037
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								33,279	1,277				34,556
<b>Pastizales, Pasto</b>				22,802			2,754		1,036,895		803		1,063,254
<b>Humedales</b>										111,309			111,309
<b>Asentamientos</b>											84,700		84,732
<b>Otras tierras</b>												5,592	5,592
<b>TOTALES</b>	<b>1,667,288</b>	<b>904,825</b>	<b>145,725</b>	<b>367,998</b>	<b>58,438</b>	<b>4,213</b>	<b>163,652</b>	<b>33,279</b>	<b>1,089,749</b>	<b>111,309</b>	<b>85,748</b>	<b>5,592</b>	<b>4,637,815</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,127,382			268			54		1,765				1,129,469
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		410,835		2,818			215	61	6,859				420,788
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			7,425						307				7,732
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		3,685		137,853			3,615		6,597				151,750
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					10,377								10,377
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						2,415							2,415
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				1,174			36,306		1,018				38,498
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								12,433					12,433
<b>Pastizales, Pasto</b>				5,505			1,744	671	428,228		81		436,228
<b>Humedales</b>										46,907			46,907
<b>Asentamientos</b>							35				22,922		22,957
<b>Otras tierras</b>												1,558	1,558
<b>TOTALES</b>	<b>1,127,382</b>	<b>414,520</b>	<b>7,425</b>	<b>147,618</b>	<b>10,377</b>	<b>2,415</b>	<b>41,968</b>	<b>13,165</b>	<b>444,774</b>	<b>46,907</b>	<b>23,002</b>	<b>1,558</b>	<b>2,281,112</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	10,202								800				11,002
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		59,352		990			134		2,140		128		62,743
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			38,701										38,701
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		1,873		41,248					572				43,693
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					4,599								4,599
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>													0
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>							92,747		214				92,961
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								1,658					1,658
<b>Pastizales, Pasto</b>				1,687			535		276,584				278,805
<b>Humedales</b>										26,939			26,939
<b>Asentamientos</b>											28,367		28,367
<b>Otras tierras</b>												5,182	5,182
<b>TOTALES</b>	<b>10,202</b>	<b>61,224</b>	<b>38,701</b>	<b>43,924</b>	<b>4,599</b>	<b>0</b>	<b>93,416</b>	<b>1,658</b>	<b>280,310</b>	<b>26,939</b>	<b>28,495</b>	<b>5,182</b>	<b>594,650</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el *Mapatón 2021*.

Tabla A.3.2.2.

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2010 (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	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros	Tierras forestales, Otros	Tierras agrícolas, Cultivos	Tierras agrícolas, Cultivos	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,645,893			784					8,373		328		1,655,378
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		875,580		2,160			3,716		6,757				888,212
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			145,436										145,436
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		11,933		354,608			2,075		3,597	679	492		373,386
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					55,846								55,846
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						3,941							3,941
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				1,605			167,111		2,149				170,866
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								35,988	598				36,586
<b>Pastizales, Pasto</b>			193	30,133	679		4,195		1,059,500		1,609		1,096,309
<b>Humedales</b>										111,665	27		111,692
<b>Asentamientos</b>											94,636		94,636
<b>Otras tierras</b>												5,528	5,528
<b>TOTALES</b>	<b>1,645,893</b>	<b>887,513</b>	<b>145,628</b>	<b>389,291</b>	<b>56,525</b>	<b>3,941</b>	<b>177,097</b>	<b>35,988</b>	<b>1,080,974</b>	<b>112,344</b>	<b>97,092</b>	<b>5,528</b>	<b>4,637,815</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,118,378			306					767				1,119,452
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		403,025		1,141			215		2,054		27		406,462
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			7,456						123				7,579
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		6,739		146,008			832		2,425		289		156,293
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					11,815								11,815
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						2,415							2,415
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				1,183			48,568						49,751
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>				767				11,835	671				13,273
<b>Pastizales, Pasto</b>				7,806					433,652		174		441,631
<b>Humedales</b>										46,773		134	46,907
<b>Asentamientos</b>											23,976		23,976
<b>Otras tierras</b>												1,558	1,558
<b>TOTALES</b>	<b>1,118,378</b>	<b>409,765</b>	<b>7,456</b>	<b>157,211</b>	<b>11,815</b>	<b>2,415</b>	<b>49,615</b>	<b>11,835</b>	<b>439,692</b>	<b>46,773</b>	<b>24,465</b>	<b>1,693</b>	<b>2,281,112</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	10,202												10,202
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		60,684		107					482				61,273
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			39,757										39,757
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		669		45,139			161		1,365				47,333
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					5,027								5,027
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>													0
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>							94,304		589				94,893
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								1,658					1,658
<b>Pastizales, Pasto</b>				1,578			800	669	267,442				270,488
<b>Humedales</b>										27,738			27,738
<b>Asentamientos</b>											32,155		32,155
<b>Otras tierras</b>			544									3,583	4,126
<b>TOTALES</b>	<b>10,202</b>	<b>61,353</b>	<b>40,301</b>	<b>46,824</b>	<b>5,027</b>	<b>800</b>	<b>95,134</b>	<b>1,658</b>	<b>269,877</b>	<b>27,738</b>	<b>32,155</b>	<b>3,583</b>	<b>594,650</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el *Mapatón 2021*.

Tabla A.3.2.2.

