

IIN 2020

# INFORME DE INVENTARIO NACIONAL 2020





MINISTERIO DE  
AMBIENTE



Para la elaboración de este documento se contó con el apoyo económico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FNAM) 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” y con el apoyo técnico del NDC Support Facility del Banco Mundial para el desarrollo de los aspectos metodológicos.



# CRÉDITOS Y AUTORÍAS

## Créditos del Informe de Inventario Nacional 2020 que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 1994-2017

### Autoridades

#### Ministerio de Ambiente

Milciades Concepción  
**Ministro de Ambiente**

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

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

Linda Maguire  
**Representante Residente**

Aleida Ferreyra  
**Representante Residente Adjunta.**

Jessica Young  
**Gerente País de Medio Ambiente, Cambio Climático y  
Desarrollo Sostenible**

Anarela Sánchez  
**Asociada de Programas**

### Coordinación técnica

Verónica González  
**Jefa encargada del Departamento de Mitigación  
(2021-Presente)**

Ana Domínguez  
**Jefa del Departamento de Mitigación (2019-2021)**

Melani Acosta Chin  
**Coordinadora encargada del INGEI (2021-Presente)**

Javier Martínez  
**Coordinador del INGEI (2019-2021)**

Paulo Cornejo  
Consultor  
**Asesoría técnica y edición general**

Ana Moreno  
**Diseño gráfico**

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

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

## **Autorías del Informe de Inventario Nacional 2020 que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 1994-2017**

### **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 1994-2017**

Melani Acosta y Javier Martínez, Ministerio de Ambiente  
Paulo Cornejo, Consultor

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

Javier Martínez, Ministerio de Ambiente  
Paulo Cornejo, Consultor

### **CAPÍTULO 3. SECTOR ENERGÍA**

Carolina Velásquez Arias, Ministerio de Ambiente  
Juan Lucero, Secretaría Nacional de Energía  
Paulo Cornejo, Consultor

#### **Revisores Expertos**

- Laura Dawidowski, Consultor
- Richard Martínez, Consultor

#### **Agradecimientos**

- Autoridad Marítima de Panamá: Elvia Bustavino, Gabriela Ruíz, Erika Saavedra, Eliseo Carrizo
- Secretaría Nacional de Energía: Oscar Gálvez, Carlos Iglesias, Paula Mesé

### **CAPÍTULO 4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS**

Melani Acosta, Ministerio de Ambiente

#### **Revisores Expertos**

- Laura Dawidowski, Consultor
- Guadalupe Martínez, Consultor

#### **Agradecimientos**

- Ministerio de Salud: Niurka González, Anabel Tatis, Juan Lucero, Vera Barrantes
- Cemex Panamá: Gina Forte
- Argos Panamá: Anabieth Morales Miriam Villarreal
- Calizas Finas Chiriquí

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

Yuriza Guerrero, Ministerio de Ambiente

#### **Revisor Experto**

- Paulo Cornejo, Consultor

#### **Agradecimientos**

- Ministerio de Ambiente: Raúl Gutiérrez, Yoisy Belén Castillo, Margie Moreno, Yusseff Domínguez y Diva Aguirre
- 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, Isaías Martínez, Yusseff Domínguez y Marcial Arias, Ministerio de Ambiente  
Paulo Cornejo, Consultor

#### **Revisor Experto**

- Alejandra Guevara, Consultora

#### **Agradecimientos**

- Ministerio de Ambiente: Margie Moreno, Raúl Gutiérrez Rubén Abrego
- Consultores: Asdrúbal Calderón

## CAPÍTULO 7. SECTOR RESIDUOS

Melani Acosta, Ministerio de Ambiente  
Paulo Cornejo, Consultor

### Revisor Experto

- Guadalupe Martínez, Consultor

### Agradecimientos:

- Ministerio de Ambiente: Javier Martínez
- Consultores: Lilian Ayala

## CAPÍTULO 8. NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INVENTARIO

Paulo Cornejo, Consultor

## ANEXOS

Yoisy Belén Castillo y Yuriza Guerrero, Ministerio de Ambiente  
Paulo Cornejo, Consultor

# CONTENIDOS

<b>CRÉDITOS Y AUTORÍAS .....</b>	<b>3</b>
<b>CONTENIDOS.....</b>	<b>6</b>
<b>ACRÓNIMOS .....</b>	<b>12</b>
<b>PRÓLOGO.....</b>	<b>16</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>18</b>

---

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 1994-2017**

<b>1.1. ANTECEDENTES GENERALES SOBRE LOS INVENTARIOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>84</b>
1.1.1. Cambio climático .....	84
1.1.2. Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero .....	85
<b>1.2. ARREGLOS NACIONALES DE PANAMÁ PARA EL INGEI .....</b>	<b>86</b>
1.2.1. Arreglos institucionales, legales y procedimentales.....	86
1.2.2. Generalidades de la planificación, elaboración y gestión del inventario.....	88
1.2.3. Garantía y control de la calidad y verificación .....	89
1.2.4. Cambios de los arreglos nacionales respecto al INGEI previo .....	91
<b>1.3. ELABORACIÓN DEL INGEI 1994-2017 Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>91</b>
<b>1.4. METODOLOGÍAS, MÉTODOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>93</b>
1.4.1. Métodos y fuentes de información del sector Energía .....	99
1.4.2. Métodos y fuentes de información del sector IPPU .....	99
1.4.3. Métodos y fuentes de información del sector Agricultura .....	99
1.4.4. Métodos y fuentes de información del sector UTCUTS.....	100
1.4.5. Métodos y fuentes de información del sector Residuos.....	101
1.4.6. Reporte conjunto de emisiones y absorciones de GEI .....	101
<b>1.5. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES .....</b>	<b>102</b>
<b>1.6. EVALUACIÓN GENERAL DE LA INCERTIDUMBRE.....</b>	<b>103</b>
<b>1.7. EVALUACIÓN GENERAL DE LA EXHAUSTIVIDAD .....</b>	<b>104</b>

---

## **CAPÍTULO 2**

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

<b>2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI DE 2017 .....</b>	<b>110</b>
<b>2.2. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA TENDENCIA DE GEI POR SECTOR.....</b>	<b>113</b>
<b>2.3. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA TENDENCIA POR GEI .....</b>	<b>114</b>