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2013 (ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT)	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros	Tierras forestales, Otros	Tierras agrícolas, Cultivos	Tierras agrícolas, Cultivos	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Horizontal: Uso Inicial													
Vertical: Uso Final													
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,635,347			1,098					2,723				1,639,168
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		884,192		3,994			1,345		5,347		1,160		896,038
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			145,660										145,660
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		16,521		365,534			1,654		8,278		506		392,494
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					57,333								57,333
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						4,213							4,213
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				4,182			173,133		2,488	27	82		179,912
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>				109				37,357			820		38,286
<b>Pastizales, Pasto</b>			803	19,041	1,796		2,365		1,037,336		190		1,061,531
<b>Humedales</b>			96							112,498			112,594
<b>Asentamientos</b>											105,059		105,059
<b>Otras tierras</b>												5,399	5,528
<b>TOTALES</b>	<b>1,635,347</b>	<b>900,714</b>	<b>146,688</b>	<b>393,957</b>	<b>59,129</b>	<b>4,213</b>	<b>178,497</b>	<b>37,357</b>	<b>1,056,172</b>	<b>112,525</b>	<b>107,817</b>	<b>5,399</b>	<b>4,637,815</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,112,194						102		3,072				1,115,368
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		403,986		1,075			69		1,643				406,773
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			7,916										7,916
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		10,458		144,483			139		4,539				159,619
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					11,815								11,815
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						2,415							2,415
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				2,151			47,268						49,419
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								12,506					12,506
<b>Pastizales, Pasto</b>				9,940			242	868	430,385				441,434
<b>Humedales</b>										46,773			46,773
<b>Asentamientos</b>											25,381		25,381
<b>Otras tierras</b>												1,693	1,693
<b>TOTALES</b>	<b>1,112,194</b>	<b>414,444</b>	<b>7,916</b>	<b>157,649</b>	<b>11,815</b>	<b>2,415</b>	<b>47,819</b>	<b>13,373</b>	<b>439,640</b>	<b>46,773</b>	<b>25,381</b>	<b>1,693</b>	<b>2,281,112</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	10,202												10,202
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		62,009		134					96				62,239
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			40,301										40,301
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		990		43,358					829		375		45,552
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					5,027								5,027
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						800							800
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				268			101,711		701				102,680
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								1,711					1,711
<b>Pastizales, Pasto</b>				2,247			348	27	257,220		535		260,377
<b>Humedales</b>										28,407			28,407
<b>Asentamientos</b>											33,773		33,773
<b>Otras tierras</b>												3,583	3,583
<b>TOTALES</b>	<b>10,202</b>	<b>62,999</b>	<b>40,301</b>	<b>46,006</b>	<b>5,027</b>	<b>800</b>	<b>102,059</b>	<b>1,738</b>	<b>258,846</b>	<b>28,407</b>	<b>34,683</b>	<b>3,583</b>	<b>594,650</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el *Mapatón 2021*.

Tabla A.3.2.2

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2017 (ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT)	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros	Tierras forestales, Otros	Tierras agrícolas, Cultivos	Tierras agrícolas, Cultivos	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES	
Horizontal: Uso Inicial Vertical: Uso Final														
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,617,030								511		328		1,617,869	2017-2018_TMH
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		913,338		4,945			2,788		10,739		215		932,025	
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			146,014						32				146,046	
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		28,842		333,897			2,041		8,359		163		373,302	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>		722			57,879								58,601	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						4,213							4,213	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				2,065			182,457		1,618				186,140	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								41,778					41,778	
<b>Pastizales, Pasto</b>				30,800			1,735	2,342	1,003,679	803	1,038		1,040,397	
<b>Humedales</b>							54			113,896			113,950	
<b>Asentamientos</b>				109							117,539		118,094	
<b>Otras tierras</b>												5,399	5,399	
<b>TOTALES</b>	<b>1,617,030</b>	<b>942,902</b>	<b>146,014</b>	<b>371,815</b>	<b>57,879</b>	<b>4,213</b>	<b>189,075</b>	<b>44,121</b>	<b>1,025,387</b>	<b>114,698</b>	<b>119,282</b>	<b>5,399</b>	<b>4,637,815</b>	
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,106,715			161					2,035				1,108,910	2017-2018_TM
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		416,532		1,825			107		3,047				421,512	
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			7,763										7,763	
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		8,964		141,387			671		4,156		54		155,232	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					11,815								11,815	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						2,415							2,415	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				2,657			46,756		268				49,681	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								12,425					12,425	
<b>Pastizales, Pasto</b>				13,274			1,538	590	421,438				436,841	
<b>Humedales</b>										46,800		81	46,880	
<b>Asentamientos</b>										27	26,051		26,078	
<b>Otras tierras</b>												1,558	1,558	
<b>TOTALES</b>	<b>1,106,715</b>	<b>425,497</b>	<b>7,763</b>	<b>159,305</b>	<b>11,815</b>	<b>2,415</b>	<b>49,073</b>	<b>13,016</b>	<b>430,944</b>	<b>46,826</b>	<b>26,105</b>	<b>1,639</b>	<b>2,281,112</b>	
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	10,202												10,202	2017-2018_TH
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		64,058		27					797		853		65,735	
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			40,045										40,045	
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		1,730		40,385			107		2,007				44,229	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					5,027								5,027	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						800							800	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				669			105,133						105,802	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								2,167					2,167	
<b>Pastizales, Pasto</b>				3,194			1,469	589	246,515		80		251,847	
<b>Humedales</b>										27,367			27,367	
<b>Asentamientos</b>											36,739		36,792	
<b>Otras tierras</b>												4,638	4,638	
<b>TOTALES</b>	<b>10,202</b>	<b>65,788</b>	<b>40,045</b>	<b>44,275</b>	<b>5,027</b>	<b>800</b>	<b>106,708</b>	<b>2,756</b>	<b>249,372</b>	<b>27,367</b>	<b>37,672</b>	<b>4,638</b>	<b>594,650</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el *Mapatón 2021*.

Tabla A.3.2.2.