---

## CAPÍTULO 3

### SECTOR ENERGÍA (FCR 1)

<b>3.1. PANORAMA GENERAL DEL SECTOR.....</b>	<b>118</b>
3.1.1. Descripción del sector.....	118
3.1.2. Tendencia de los GEI del sector.....	118
3.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector .....	122
<b>3.2. ACTIVIDADES DE QUEMA DE COMBUSTIBLES (FCR 1.A) .....</b>	<b>127</b>
3.2.1. Descripción de la categoría .....	127
3.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría .....	127
3.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	128
3.2.4. Comparación entre el Método sectorial y el Método de referencia .....	131
3.2.5. Tanques de combustible internacional .....	133
3.2.6. Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa usada con fines energéticos.....	136
3.2.7. Materias primas y uso no energético de los combustibles .....	138
3.2.8. Industrias de la energía (FCR 1.A.1).....	138
3.2.9. Industrias manufactureras y de la construcción (FCR 1.A.2) .....	146
3.2.10. Transporte (FCR 1.A.3).....	150
3.2.11. Otros sectores (FCR 1.A.4).....	156
<b>3.3. EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES (FCR 1.B) .....</b>	<b>161</b>
<b>3.4. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE CO<sub>2</sub> (FCR 1.C).....</b>	<b>161</b>

## CAPÍTULO 4

### SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (FCR 2)

<b>4.1. PANORAMA GENERAL DEL SECTOR.....</b>	<b>163</b>
4.1.1. Descripción del sector.....	163
4.1.2. Tendencia de los GEI del sector.....	164
4.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector .....	171
<b>4.2. INDUSTRIA DE LOS MINERALES (FCR 2.A).....</b>	<b>173</b>
4.2.1. Descripción de la categoría .....	173
4.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría .....	174
4.2.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	174
4.2.4. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	177
4.2.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	178
4.2.6. Nuevos cálculos de la categoría.....	179
4.2.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	180
<b>4.3. INDUSTRIA QUÍMICA (FCR 2.B) .....</b>	<b>180</b>
<b>4.4. INDUSTRIA DE LOS METALES (FCR 2.C).....</b>	<b>180</b>
<b>4.5. PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y USO DE SOLVENTES (FCR 2.D) .....</b>	<b>181</b>
4.5.1. Descripción de la categoría .....	181
4.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría .....	181
4.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	181
4.5.4. Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	184
4.5.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	185
4.5.6. Nuevos cálculos de la categoría.....	185
4.5.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	186
<b>4.6. INDUSTRIA ELECTRÓNICA (FCR 2.E) .....</b>	<b>186</b>
<b>4.7. USO DE PRODUCTOR SUSTITUTOS DE LAS SAO (FCR 2.F).....</b>	<b>186</b>
4.7.1. Descripción de la categoría .....	186
4.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría .....	186

4.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	187
4.7.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	190
4.7.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	191
4.7.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	192
4.7.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	192
<b>4.8.</b>	<b>MANUFACTURA Y UTILIZACIÓN DE OTROS PRODUCTOS (FCR 2.G) .....</b>	<b>193</b>

## CAPÍTULO 5

### SECTOR AGRICULTURA (FCR 3)

<b>5.1.</b>	<b>PANORAMA GENERAL DEL SECTOR.....</b>	<b>195</b>
5.1.1.	Descripción del sector.....	195
5.1.2.	Tendencia de los GEI del sector.....	195
5.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector .....	199
<b>5.2.</b>	<b>FERMENTACIÓN ENTÉRICA (FCR 3.A).....</b>	<b>200</b>
5.2.1.	Descripción de la categoría .....	200
5.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	201
5.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	202
5.2.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría.....	205
5.2.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	205
5.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	207
5.2.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	208
<b>5.3.</b>	<b>GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (FCR 3.B).....</b>	<b>208</b>
5.3.1.	Descripción de la categoría .....	208
5.3.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	209
5.3.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	210
5.3.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	215
5.3.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	216
5.3.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	217
5.3.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	218
<b>5.4.</b>	<b>CULTIVO DEL ARROZ (FCR 3.C).....</b>	<b>218</b>
5.4.1.	Descripción de la categoría .....	218
5.4.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	219
5.4.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	220
5.4.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría.....	222
5.4.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	223
5.4.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	223
5.4.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	224
<b>5.5.</b>	<b>SUELOS AGRÍCOLAS (FCR 3.D).....</b>	<b>225</b>
5.5.1.	Descripción de la categoría .....	225
5.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	225
5.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	227
5.5.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría.....	233
5.5.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	234
5.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	235
5.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	236
<b>5.6.</b>	<b>QUEMA PRESCRITA DE SABANAS (FCR 3.E) .....</b>	<b>237</b>
<b>5.7.</b>	<b>QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLA EN EL CAMPO (FCR 3.F).....</b>	<b>237</b>
5.7.1.	Descripción de la categoría .....	237
5.7.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	237
5.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	238

5.7.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría.....	240
5.7.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	241
5.7.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	241
5.7.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría .....	242
<b>5.8.</b>	<b>ENCALADO (FCR 3.G) .....</b>	<b>242</b>
5.8.1.	Descripción de la categoría.....	242
5.8.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	243
5.8.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	243
5.8.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría.....	245
5.8.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	245
5.8.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	246
5.8.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	247
<b>5.9.</b>	<b>APLICACIÓN DE UREA (FCR 3.H) .....</b>	<b>247</b>
5.9.1.	Descripción de la categoría.....	247
5.9.2.	Tendencia de los GEI de la categoría .....	247
5.9.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	248
5.9.4.	Incertidumbre y consistencia de serie temporal de la categoría.....	249
5.9.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	250
5.9.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	250
5.9.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	251
<b>5.10.</b>	<b>OTROS FERTILIZANTES QUE CONTIENEN CARBONO (FCR 3.I).....</b>	<b>251</b>