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2018 (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	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros	Tierras forestales, Otros	Tierras agrícolas, Cultivos	Tierras agrícolas, Cultivos	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES	
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,615,166								1,864				1,617,030	2018-2019_TMH
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		927,739		3,314			870		10,324		656		942,902	
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			146,014										146,014	
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		18,579		339,597			3,680	408	9,279		272		371,815	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					57,417		462						57,879	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						3,805			408				4,213	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				1,097			185,124	679	1,441	54	679		189,075	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								43,523	598				44,121	
<b>Pastizales, Pasto</b>			64	14,145			2,461	820	1,006,034		1,862		1,025,387	
<b>Humedales</b>										114,698			114,698	
<b>Asentamientos</b>									64		119,218		119,282	
<b>Otras tierras</b>												5,399	5,399	
<b>TOTALES</b>	<b>1,615,166</b>	<b>946,318</b>	<b>146,078</b>	<b>358,153</b>	<b>57,417</b>	<b>3,805</b>	<b>192,598</b>	<b>45,430</b>	<b>1,030,011</b>	<b>114,753</b>	<b>122,688</b>	<b>5,399</b>	<b>4,637,815</b>	
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,106,272								443				1,106,715	2018-2019_TM
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		420,011		2,728					2,704		54		425,497	
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			7,763										7,763	
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		9,593		141,606			1,567		5,814		54	671	159,305	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>		767			11,047								11,815	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						2,415							2,415	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>							48,912		161				49,073	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								13,016					13,016	
<b>Pastizales, Pasto</b>			123	6,518					424,241		62		430,944	
<b>Humedales</b>										46,826			46,826	
<b>Asentamientos</b>										107	25,998		26,105	
<b>Otras tierras</b>										81		1,558	1,639	
<b>TOTALES</b>	<b>1,106,272</b>	<b>430,371</b>	<b>7,886</b>	<b>150,853</b>	<b>11,047</b>	<b>2,415</b>	<b>50,479</b>	<b>13,016</b>	<b>433,362</b>	<b>47,014</b>	<b>26,167</b>	<b>2,229</b>	<b>2,281,112</b>	
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	10,202												10,202	2018-2019_TH
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		64,149		1,469					171				65,788	
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			40,045										40,045	
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		348		42,669			669		375		214		44,275	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					5,027								5,027	
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						800							800	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>							106,484		161		64		106,708	
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								2,756					2,756	
<b>Pastizales, Pasto</b>				990			161		246,596		1,626		249,372	
<b>Humedales</b>										27,367			27,367	
<b>Asentamientos</b>									347		37,325		37,672	
<b>Otras tierras</b>												4,638	4,638	
<b>TOTALES</b>	<b>10,202</b>	<b>64,497</b>	<b>40,045</b>	<b>45,128</b>	<b>5,027</b>	<b>800</b>	<b>107,313</b>	<b>2,756</b>	<b>247,648</b>	<b>27,367</b>	<b>39,229</b>	<b>4,638</b>	<b>594,650</b>	

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el *Mapatón 2021*.

Tabla A.3.2.2.

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2019 (ha)

Uso de la Tierra y Cambio en el Uso de la Tierra (UTCUT)	Tierras forestales, Bosque Maduro	Tierras forestales, Bosque	Tierras forestales, Manglar	Tierras forestales, Rastrojo	Tierras forestales, Otros	Tierras forestales, Otros	Tierras agrícolas, Cultivos	Tierras agrícolas, Cultivos	Pastizales, Pasto	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTALES
Horizontal: Uso Inicial													
Vertical: Uso Final													
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,613,459			295			230		1,127				1,615,111
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		938,173		3,269			679		4,197				946,318
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			146,014						64				146,078
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		13,370		337,872			603		6,309				358,153
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					57,417								57,417
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						3,805							3,805
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				2,638			187,979		1,981				192,598
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								44,610	820				45,430
<b>Pastizales, Pasto</b>				17,226			679	54	1,011,861		245		1,030,065
<b>Humedales</b>										114,753			114,753
<b>Asentamientos</b>				66							122,622		122,688
<b>Otras tierras</b>												5,399	5,399
<b>TOTALES</b>	<b>1,613,459</b>	<b>951,542</b>	<b>146,014</b>	<b>361,365</b>	<b>57,417</b>	<b>3,805</b>	<b>190,170</b>	<b>44,664</b>	<b>1,026,359</b>	<b>114,753</b>	<b>122,867</b>	<b>5,399</b>	<b>4,637,815</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	1,106,068								204				1,106,272
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		424,879		2,760			54		2,679				430,371
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			7,886										7,886
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		8,133		140,250			454		2,016				150,853
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					10,700		347						11,047
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						2,415							2,415
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				1,315			49,164						50,479
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								13,016					13,016
<b>Pastizales, Pasto</b>			399	8,597	215				424,152				433,362
<b>Humedales</b>										46,961	54		47,014
<b>Asentamientos</b>									35		26,132		26,167
<b>Otras tierras</b>				671								1,558	2,229
<b>TOTALES</b>	<b>1,106,068</b>	<b>433,012</b>	<b>8,285</b>	<b>153,593</b>	<b>10,915</b>	<b>2,415</b>	<b>50,019</b>	<b>13,016</b>	<b>429,085</b>	<b>46,961</b>	<b>26,186</b>	<b>1,558</b>	<b>2,281,112</b>
<b>Tierras forestales, Bosque Maduro</b>	10,202												10,202
<b>Tierras forestales, Bosque Secundario</b>		63,126		603			544		224				64,497
<b>Tierras forestales, Manglar</b>			40,045										40,045
<b>Tierras forestales, Rastrojo</b>		1,204		43,201					722				45,128
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Latifoliadas)</b>					5,027								5,027
<b>Tierras forestales, Otros Bosques (Plantación Coníferas)</b>						800							800
<b>Tierras agrícolas, Cultivos anuales</b>				776			105,976		268		294		107,313
<b>Tierras agrícolas, Cultivos permanentes</b>								2,756					2,756
<b>Pastizales, Pasto</b>				1,231			669		245,749				247,648
<b>Humedales</b>										27,367			27,367
<b>Asentamientos</b>											39,229		39,229
<b>Otras tierras</b>												4,638	4,638
<b>TOTALES</b>	<b>10,202</b>	<b>64,330</b>	<b>40,045</b>	<b>45,811</b>	<b>5,027</b>	<b>800</b>	<b>107,188</b>	<b>2,756</b>	<b>246,963</b>	<b>27,367</b>	<b>39,524</b>	<b>4,638</b>	<b>594,650</b>

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el *Mapatón 2021*.

### ANEXO 3.2.3. Matriz de confusión

Tabla A.3.2.3.

Matriz de confusión de la fotointerpretación del Mapatón 2021 - análisis de imágenes 2019.