## CAPÍTULO 6

### SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (FCR 4)

<b>6.1.</b>	<b>PANORAMA GENERAL DEL SECTOR.....</b>	<b>253</b>
6.1.1.	Descripción del sector.....	253
6.1.2.	Tendencia de los GEI del sector.....	253
6.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector .....	258
<b>6.2.</b>	<b>DEFINICIONES DE USO DE LA TIERRA Y LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN .....</b>	<b>261</b>
6.2.1.	Categorías de uso de la tierra .....	262
6.2.2.	Clasificación de las regiones climáticas .....	265
6.2.3.	Clasificación de los tipos de suelo .....	266
<b>6.3.</b>	<b>MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA REPRESENTACIÓN DE LAS TIERRAS .....</b>	<b>267</b>
<b>6.4.</b>	<b>TIERRAS FORESTALES (FCR 4.A).....</b>	<b>270</b>
6.4.1.	Descripción de la categoría.....	270
6.4.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	272
6.4.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	276
6.4.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	285
6.4.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría .....	286
6.4.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	288
6.4.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	289
<b>6.5.</b>	<b>TIERRAS DE CULTIVO (FCR 4.B).....</b>	<b>290</b>
6.5.1.	Descripción de la categoría.....	290
6.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	291
6.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría .....	291
6.5.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	294
6.5.5.	Actividades de GCCV de la categoría .....	294
6.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	295
6.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	296
<b>6.6.</b>	<b>PASTIZALES (FCR 4.C).....</b>	<b>296</b>

6.6.1.	Descripción de la categoría.....	296
6.6.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	296
6.6.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	298
6.6.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	300
6.6.5.	Actividades de GCCV de la categoría.....	300
6.6.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	301
6.6.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	302
<b>6.7.</b>	<b>HUMEDALES (FCR 4.D) .....</b>	<b>302</b>
6.7.1.	Descripción de la categoría.....	302
6.7.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	302
6.7.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	303
6.7.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	304
6.7.5.	Actividades de GCCV de la categoría.....	304
6.7.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	305
6.7.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	305
<b>6.8.</b>	<b>ASENTAMIENTOS (FCR 4.E).....</b>	<b>305</b>
6.8.1.	Descripción de la categoría.....	305
6.8.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	305
6.8.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	306
6.8.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	307
6.8.5.	Actividades de GCCV de la categoría.....	308
6.8.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	308
6.8.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	309
<b>6.9.</b>	<b>OTRAS TIERRAS (FCR 4.F).....</b>	<b>309</b>
<b>6.10.</b>	<b>PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA (FCR 4.G).....</b>	<b>309</b>

## CAPÍTULO 7

### SECTOR RESIDUOS (FCR 5)

<b>7.1.</b>	<b>PANORAMA GENERAL DEL SECTOR.....</b>	<b>311</b>
7.1.1.	Descripción del sector.....	311
7.1.2.	Tendencia de los GEI del sector.....	312
7.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector.....	315
<b>7.2.</b>	<b>DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (FCR 5.A).....</b>	<b>316</b>
7.2.1.	Descripción de la categoría.....	316
7.2.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	316
7.2.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	317
7.2.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	324
7.2.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría.....	325
7.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	325
7.2.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	326
<b>7.3.</b>	<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS (FCR 5.B) .....</b>	<b>327</b>
<b>7.4.</b>	<b>INCINERACIÓN Y QUEMA ABIERTA DE RESIDUOS (FCR 5.C) .....</b>	<b>327</b>
<b>7.5.</b>	<b>TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (FCR 5.D).....</b>	<b>327</b>
7.5.1.	Descripción de la categoría.....	327
7.5.2.	Tendencia de los GEI de la categoría.....	327
7.5.3.	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	328
7.5.4.	Incertidumbre y consistencia de la serie temporal de la categoría.....	333
7.5.5.	Actividades específicas de GCCV de la categoría.....	333
7.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría.....	334
7.5.7.	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	334

## CAPÍTULO 8

### NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INGEI

<b>8.1. JUSTIFICACIÓN E IMPLICANCIAS DE LOS NUEVOS CÁLCULOS .....</b>	<b>337</b>
<b>8.2. ASPECTOS RELEVANTES EN LOS NUEVOS CÁLCULOS Y PLAN DE MEJORA .....</b>	<b>339</b>
8.2.1. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Energía .....	339
8.2.2. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector IPPU .....	340
8.2.3. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Agricultura .....	342
8.2.4. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector UTCUTS.....	343
8.2.5. Nuevos cálculos y plan de mejora del sector Residuos.....	344

---

<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>347</b>
--------------------------	------------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>352</b>
---------------------	------------

ANEXO 1.CATEGORÍAS PRINCIPALES.....	353
ANEXO 2.EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE.....	373
ANEXO 3.INFORMACIÓN ADICIONAL DE LOS SECTORES.....	381
ANEXO 3.1. Sector Agricultura.....	381
ANEXO 3.2. Sector UTCUTS .....	383
ANEXO 3.2.1.RESUMEN DE LOS CAMBIOS DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO .....	383
ANEXO 3.2.2.MATRICES DE USO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA.....	390
ANEXO 3.2.3.DESAGREGACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TIERRAS DE CULTIVO.....	408
ANEXO 3.2.4.DESAGREGACIÓN DE LA SUPERFICIE DE PASTIZALES .....	414
ANEXO 3.2.5.FACTORES DE EMISIÓN Y OTROS PARÁMETROS APLICADOS .....	416

## 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 2020	Informe del inventario nacional 2020 que incluye el inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá 1994-2017
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

SF <sub>6</sub>	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
SO <sub>2</sub>	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

Han pasado varios años desde que la comunidad científica internacional, emitiera sus primeros informes sobre el estado del clima y las principales amenazas que el cambio climático representaría y está representando para la humanidad. Los científicos han advertido con datos sólidos, cada vez y con más preocupación la condición del clima cambiante y sus consecuencias.

El año 2020 comprobó que ni con la desaceleración económica relacionada con la pandemia, se logró frenar los impactos adversos del cambio climático en Panamá y en el mundo. El país fue testigo de desastres naturales desarrollados a nivel nacional y otros a nivel global, vinculados a lluvias y sequías extremas, incendios, aumentos del nivel del mar, aumento récord de temperaturas y en la magnitud de eventos extremos principalmente en las temporadas de huracanes, entre otros.