UTCUTS	Asentamiento	Bosque Maduro	Bosque Secundario	Cultivo Anual	Cultivo Permanente	Humedal	Manglar	Otras Tierras	Pasto	Plantación de Coníferas	Plantación Latifoliadas	Rastrojo	Total general	Exactitud Usuario	Error Comisión
Asentamiento	100.00		1.00										101.00	0.99	0.01
Bosque Maduro		36.00											36.00	1.00	0.00
Bosque Secundario	1.00	6.00	85.00	1.00	1.00				2.00	1.00	1.00	3.00	101.00	0.84	0.16
Cultivo Anual			3.00	36.00	1.00				13.00		2.00	3.00	58.00	0.62	0.38
Cultivo Permanente				1.00	12.00								13.00	0.92	0.08
Humedal	1.00					17.00							18.00	0.94	0.06
Manglar							13.00						13.00	1.00	0.00
Otras Tierras								1.00					1.00	1.00	0.00
Pasto	3.00		5.00	13.00					215.00		2.00	2.00	240.00	0.90	0.10
Plantación de Coníferas										6.00			6.00	1.00	0.00
Plantación Latifoliadas			1.00								13.00	1.00	15.00	0.87	0.13
Rastrojo			22.00	5.00					5.00			1.00	52.00	0.37	0.63
<b>Total general</b>	<b>105.00</b>	<b>42.00</b>	<b>117.00</b>	<b>56.00</b>	<b>14.00</b>	<b>17.00</b>	<b>13.00</b>	<b>1.00</b>	<b>235.00</b>	<b>7.00</b>	<b>19.00</b>	<b>28.00</b>	<b>654.00</b>		
<b>Exactitud Productor</b>	<b>0.95</b>	<b>0.86</b>	<b>0.73</b>	<b>0.64</b>	<b>0.86</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.91</b>	<b>0.86</b>	<b>0.68</b>	<b>0.68</b>			
<b>Error Omisión</b>	<b>0.05</b>	<b>0.14</b>	<b>0.27</b>	<b>0.36</b>	<b>0.14</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.09</b>	<b>0.14</b>	<b>0.32</b>	<b>0.32</b>			
<b>Overall Accuracy</b>	<b>85%</b>														
<b>Kappa</b>	<b>0.81</b>														

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en el Mapatón 2021.

### ANEXO 3.2.4. 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

**Tabla A.3.2.4.**

*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	± 127,3a 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 empleo este factor para realizar el calculo	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 art reporta 9.57 kg m2 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 Montitjo 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, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 mapas 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.3.2.5).

**Tabla A.3.2.5.**

*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, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022

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 el tCO<sub>2</sub>e 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 3.2.5. Factores de emisión y otros parámetros aplicados

**Tabla A.3.2.6.**

*Tierras forestales: factores de emisión y otros parámetros 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 <sup>-1</sup>	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	0.451	0.451	0.451	Cap. 4, Pag. 4.13, Cuadro 4.3	
			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	
Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea	G <sub>w</sub>	ton dm ha <sup>-1</sup> . año <sup>-1</sup>	D	Bosque Maduro	0.5	1.0	0.4	Vol.4, Cap.4, Pág 4.34, Cuadro 4.9 2019 <i>Refinement to the 2006 IPCC Guidelines</i>	
			D	Bosque Secundario	2.0	3.1	2.0	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.66, Cuadro 4.9	
			OTR	Manglar	4.37	4.37	4.37	Propio del país (Ver Anexo 3.4.4)	
			OTR	Plantaciones, Latifoliadas	13.7	18.4	16.6	Herrera, C. 2020. Informe de consultoría - MiAMBIENTE/PNUD. Panamá	
			OTR	Plantaciones, Coníferas	26.2	20.8	17.3		
			D	Rastrojos	7.0	11.0	7.0	Vol. 4, Cap. 4, Pag. 4.66, Cuadro 4.9	
Relación entre la biomasa subterránea y la aérea	R	(ton raíz dm. (ton dm) <sup>-1</sup> )	D	Bosque Maduro	0.28	0.22	0.28	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.18, Cuadro 4.4 <i>2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines</i>	
			D	Bosque Secundario	0.35	0.22	0.28	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.18, Cuadro 4.4 2019 <i>Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Con biomasa aérea &lt; 125)</i>	
			D	Manglar	0.49	0.49	0.49	Cap. 4, Pág. 4.13, Cuadro 4.5 Wetland Supplement 2013	
				D	Plantaciones, Latifoliadas	0.17	0.17	0.17	Vol.4, Cap.4, Pág 4.18, Cuadro 4.4. <i>2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines</i>
				D	Plantaciones, Coníferas	0.17	0.17	0.17	
				D	Rastrojos	0.40	0.40	0.40	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.58, Cuadro 4.4
Densidad básica de la madera	D	ton m <sup>-3</sup>	OTR	Plantaciones, Latifoliadas	0.7	0.7	0.7	Chávez, E y Fonseca, W. 1991	
			D	Plantaciones, Coníferas	0.5	0.5	0.5	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.77, Cuadro 4.13	
			OTR	Leña	0.6	0.6	0.6	Datos estimados con la densidad de 12 especies utilizadas para leña en Panamá	
Existencias de biomasa aérea	B-Bw	ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Bosque Maduro	160.6	160.6	160.6	Datos nacionales (INFC)	
			EP	Bosque Secundario	94.2	94.2	94.2		
			EP	Manglar	75.7	75.7	75.7		
			D	Plantaciones, Latifoliadas	150.0	240.0	120.0	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.63. Cuadros 4.8	
			D	Plantaciones, Coníferas	300.0	270.0	270.0		
			EP	Rastrojos	28.7	28.7	28.7		
	C <sub>G</sub>	ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Bosque Maduro	206.0	196.0	206.1	Datos nacionales (INFC)	

Existencias de biomasa aérea y subterránea			EP	Bosque Secundario	126.9	115.0	121.0	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	112.7	112.7	112.7	
			EP	Plantaciones, Latifoliadas	175.5	280.8	140.4	
			EP	Plantaciones, Coníferas	351.0	315.9	315.9	
			EP	Rastrojos	40.2	40.2	40.2	
Lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra	T	Año	OTR	Bosque Maduro	1.0	1.0	1.0	Criterio técnico (Consenso MiAMBIENTE)
			OTR	Bosque Secundario	1.0	1.0	1.0	
			OTR	Manglar	1.0	1.0	1.0	
			OTR	Plantaciones, Latifoliadas	1.0	1.0	1.0	
			OTR	Plantaciones, Coníferas	1.0	1.0	1.0	
			OTR	Rastrojos	1.0	1.0	1.0	
Existencias de carbono de referencia	SOC <sub>REF</sub>	ton C ha <sup>-1</sup>	D	Suelos de baja actividad	63.0	60.0	47.0	Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.36, Cuadro 2.3
			D	Suelos de alta actividad	88.0	44.0	65.0	
			D	Suelos volcánico	80.0	130.0	70.0	
			D	Suelos de humedales	86.0	86.0	86.0	
Factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen comerciable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza)	BCE <sub>F</sub>	ton remoción de biomasa.m <sup>-3</sup> de remociones	D	Bosque Maduro	1.4	1.4	1.4	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.59, Cuadro 4.5
			D	Bosque Secundario	1.4	1.4	1.4	
			D	Manglar	1.4	1.4	1.4	
			D	Plantaciones de latifoliadas	1.1	1.1	1.1	
			D	Plantaciones de coníferas	0.8	0.8	0.8	
			D	Rastrojos	3.1	3.1	3.1	
Existencias de madera muerta/hojarasca	C <sub>n-o</sub>	ton C ha <sup>-1</sup>	EP	Bosque Maduro	20.9	20.9	20.9	Datos nacionales (INFC)
			EP	Bosque Secundario	15.2	15.2	15.2	
			EP	Manglar	10.9	10.9	10.9	
			EP	Plantaciones, Latifoliadas	6.1	6.1	6.1	
			EP	Plantaciones, Coníferas	6.1	6.1	6.1	
			EP	Rastrojos	13.6	13.6	13.6	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>LU</sub>	(-)	D	Bosques	1.0	1.0	1.0	Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.20. Cuadro 5.5
			D	Plantaciones	1.0	1.0	1.0	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>MG</sub>	(-)	D	Rastrojos	1.0	1.0	1.0	
			D	Bosques	1.0	1.0	1.0	
			D	Plantaciones	1.0	1.0	1.0	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F <sub>I</sub>	(-)	D	Rastrojos	1.0	1.0	1.0	
			D	Bosques	1.0	1.0	1.0	
			D	Plantaciones	1.0	1.0	1.0	
			EP	Bosque Maduro	0.2	0.2	0.2	

Fracción de biomasa perdida en la perturbación	fd		EP	Bosque Secundario	0.2	0.2	0.2	Valores generados con base en los datos del INFC y estimaciones basadas en juicios técnicos sobre la fracción de biomasa que es afectada por incendios en bosques es pie. (Incluye DOM; sotobosque, árboles deteriorados por causas fitosanitarias y árboles en decadencia etaria)
			EP	Manglar	0.2	0.2	0.2	
			EP	Plantaciones, Latifoliadas	0.2	0.2	0.2	
			EP	Plantaciones, Coníferas	0.2	0.2	0.2	
			EP	Rastrojos	0.4	0.4	0.4	
Existencias de biomasa inmediatamente después de la conversión	B <sub>DESPUÉS</sub>	(ton dm ha <sup>-1</sup> )	OTR	Plantaciones de latifoliadas	13.7	18.4	16.6	Herrera, C. 2020. Informe de consultoría - MiAMBIENTE/PNUD. Panamá Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.66, Cuadro 4.9
			OTR	Plantaciones de coníferas	26.2	20.8	17.3	
			D	Rastrojos	7.0	11.0	7.0	
Factor de emisión asociado con revegetación de manglares	EF <sub>wet</sub>	ton C ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	D	Manglar	-1.62	-1.62	-1.62	Cap. 4, Cuadro 4.12, Pág. 4.29 2013 Wetland Supplement
Factor de emisión asociado con revegetación de manglares	EF <sub>wet</sub>	ton C ha <sup>-1</sup> yr <sup>-2</sup>	D	Manglar	0	0	0	Cap. 4, Cuadro 4.12, Pág. 4.29 2013 Wetland Supplement
Factor de emisión CH <sub>4</sub> para la estimación de nivel 1 suelo rehumedecido	E <sub>wet</sub>	(kg CH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	D	Manglar	0	0	0	Cap. 4, Cuadro 4.14, Pág. 4.34 2013 Wetland Supplement

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.6.**

*Tierras de cultivo: factores de emisión y otros parámetros 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 <sup>-1</sup>	EP	Cultivo anuales	4.7	4.7	4.7	Datos nacionales (INFC)
			D	Cultivo perenne	24.0	24.0	24.0	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.11. Cuadro 5.1
Tasa de acumulación de biomasa (G)	G	ton C ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	D	Cultivo anuales	2.6	10.0	2.6	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.10, Cuadro 5.1
			D	Cultivo perenne	2.6	10.0	2.6	
Existencias de carbono de referencia (SOCREF)	SOCREF	ton C ha <sup>-1</sup>	D	Suelos de baja actividad	63.0	60.0	47.0	Vol. 4, Cap. 2, Pag. 2.36, Cuadro 2.3
			D	Suelos de alta actividad	88.0	44.0	65.0	
			D	Suelos volcánico	80.0	130.0	70.0	
			D	Suelos de humedales	86.0	86.0	86.0	
Factor de cambio de existencias para el sistema o subsistema de uso de la tierra	F <sub>LU</sub>	(-)	D	Cultivo anual	0.6	0.5	0.5	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.20. Cuadro 5.5
			D	Arroz bajo fangueo	1.1	1.1	1.1	
			D	Cultivo de perenne	1.0	1.0	1.0	
			D	De reserva < de 20 años (Rastrojos)	0.9	0.8	0.8	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>MG</sub>	(-)	D	Total	1.0	1.0	1.0	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.20, Cuadro 5.5
			D	Reducido	1.1	1.2	1.2	
			D	Sin laboreo	1.2	1.2	1.2	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F <sub>i</sub>	(-)	D	Bajo	0.9	0.9	0.9	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.20, Cuadro 5.5
			D	Medio	1.0	1.0	1.0	
			D	Alto sin estiércol	1.1	1.1	1.1	
			D	Alto con estiércol	1.4	1.4	1.4	
Reservas de biomasa	B	ton dm ha <sup>-1</sup>	EP	Cultivo anual	9.6	9.6	9.6	Datos nacionales (INFC)
			EP	Cultivo perenne	49.0	49.0	49.0	
Existencias de biomasa leñosa aérea y subterránea		ton dm ha <sup>-1</sup>	EP	Cultivo anual	13.1	13.1	13.1	Datos nacionales (INFC)
			EP	Cultivo perenne	67.1	67.1	67.1	
Fracción de carbono de la materia seca	CF	ton C.ton dm <sup>-1</sup>	D	Cultivo anual y perenne	0.5	0.5	0.5	Vol. 4, Cap 4, Pag. 4.57. Cuadro 4.3