En especial en estos momentos de recuperación socio-económica pospandemia, el impulso de transformaciones para un desarrollo económico y social resiliente al cambio climático requiere de compromiso y responsabilidad de todas las partes, además de un alto grado de planificación y estudio basado en la evidencia científica.

Somos conscientes de que estamos ante el reto más grande de nuestros tiempos y Panamá ha apostado a una transformación de la gestión ambiental desde una perspectiva orientada hacia la descarbonización de la economía, la gestión del riesgo climático y el incremento de la capacidad adaptativa del país, no solo a nivel nacional sino local, sectorial y organizacional.

Existen vínculos importantes entre las emisiones de gases de efecto invernadero y sus concentraciones, los cambios e impactos climáticos tanto en la sociedad como en los ecosistemas y finalmente, con el comportamiento de la economía. Por lo que, proyectar estos cambios requiere la comprensión de todas estas variables y como se relacionan y por supuesto, de un equipo especializado para lograr esta relación y transformarla en información digerible para los tomadores de decisión y de la población en general.

Bajo el Decreto No.100 de 2020, el Estado panameño constituyó a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero como la herramienta base para ser costo-eficientes a la hora de formular iniciativas nacionales que mitiguen el cambio climático y aseguren como mínimo la neutralidad del carbono al 2050, especialmente basadas en las necesidades reales del país.

Me enorgullece presentar este primer *Informe del Inventario Nacional 2020*, que incluye inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de Panamá dentro del período 1994-2017. Es importante resaltar que este informe ha sido desarrollado por primera vez por un equipo compuesto de especialistas nacionales, en su gran mayoría, donde resalta la participación de jóvenes y entre ellos, más de la mitad son mujeres.

Este equipo nacional planteó la necesidad de cerrar, en la medida que permitían las circunstancias nacionales, la brecha existente en información climática y se recopiló la información contenida dentro del período 1994-2017, lo que permitirá entender cómo se vincula el desarrollo socioeconómico con la variable climática. Es evidente el fortalecimiento técnico que ha representado este ejercicio, pese a las condiciones que impuso la COVID-19 durante el 2020.

Los resultados arrojados por el *Informe de Inventarios Nacionales 2020* categorizan a Panamá como un *país sumidero de carbono*, resaltando el servicio nacional que presta el país a la crisis climática global. Es decir, se concluye que las tierras forestales panameñas capturan más carbono que el total de las emisiones de gases de efecto invernadero liberadas como resultado de la producción de bienes y servicios a nivel nacional. Estas emisiones nacionales están siendo compensadas por la cobertura forestal presente en el territorio nacional, debido al incremento anual de las existencias de carbono de sus bosques secundarios.

Los principales hallazgos de este informe, son un llamado claro basado en evidencia científica, en aras de redoblar esfuerzos para lograr una exitosa elaboración e implementación de la Estrategia de Desarrollo Económico y Social baja en Carbono, considerada como la hoja de ruta que guiará el desarrollo del país en los próximos 30 años y que deberá garantizar el goce de una economía verde y resiliente a todos los panameños y panameñas, incluyendo los sectores más productivos y las poblaciones y ecosistemas más vulnerables del país, en especial ante los nuevos escenarios pos-COVID-19.

Con la presentación de este informe, se garantizan los derechos de acceso a la información climática a toda la sociedad panameña para asegurar una participación ciudadana *en todos los procesos de toma de decisiones, de manera informada y además seguir fortaleciendo las capacidades nacionales, aspectos claves para la implementación exitosa del Acuerdo de París.*

El cambio climático nos afecta a todos, estamos ante la oportunidad de cambiar el rumbo, colocando la sostenibilidad y transformación climática como centro del desarrollo económico y social de Panamá, facilitando la superación de las barreras de la pobreza y desigualdad. Nos mantenemos enfocado en conservar nuestra característica de carbono negatividad, de la mano de un desarrollo inclusivo, resiliente y sostenible.

MILCIADES CONCEPCIÓN

**Ministro de Ambiente  
República de Panamá**

## RESUMEN EJECUTIVO

### **RE.1. Introducción al inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá 1994-2017**

Este es el Resumen Ejecutivo del primer *Informe del Inventario Nacional 2020, que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 1994-2017* (IIN 2020), como parte de los compromisos ante la CMNUCC.

Este Resumen incluye los antecedentes generales del cambio climático y de los inventarios nacionales de GEI, seguido de una descripción de los arreglos institucionales; el proceso de planificación, elaboración y gestión del inventario; aspectos metodológicos generales, 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; IPPU; Agricultura; UTCUTS; y Residuos. Finalmente, se describen los aspectos relevantes de los nuevos cálculos y el plan de mejora del inventario.

#### **RE.1.1. Antecedentes generales sobre los inventarios y el cambio climático**

La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de GEI son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado. Las emisiones antropógenas de GEI han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>) sin parangón en por lo menos los últimos 800,000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX (IPCC, 2014).

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).

Para cumplir con dicho objetivo, el artículo 4 de la CMNUCC manifiesta que las Partes deberán elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la COP, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los GEI no controlados por

el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la COP.

En este sentido, 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 1994 a 2017) 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.

En el contexto nacional, en el Texto Único de la Ley No. 41 de 1 de julio de 1998 se le dicta como responsabilidad al Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE), junto con el apoyo de otras instituciones la elaboración y publicación de inventarios de manera periódica, los cuales son incluidos en las comunicaciones nacionales e informes bienales de actualización como parte de los compromisos nacionales ante la CMNUCC. Ante tan importante tarea, la República de Panamá reglamenta el capítulo II del Título V del Texto Único de la Ley No. 41 de 1998, mediante el Decreto Ejecutivo No. 100 de 20 de octubre de 2020, por el cual se regirá la elaboración de los inventarios por fuentes y absorciones por sumidero de carbono, la estrategia de desarrollo económico y social baja en carbono y otros instrumentos relacionados al desarrollo sostenible, inclusivo, bajo en emisiones y resiliente a la crisis climática como las contribuciones determinadas a nivel nacional.

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 constituye al INGEI como la base científica para la formulación de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos nacionales que contribuyan a la reducción de GEI según lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 100 de 2020.

## **RE.1.2. Arreglos nacionales de Panamá para el INGEI**

### **RE.1.2.1. Arreglos institucionales, legales y procedimentales**

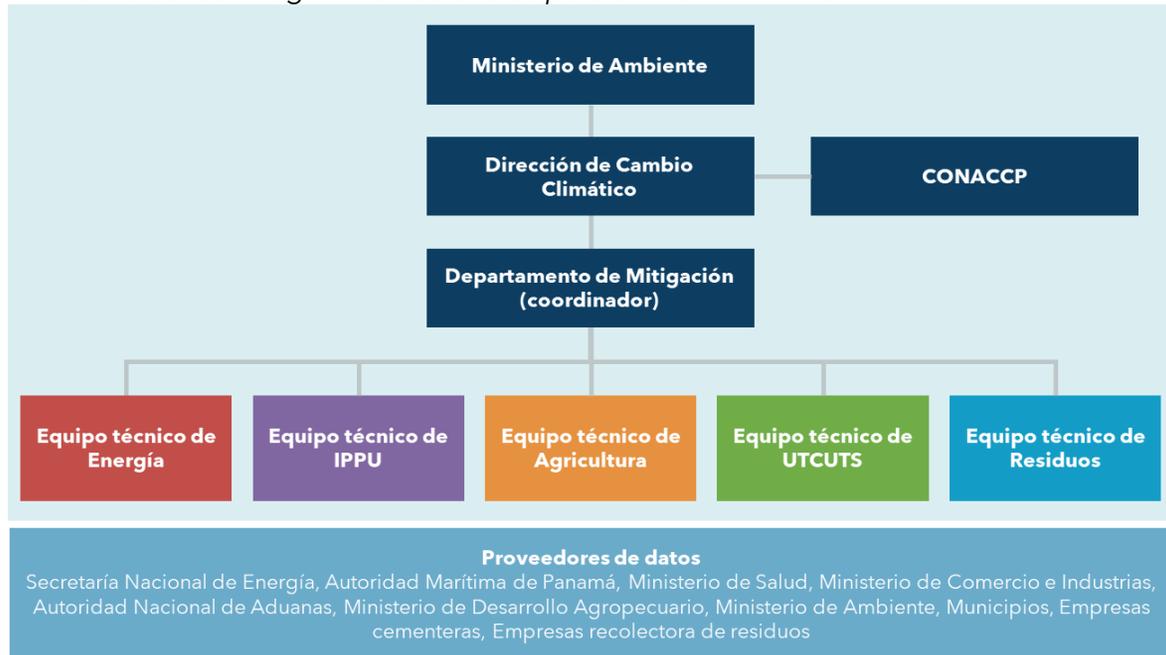
El presente INGEI de Panamá es el resultado del esfuerzo coordinado por el Ministerio de Ambiente, como punto focal del país ante la CMNUCC, en el marco del proyecto *Desarrollo de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la CMNUCC*, ejecutado por el Gobierno Nacional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

A nivel nacional, el Ministerio de Ambiente –mediante el Departamento de Mitigación– es la entidad responsable de elaborar periódicamente los INGEI con el apoyo de otras instituciones, como el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Ministerio de Salud, Ministerio de Comercio e Industrias, Secretaría Nacional de Energía (SNE), Autoridad Nacional de Aduanas (ANA), Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), entre otros. Pero es mediante el Decreto Ejecutivo No. 36 de 28 de mayo de 2018 que se asigna específicamente al Departamento de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático del MiAMBIENTE la función de «elaborar bienalmente, con el apoyo de otras instituciones, un inventario nacional de emisiones por fuentes y absorciones por sumidero de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal».

El Ministerio de Ambiente, aparte de ser el representante del país ante la CMNUCC, tuvo la responsabilidad de crear y actualizar capacidades técnicas según las necesidades nacionales, mientras que el Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá (CONACCP), facilitó la comunicación interinstitucional entre los diferentes involucrados en la elaboración del INGEI y la validación de este informe. Por otro lado, el proceso de planificación, elaboración y gestión estuvo coordinado por el Departamento de Mitigación, en donde fue necesario el apoyo de diferentes instituciones y organizaciones (Figura 1.2). Se contó con cinco equipos técnicos sectoriales con sus respectivos líderes y puntos focales interinstitucionales esenciales para la recopilación de información y los cuales cumplieron un rol como proveedores de datos. Cabe destacar que por primera vez el equipo técnico del INGEI estuvo conformado en su gran mayoría por técnicos y expertos nacionales.

### Figura RE.1.1

Estructura de los arreglos institucionales para el INGEI 1994-2017



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

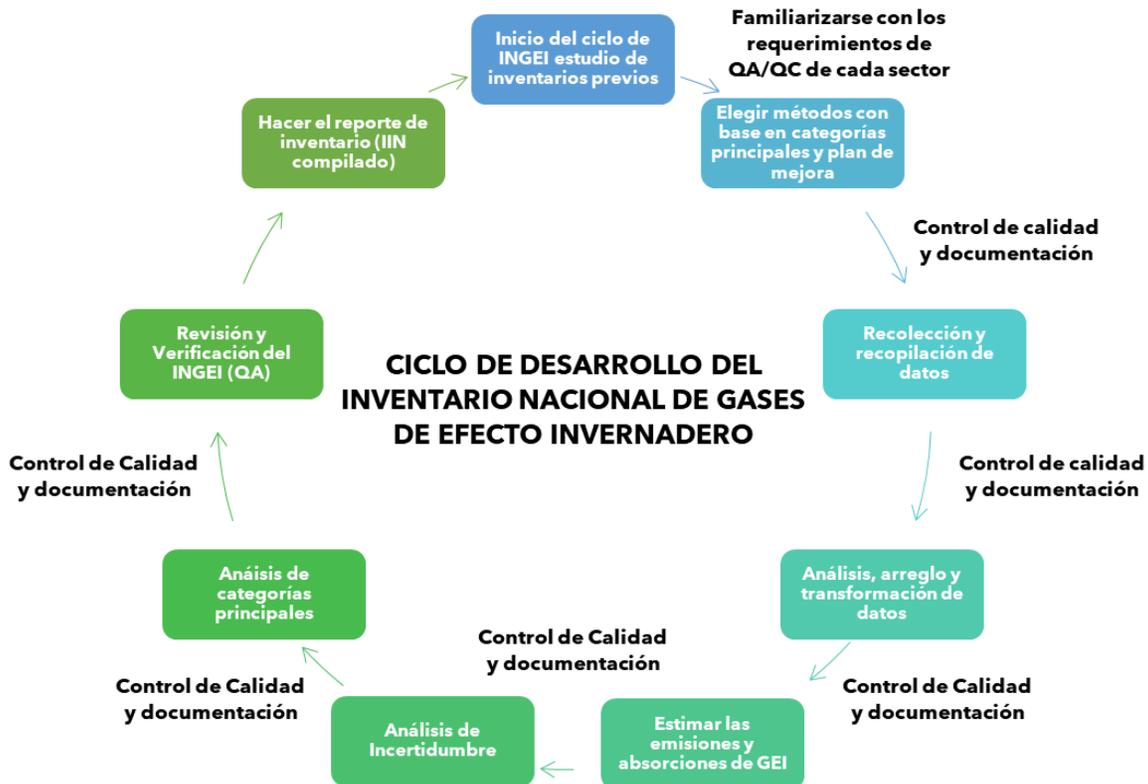
#### RE.1.2.2. Generalidades de la planificación, elaboración y gestión del inventario