				(biomasa leñosa)				
			D	Cultivo anual y perenne (biomasa no leñosa)	0.5	0.5	0.5	
Existencia de carbono en la biomasa en tierras de cultivo al año siguiente de la conversión	$\Delta C_G$	ton C ha <sup>-1</sup>	D	Cultivo anual	2.6	10.0	2.6	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.33. Cuadro 5.9
			D	Cultivo perenne	2.6	10.0	2.6	
Reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa leñosa aérea	$\Delta C_L$	ton C ha <sup>-1</sup>	D	Cultivo anual	21.0	50.0	21.0	Vol. 4, Cap. 5, Pag. 5.10. Cuadro 5.1
			D	Cultivo perenne	21.0	50.0	21.0	
Existencias de madera muerta/hojarasca	Co-n	tonC.ha-1	EP	Cultivo anual	8.7	8.7	8.7	Datos nacionales - INFC
			EP	Cultivo perenne	5.1	5.1	5.1	
Lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra	T <sub>cn</sub>	(año)	D	Cultivo anual	1.0	1.0	1.0	Valor por defecto
			D	Cultivo perenne	1.0	1.0	1.0	Valor por defecto
Existencias de biomasa subterránea		ton dm ha <sup>-1</sup>	EP	Cultivo anual	3.5	3.5	3.5	Datos nacionales (INFC)
			EP	Cultivo perenne	18.1	18.1	18.1	Datos nacionales (INFC)
Existencias de madera muerta		tonC.ha-1	EP	Cultivo anual	7.6	7.6	7.6	Datos nacionales - INFC
			EP	Cultivo perenne	4.1	4.1	4.1	Datos nacionales (INFC)
Existencias de hojarasca		tonC.ha-1	EP	Cultivo anual	1.2	1.2	1.2	Datos nacionales - INFC
			EP	Cultivo perenne	1.0	1.0	1.0	Datos nacionales (INFC)
Masa de combustible disponible para la combustión. Tierras de cultivo y Tierras de Pastizales	MB* C <sub>f</sub>		D	Residuos de maíz	10.0	10.0	10.0	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.51. Cuadro 2.4
			D	Residuos de arroz	5.5	5.5	5.5	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.51. Cuadro 2.4
			D	Caña de azúcar	6.5	6.5	6.5	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.51. Cuadro 2.4
Factor de combustión	C <sub>f</sub>		D	Residuos de maíz	0.8	0.8	0.8	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.54. Cuadro 2.6
			D	Residuos de arroz	0.8	0.8	0.8	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.54. Cuadro 2.6
			D	Caña de azúcar	0.8	0.8	0.8	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.54. Cuadro 2.6

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.6.**

*Pastizales: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Relación entre la biomasa subterránea y la aérea	R	ton dm.ton dm <sup>-1</sup>	D	Pastizales	1.6	1.6	1.6	Vol. 4, Cap. 6, Pag. 6.8. Cuadro 6.1
Fracción de carbono de materia seca	CF	ton C.ton dm <sup>-1</sup>	D	Pastizales	0.5	0.5	0.5	Cap. 4, Pag. 4.57, Cuadro 4.3 (leñoso)
			D		0.5	0.5	0.5	Vol. 4, Cap. 6, Pag. 6.9. Sección 3.2.1.4
Factor de cambio de existencias para el sistema de uso de la tierra	F <sub>LU</sub>	(-)	D	Pastizales	1.0	1.0	1.0	Vol. 4, Cap. 6, Pag. 6.19, Cuadro 6.2
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>MG</sub>	(-)	D	No degradado	1.0	1.0	1.0	Vol. 4, Cap. 6, Pag. 6.19, Cuadro 6.2
			D	Moderadamente degradado	1.0	1.0	1.0	
			D	Severamente degradado	0.7	0.7	0.7	
			D	Pasto mejorado	1.2	1.2	1.2	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F <sub>I</sub>	(-)	D	Medio	1.0	1.0	1.0	Vol. 4, Cap. 6, Pag. 6.19, Cuadro 6.2
			D	Alto	1.1	1.1	1.1	
Reservas de biomasa de especies leñosas	B-Bw	ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Pastizales	12.7	12.7	12.7	Datos nacionales (INFC)
Existencias de biomasa aérea y subterránea		ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP		17.4	17.4	17.4	Datos nacionales (INFC)
Existencias de madera muerta/hojarasca	Co-n	ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Pastizales	1.8	1.8	1.8	Datos nacionales (INFC)
Existencias de biomasa aérea		ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Pastizales	12.7	12.7	12.7	Datos nacionales (INFC)
Existencias de biomasa subterránea		ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Pastizales	4.7	4.7	4.7	Datos nacionales (INFC)
Existencias de madera muerta		ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Pastizales	1.5	1.5	1.5	Datos nacionales (INFC)
Existencias hojarasca		ton dm.ha <sup>-1</sup>	EP	Pastizales	0.3	0.3	0.3	Datos nacionales (INFC)
Masa de combustible disponible para la combustión. Tierras de cultivo y Tierras de Pastizales	MB		D	Pastos	23.7	23.7	23.7	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.51. Cuadro 2.4
Factor de combustión	C <sub>f</sub>		D	Pastos	0.2	0.2	0.2	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.54. Cuadro 2.6
Carbono orgánico del Suelo	SOC <sub>ref</sub>	ton C.ha <sup>-1</sup>	D	Suelos de baja actividad	63	60	47	Vol.4. Cap.6 Pág. 6.23

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.6.**

*Humedales: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Factores de emisión para drenaje interior suelos orgánicos, por dominio climático, estado nutricional, y clase de drenaje (Manglares y Marismas)	EFDR (man)	(toneladas C ha-1 año-1)	D	Manglares y Marismas	7.9	7.10	7.11	2013 Wetland Supplement Cap. 4. Pag. 4.31 Cuadro 4.13
			D					
Factores de emisión para drenaje interior suelos orgánicos, por dominio climático, estado nutricional, y clase de drenaje	EFDR (inland)	(toneladas C ha-1 año-1)	D	(Humedales tierra adentro)	2.0	2.0	2.0	2013 Wetland Supplement Cap. 2. Pag. 2.14 Cuadro 2.1
Emisiones difusoras de CO2 para tierras inundadas	Ef(CO2)dif	(kg CO2 ha-1 day-1)	D	Tierras inundadas	39,1	44,9	39,1	Vol.4 Apéndice 2 Enfoque posible para estimar las emisiones de CO2 provenientes de las tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico. Cuadro 2.A.2

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.6.**

*Asentamientos: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Notación	Unidades según el IPCC	Tipo	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente: Directrices del IPCC y otras fuentes
					TM	TMH	TH	
Factor de cambio de existencias para el sistema de uso de la tierra en el último año de un período de inventario	F <sub>LU(0)</sub>		D	Bosque	0.8	0.8	0.8	Vol. 4. Cap. 8. Sección 8.3.3.2 Pág. 8.28
			D	Cultivos	0.8	0.8	0.8	
			D	Pastizales	0.8	0.8	0.8	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión en el último año de un período de inventario	F <sub>MG(0)</sub>		D	Bosque	0.8	0.8	0.8	Vol. 4. Cap. 8. Sección 8.3.3.2 Pág. 8.28
			D	Cultivos	0.8	0.8	0.8	
			D	Pastizales	0.8	0.8	0.8	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica en el último año de un período de inventario	F <sub>I(0)</sub>		D	Bosque	0.8	0.8	0.8	Vol. 4. Cap. 8. Sección 8.3.3.2 Pág. 8.28
			D	Cultivos	0.8	0.8	0.8	
			D	Pastizales	0.8	0.8	0.8	

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.7.a**

*Factores de emisión y valores complementarios para emisiones de NO-CO2*

Emisiones No CO2		TM	TMH	TH	Fuente: Cuadros de IPCC	
Masa de combustible disponible para la combustión	Mb <sup>1</sup>	Bosque maduro	181.5	181.5	181.5	Datos nacionales (INFC)
		Manglar	86.6	86.6	86.6	
		Bosque secundario	109.4	109.4	109.4	
		Plan. Lat.	240.0	240.0	150.0	
		Plan. Con	300.0	270.0	270.0	
		Rastrojo	42.3	42.3	42.3	
		Humedales	27.0	27.0	27.0	
Masa de combustible disponible para la combustión. Tierras de cultivo y Tierras de Pastizales	MB	Pastos	23.7	23.7	23.7	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.51. Cuadro 2.4
		Residuos de maiz	10.0	10.0	10.0	
		Residuos de arroz	5.5	5.5	5.5	
		Caña de azucar	6.5	6.5	6.5	
Factor de combustión (roza y quema - cambios de uso de la tierra)	Cf	Bosque maduro	0.50	0.50	0.50	Vol.4. Cap.2. Pág 2.55. Cuadro 2.6 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines (Primary Tropical Moist Forest)
		Manglar	0.50	0.50	0.50	
		Bosque secundario	0.50	0.50	0.50	Vol.4. Cap.2. Pág 2.55. Cuadro 2.6 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Secondary Forest 14-17 yrs).
		Plan. Lat. <sup>2</sup>	0.50	0.50	0.50	
		Plan. Con <sup>2</sup>	0.50	0.50	0.50	
		Rastrojo	0.67	0.67	0.67	Vol.4. Cap.2. Pág 2.55. Cuadro 2.6 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Secondary Forest 6-10 yrs).
		Humedales	0.70	0.70	0.70	Vol.4. Cap.2. Pág 2.55. Cuadro 2.6 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines. (Tropical Wetland).
Factor de combustión	Cf	Pastos	0.92	0.92	0.92	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.54. Cuadro 2.6
		Residuos de maiz	0.80	0.80	0.80	
		Residuos de arroz	0.80	0.80	0.80	
		Caña de azucar	0.80	0.80	0.80	
Factor de combustión (bosque en pie)	Cf	Bosque maduro	0.20	0.20	0.20	Criterio de expertos
		Manglar	0.20	0.20	0.20	
		Bosque secundario	0.20	0.20	0.20	
		Plan. Lat.	0.20	0.20	0.20	
		Plan. Con	0.20	0.20	0.20	
		Rastrojo	0.40	0.40	0.40	
Humedales	0.70	0.70	0.70	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.54. Cuadro 2.6		

<sup>1</sup>Debido a que el INFC no generó información de biomasa para bosque intervenido, se aplicó el valor del bosque secundario ya que se asume que ambos tienen biomasa similar.

Debido a que el INFC, tampoco generó información de biomasa para plantaciones latifoliadas y las Directrices tampoco proveen valores para plantaciones de latifoliadas, se aplicó la biomasa de coníferas del INFC

<sup>2</sup> Se recomienda aplicar el valor para bosque tropical secundario avanzado (14-17 años), del cuadro 2.6, cap. 2., ya que una plantación de latifoliadas posee una estructura (en diámetros y alturas), más parecida a este tipo de bosque secundario.

**Aclaración:** Este factor solo se utiliza si se llegara a talar y quemar la plantación. Esta situación es poco probable, ya que las plantaciones se talan para aprovechar la madera.

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.7.a**

*Factores de emisión de NO-CO<sub>2</sub> por tipo de gas*

<i>Notación</i>		<i>Emisiones No CO<sub>2</sub></i>				<i>Fuente: Cuadros de IPCC</i>	
		<i>Subcategoría</i>	<i>CO</i>	<i>CH<sub>4</sub></i>	<i>N<sub>2</sub>O</i>		<i>NO<sub>x</sub></i>
Factor de emisión para cada GEI	G <sub>ef</sub>	Bosque maduro	104	6.8	0.2	1.6	Vol. 4. Cap. 2. Pág. 2.53. Cuadro 2.5
		Bosque secundario	104	6.8	0.2	1.6	
		Manglar	104	6.8	0.2	1.6	
		Plan. Lat.	104	6.8	0.2	1.6	
		Plan. Con	104	6.8	0.2	1.6	
		Rastrojo	65	2.3	0.21	3.9	
		Residuos agrícolas	92	2.7	0.07	2.5	
		Pastos	65	2.3	0.21	3.9	
		humedales	104	6.8	0.2	1.6	

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022 con base en las fuentes citadas.