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.

La planificación inicia en el 2018, con el estudio de los INGEI previos para poder contar con los procedimientos necesarios, una elaboración eficaz y el aprovechamiento de los recursos disponibles. La fase de elaboración, la más compleja y que mayor tiempo toma debido a lo difícil que puede resultar la recopilación de datos de actividad, factores de emisión y elección de la metodología de estimación, es clave para mejorar la calidad del INGEI. Por último, la etapa de gestión asegura que una vez presentado el INGEI, la información sea archivada y documentada de manera correcta, puesto que es la base para el próximo INGEI. A continuación, en la Figura 1.3 se presenta un diagrama del ciclo de desarrollo del INGEI 1994-2017.

**Figura RE.1.2**

Ciclo de desarrollo del inventario de GEI de Panamá



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*.

### RE.1.2.3. 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. 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 inventario. Cada una de estas revisiones son archivadas y documentadas.

### RE.1.2.4. Cambios de los arreglos nacionales respecto al INGEI previo

Es importante mencionar que los arreglos institucionales de Panamá para la elaboración de su INGEI se encuentran en pleno proceso de cambio desde 2018. En general, los inventarios previos presentados por Panamá han sido elaborados con el apoyo de servicios externos de consultoría debido a la falta de experiencia técnica y arreglos institucionales. En este sentido, Panamá da un gran paso, ya que decide liderar el proceso de desarrollo del INGEI de manera interna, lo cual requirió la creación y fortalecimiento de capacidades, establecimiento de arreglos institucionales e

institucionalización de los procesos de elaboración para garantizar la presentación de los informes en los periodos de tiempo establecidos bajo la CMNUCC.

Lo anterior se materializa con el establecimiento del Decreto Ejecutivo No. 100 de 2020. Mediante este decreto se institucionaliza el Sistema Sostenible de Inventarios Nacional de GEI de Panamá (SSINGEI) con el fin de que estos sean sostenibles y mejorables en el tiempo. Dicho proceso se llevó a cabo de manera paralela a la elaboración del presente INGEI 1994-2017, por lo que su implementación registrará a partir de los próximos ciclos de actualización.

### **RE.1.3. Elaboración del INGEI 1994-2017 y gestión de la información**

Como se mencionó en la sección anterior, la planificación, elaboración y gestión del presente INGEI se realizó de manera paralela con el diseño y establecimiento del SSINGEI, por lo que al identificar actores claves en el INGEI se realizaron diversos talleres y mesas de trabajo para que los líderes de los inventarios sectoriales pudieran establecer relaciones con los puntos focales de las instituciones y elaboraran sus cronogramas de trabajos. Durante este proceso fue valioso el apoyo recibido a través del intercambio de experiencias bajo el marco de transparencia reforzado del Acuerdo de París, establecido bajo la cooperación bilateral entre el Ministerio de Ambiente de Panamá y el Ministerio de Medio Ambiente de Chile.

Los cronogramas de trabajo de cada inventario sectorial establecían aspectos como el levantamiento de información; el cálculo de las emisiones y absorciones de GEI; y la elaboración de los informes sectoriales, utilizando las *Directrices del IPCC de 2006* y el IPCC Inventory Software para aquellos sectores en los cuales era posible utilizarlo para realizar los cálculos de forma homogénea.

Una vez iniciada la elaboración del INGEI 1994-2017, la transferencia de información 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 1.4.

**Figura RE.1.3**

Diagrama de flujo de información para el INGEI 1994-2017



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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. El FCR permite dar cumplimiento a los requerimientos de las *Directrices para los IBA*.

#### RE.1.4. 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 1994-2017– son las *Directrices del IPCC de 2006*<sup>1</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; 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 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.

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.

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

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.

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.

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

### **Sector Energía**

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 de estas emisiones fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Balance Energético Nacional: confeccionado por la SNE.
- Estadística de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH) de la SNE.
- Estadísticas publicadas por la Autoridad Marítima de Panamá (AMP).
- Los datos de producción y consumo de biogás, de la empresa productora de electricidad del Relleno Sanitario de Cerro Patacón (RSCP).

### **Sector IPPU**

Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 para las categorías *uso no energético de combustibles y solventes* y 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 la categoría *industria de los minerales*, utilizando datos de actividad de las estadísticas nacionales y datos de producción de las industrias mineras, 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. Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Datos de producción de las industrias productoras de clínker y cal.
- Balance Energético Nacional (BNE): confeccionado por la SNE.
- Datos de consumo de sustitutos de las SAO levantado por la Unidad Nacional de Ozono (UNO) del Ministerio de Salud (MINSALUD) (MINSALUD, 2017).

### **Sector Agricultura**

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 regionales. 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. Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Estadísticas nacionales del INEC.
- Base de datos y estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT)<sup>2</sup>.
- Base de datos y juicios de expertos del MIDA.
- Datos estadísticos del Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica (SIECA).
- Estadísticas de incendios de la Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental (DIVEDA) del Ministerio de Ambiente.
- Base de datos de la Autoridad Nacional de Aduanas.