### ANEXO 3.3. Sector Residuos

**Tabla. A.3. 10.**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Fracción de la población del grupo de ingresos en el año de inventario [fracción] (U).*

<i>Año</i>	<i>Ui, Rural</i>	<i>Ui, Urbano bajo</i>	<i>Ui, urbano alto</i>
1990	46,20	22,93	30,87
1991	45,36	22,93	31,71
1992	44,52	22,92	32,56
1993	43,68	22,92	33,40
1994	42,84	22,92	34,24
1995	42,00	22,92	35,09
1996	41,16	22,91	35,93
1997	40,32	22,91	36,77
1998	39,48	22,91	37,61
1999	38,64	22,90	38,46
2000	37,80	22,90	39,30
2001	37,51	21,91	40,58
2002	37,22	20,92	41,86
2003	36,93	19,94	43,13
2004	36,64	18,95	44,41
2005	36,35	17,96	45,69
2006	35,26	16,97	46,97
2007	35,17	15,98	48,25
2008	35,08	15,00	49,52
2009	34,99	14,01	50,80
2010	34,90	13,02	52,08
2011	34,33	27,99	37,68
2012	33,76	26,94	39,30
2013	33,19	26,67	40,14
2014	32,62	26,39	40,99
2015	32,05	26,12	41,83
2016	31,48	25,85	42,67
2017	30,91	25,58	43,52
2018	30,34	25,30	44,36
2019	29,77	25,03	45,20

**Fuente:** Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

**Tabla. A.3. 11.**

*Grado de utilización de la vía del tratamiento o eliminación del método por grupo de ingresos (Ti,j)*

Año	U = Rural				U = Urbana baja				U = Urbana alta			
	Eliminación en río, lago y mar	Reactor anaeróbico	Sistema séptico	Letrina	Eliminación en río, lago y mar	Reactor anaeróbico	Sistema séptico	Letrina	Eliminación en río, lago y mar	Reactor anaeróbico	Sistema séptico	Letrina
1990	0,2500	0,0000	0,1200	0,6300	0,0096	0,1043	0,0365	0,1310	0,0061	0,4156	0,1363	0,1310
1991	0,2350	0,0010	0,1215	0,6425	0,0094	0,0960	0,0400	0,1260	0,0062	0,4431	0,1428	0,1365
1992	0,2300	0,0020	0,1280	0,6400	0,0092	0,0925	0,0410	0,1230	0,0063	0,4366	0,1493	0,1421
1993	0,2250	0,0030	0,1345	0,6375	0,0088	0,0900	0,0413	0,1190	0,0064	0,4311	0,1558	0,1476
1994	0,2200	0,0040	0,1410	0,6350	0,0085	0,0870	0,0415	0,1160	0,0065	0,4250	0,1623	0,1531
1995	0,2150	0,0050	0,1475	0,6325	0,0084	0,0840	0,0420	0,1120	0,0067	0,4195	0,1688	0,1586
1996	0,2100	0,0060	0,1540	0,6300	0,0080	0,0800	0,0420	0,1080	0,0068	0,4158	0,1753	0,1642
1997	0,2050	0,0070	0,1605	0,6275	0,0077	0,0760	0,0425	0,1040	0,0069	0,4114	0,1818	0,1697
1998	0,2000	0,0080	0,1670	0,6250	0,0075	0,0720	0,0427	0,1000	0,0070	0,4073	0,1883	0,1752
1999	0,1950	0,0090	0,1735	0,6225	0,0072	0,0690	0,0429	0,0960	0,0071	0,4022	0,1948	0,1808
2000	0,1700	0,0100	0,1700	0,6600	0,0069	0,0659	0,0433	0,0921	0,0072	0,3970	0,2013	0,1863
2001	0,1850	0,0110	0,1865	0,6175	0,0071	0,0720	0,0520	0,0930	0,0068	0,3929	0,2009	0,1753
2002	0,1800	0,0120	0,1930	0,6150	0,0072	0,0780	0,0600	0,0960	0,0064	0,3876	0,2004	0,1643
2003	0,1750	0,0130	0,1995	0,6125	0,0073	0,0840	0,0680	0,0970	0,0060	0,3844	0,2000	0,1534
2004	0,1700	0,0140	0,2060	0,6100	0,0074	0,0920	0,0770	0,0990	0,0056	0,3771	0,1996	0,1424
2005	0,1650	0,0150	0,2125	0,6075	0,0074	0,0970	0,0860	0,1000	0,0052	0,3739	0,1992	0,1314
2006	0,1600	0,0160	0,2190	0,6050	0,0076	0,1020	0,0960	0,1030	0,0047	0,3676	0,1987	0,1204
2007	0,1550	0,0170	0,2255	0,6025	0,0076	0,1100	0,1020	0,1040	0,0043	0,3643	0,1983	0,1094
2008	0,1500	0,0180	0,2320	0,6000	0,0077	0,1160	0,1120	0,1060	0,0039	0,3580	0,1979	0,0985
2009	0,1450	0,0190	0,2385	0,5975	0,0078	0,1240	0,1200	0,1080	0,0035	0,3518	0,1974	0,0875
2010	0,1500	0,0200	0,2500	0,5800	0,0079	0,1322	0,1272	0,1115	0,0031	0,3446	0,1970	0,0765
2011	0,1500	0,0210	0,2515	0,5775	0,0069	0,1073	0,1135	0,0954	0,0042	0,3430	0,2165	0,1131
2012	0,1300	0,0220	0,2580	0,5900	0,0069	0,1088	0,1180	0,0944	0,0041	0,3381	0,2196	0,1104
2013	0,1250	0,0230	0,2645	0,5875	0,0068	0,1102	0,1224	0,0933	0,0039	0,3331	0,2226	0,1076
2014	0,1200	0,0240	0,2710	0,5850	0,0067	0,1116	0,1269	0,0923	0,0038	0,3282	0,2256	0,1049
2015	0,1150	0,0250	0,2775	0,5825	0,0066	0,1131	0,1313	0,0912	0,0036	0,3233	0,2287	0,1022
2016	0,1100	0,0260	0,2840	0,5800	0,0065	0,1145	0,1358	0,0902	0,0035	0,3184	0,2317	0,0995
2017	0,1050	0,0270	0,2905	0,5775	0,0064	0,1159	0,1402	0,0891	0,0033	0,3135	0,2347	0,0967
2018	0,1000	0,0280	0,2970	0,5750	0,0063	0,1174	0,1447	0,0881	0,0032	0,3086	0,2378	0,0940
2019	0,0950	0,0290	0,3035	0,5725	0,0062	0,1188	0,1491	0,0871	0,0030	0,3037	0,2408	0,0913

Fuente: Elaboración propia, Departamento de Mitigación, Dirección de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente, 2022.