### **Sector UTCUTS**

Las emisiones y absorciones de GEI fueron estimadas aplicando tanto el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2, utilizando datos de actividad con base en datos nacionales. Los factores de emisión utilizados para las *tierras forestales*, *tierras de cultivo*, y *tierra de pastizales* provienen del *Inventario nacional forestal y de carbono de Panamá (INFC)*, factores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, y de una consultoría nacional. Para las demás categorías se utilizaron solo factores por defecto. Las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector.

Es importante resaltar que se realizaron estimaciones para 1994, 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017; los años intermedios de la serie temporal para este sector fueron estimados mediante interpolaciones. Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Los datos de actividad provienen de la iniciativa nacional denominada «Proyecto Mapatón 2017». Esta iniciativa fue ejecutada por el equipo técnico del Ministerio de Ambiente, con la asesoría técnica del PNUD y FAO (MiAMBIENTE, 2018). Los datos de actividad del Mapatón 2017 se obtuvieron mediante el uso de la herramienta Collect Earth Desktop.
- Estadísticas de incendios de la DIVEDA del Ministerio de Ambiente.
- Estadísticas de producción de madera y de reforestación de la Dirección Forestal (DIFOR) del Ministerio de Ambiente.
- Estadísticas nacionales del INEC.
- La Asociación Nacional de Reforestadores y Afines de Panamá (ANARAP).
- Juicio de expertos de campo de Ministerio de Ambiente

### **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 datos de actividad fueron:

<sup>2</sup> Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es>

- Estadísticas de población, tonelaje de residuos sólidos ingresados al RSCP y consumo de proteína diaria nacional del INEC.
- Tasas de generación de residuos sólidos estimadas en estudios de la Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD) para el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos (PNGIR).
- Tonelaje ingresado a vertederos a nivel nacional, suministrado por los municipios o empresas que administran estos sitios.

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).

### RE.1.5. 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.

Para el INGEI 1994-2017 de Panamá, se ha realizado una identificación de categorías principales aplicando los métodos 1 y 2 (Tabla 1.5). 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. Además, se realizó el mismo análisis con un subconjunto de datos que excluía 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.

#### Tabla RE.1.1

Resumen del análisis de categorías principales del INGEI 2017 aplicando el método 1 y 2 (con y sin UTCUTS)

Código	Categorías de fuente y sumidero	GEI	Criterio de identificación	
			con UTCUTS	sin UTCUTS
1.A.1.	Industria de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
1.A.1.	Industria de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	N1, T1	N1
1.A.2.	Industria manufacturera y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	N1, T1	
1.A.2.	Industria manufacturera y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	T1	
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	

Código	Categorías de fuente y sumidero	GEI	Criterio de identificación	
			con UTCUTS	sin UTCUTS
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	N2	
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	T1, N2, T2	
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	N1	
2.A.1.	Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	N1, T1, N2, T2	N1
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	
3.A.1. b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	T1	
3.B.5.	Gestión del estiércol - Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	N2	
3.C.2.	Cultivos de arroz - Alimentados por lluvia	CH <sub>4</sub>	T2	
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	N1, T1, N2, T2	T1
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	T1, N2, T2	T1
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	T1, T2	
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	N1, N2	
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	N1, T1, T2

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.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial para un inventario exhaustivo. 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 1994-2017 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.

Para 2017, la incertidumbre del INGEI alcanza el  $\pm 58.0\%$ . 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 CO<sub>2</sub> de *tierras forestales que permanecen como tales* es el mayor contribuyente a la varianza, si bien, su incertidumbre combinada no es de las mayores ( $\pm 16.9\%$ ), el hecho que sea a su vez el principal GEI que contribuye al balance nacional hace que su aporte ponderado a la varianza sea el más importante. Otros contribuyentes relevantes a la varianza son el CH<sub>4</sub> de la *disposición de residuos sólidos*; el N<sub>2</sub>O de las *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*; el CH<sub>4</sub> de la *fermentación entérica - otros*

vacunos; y el CO<sub>2</sub> de la *navegación marítima y fluvial*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del INGEI ascendió a  $\pm 17.3\%$  entre 1994-2017.

### RE.1.7. 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC y absorciones de CO<sub>2</sub> para la serie 1994-2017. Las emisiones de 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. En cuanto a los gases precursores, solo se reportan parcialmente emisiones de NO<sub>x</sub> 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 estimadas (NE), principalmente por falta de datos de actividad, y su explicación correspondiente se encuentran en la Tabla 1.6.

**Tabla RE.1.2**

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

GEI	Sector	Categorías de fuente y sumidero	Explicación o comentario
CO <sub>2</sub>	Energía	Transporte de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Refinación de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Distribución de productos de petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Vinculadas al almacenamiento y distribución de productos petrolíferos
		Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	No se cuenta con información para 1994-2008
	IPPU	Industria de los minerales - Uso de otros carbonatos en la fabricación de cerámicas	No hay información en la estadística nacional puesto que esta actividad se realiza principalmente de manera artesanal
		Industria de los minerales - Producción de vidrio	No hay información en la estadística nacional
		Uso no energético de combustibles y de solventes - Uso de cera de parafina	No hay información en la estadística nacional
	UTCUTS	Tierras de cultivo que permanecen como tales	No se tiene información sobre los cambios en las gestiones a nivel de cultivos
		Asentamientos que permanecen como tales	Se asume que no ocurren absorciones ni emisiones de CO <sub>2</sub> .
		Otras tierras que permanecen como tales	Se asume que no ocurren absorciones ni emisiones de CO <sub>2</sub>
		Humedales que permanecen como tales	Los bonales gestionados (extracción de turba) no ocurren en el país.
		Productos de madera recolectada	No se tienen datos en el país
	Residuos	Incineración e incineración abierta de residuos sólidos	No se incluyen por falta de datos de actividad.
CH <sub>4</sub>	Energía	Transporte de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Refinación de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Distribución de productos de petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Vinculadas al almacenamiento y distribución de productos petrolíferos
		Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	No se cuenta con información para 1994-2008
	UTCUTS	Humedales que permanecen como tales	No se cuenta con información desagregada de las tierras inundadas.

GEI	Sector	Categorías de fuente y sumidero	Explicación o comentario
	Residuos	Disposición de residuos sólidos	Si bien, esta categoría sí ha sido incluida, las estimaciones realizadas se basan en datos a partir de 1988 (utilizando como método de cálculo tasa de crecimiento), ya que no existen suficientes registros del volumen que ingresa a los sitios de disposición
		Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional.
		Incineración e incineración abierta de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional.
		Tratamiento y disposición de aguas residuales industriales	No se cuenta con estadística nacional.
N <sub>2</sub> O	Energía	Transporte de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Refinación de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Distribución de productos de petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Vinculadas al almacenamiento y distribución de productos petrolíferos
		Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	No se cuenta con información para 1994-2008
	Agricultura	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas - Residuos de cosechas	No se incluye por falta de información
		Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas - Mineralización / inmovilización asociada a la pérdida / ganancia de materia orgánica del suelo	No se incluye por falta de información
	UTCUTS	Humedales que permanecen como tales	Los bonales gestionados (extracción de turba) no ocurren en el país.
	Residuos	Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional
		Incineración e incineración abierta de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional
		Tratamiento y disposición de aguas residuales industriales	No se cuenta con estadística nacional
HFC	IPPU	Uso de productos sustitutos de las SAO - Emisiones generadas por el uso de aerosoles y limpieza con solventes	No se cuenta con estadística nacional
SF <sub>6</sub>	IPPU	Uso de SF <sub>6</sub> - Instalación y uso de equipos eléctricos.	No se cuenta con estadística nacional

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Además de lo anterior, dentro del sector UTCUTS existen algunas subcategorías de fuentes y sumideros que no fueron estimadas debido a que durante los años analizados (1994, 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017) no se observaron las transiciones de tierras correspondientes a estas subcategorías. Sin embargo, algunas de estas transiciones pudiesen haber ocurrido en los años interpolados. Por lo que se incluye el tema de realizar el análisis año a año de los cambios de uso de la tierra dentro del plan de mejora para los próximos INGEI.

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 RE.1.3

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

GEI	Categorías de fuente y sumidero del IPCC	Asignación de Panamá	Explicación o comentario	
CO <sub>2</sub>	Sector Energía - Otras industrias de la energía	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Carboneras que producen carbón vegetal	
	Sector Energía - Ferrocarriles	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Falta información desagregada	
	Sector Energía - Navegación marítima y fluvial nacional	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
Sector Energía - Todo terreno	Sector Energía - Automóviles - Transporte terrestre	Falta información desagregada		

GEI	Categorías de fuente y sumidero del IPCC	Asignación de Panamá	Explicación o comentario
	Sector Energía - Estacionarias	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Vehículos todo terreno y otra maquinaria	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Agricultura - Quema prescrita de sabanas	Sector UTCUTS - Tierras Pastizales que Permanecen como Tales	Esta categoría se incluye en los cálculos de las emisiones no CO <sub>2</sub> de tierras (tierras forestales y pastizales respectivamente), se entiende como sabanas algún tipo de pasto.
CH <sub>4</sub>	Sector Energía - Otras industrias de la energía	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Carboneras que producen carbón Vegetal.
	Sector Energía - Ferrocarriles	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Falta información desagregada
	Sector Energía - Navegación marítima y fluvial nacional	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción / Pesca (combustión móvil) - Otros sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Todo terreno	Sector Energía - Automóviles - Transporte terrestre	Falta información desagregada
	Sector Energía - Estacionarias	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Vehículos todo terreno y otra maquinaria	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Agricultura - Quema prescrita de sabanas	Sector UTCUTS - Tierras Pastizales que Permanecen como Tales	Esta categoría se incluye en los cálculos de las emisiones no CO <sub>2</sub> de tierras (tierras forestales y pastizales respectivamente), se entiende como sabanas algún tipo de pasto.
	Sector UTCUTS - Emisiones a partir del quemado de biomasa en Tierras de cultivo	Sector Agricultura - Quema de residuos agrícola	Estimadas y reportadas en el sector Agricultura
	Sector Residuos - Disposición de Residuos Sólidos	Sector Residuos - Disposición en sitios no gestionados.	Debido a falta de información, las emisiones estimadas fueron clasificadas como generadas en sitios no gestionados.
N <sub>2</sub> O	Sector Energía - Otras industrias de la energía	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Carboneras que producen carbón Vegetal.
	Sector Energía - Ferrocarriles	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Falta información desagregada
	Sector Energía - Navegación marítima y fluvial nacional	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción / Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Todo terreno	Sector Energía - Automóviles - Transporte terrestre	Falta información desagregada
	Sector Energía - Estacionarias	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Vehículos todo terreno y otra maquinaria	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector UTCUTS - Emisiones a partir del quemado de biomasa en Tierras de cultivo	Sector Agricultura - Quema de residuos agrícola	Estimadas y reportadas en el sector Agricultura

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Respecto a la confidencialidad, Panamá cuenta con un grupo muy pequeño de industrias relacionadas con la producción de cemento y cal, 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 1994-2017 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**

Las emisiones y absorciones de GEI incluidas en el INGEI de Panamá de 2017, por tipo de GEI (Tabla 2.1), fueron -15,867.8 kt CO<sub>2</sub>; 169.3 kt CH<sub>4</sub>; 3.4 kt N<sub>2</sub>O; y 454.2 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 neto 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 1.3 kt, y alcanzaron 48.0 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 2017*

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>-15,867.8</b>	<b>169.3</b>	<b>3.5</b>	<b>454.1</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>1.3</b>	<b>48.0</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
<b>1.</b>	<b>Energía</b>	<b>11,035.0</b>	<b>4.2</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	11,035.0	4.2	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.	Industrias de la energía	2,205.4	0.1	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	1,939.5	0.3	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.	Transporte	6,274.5	1.6	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.4.	Otros sectores	615.5	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>802.6</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>454.1</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	766.9							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	35.7	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				454.1	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>6.4</b>	<b>97.5</b>	<b>2.7</b>					<b>0.3</b>	<b>10.8</b>	<b>NO</b>	
3.A.	Fermentación entérica		90.2									
3.B.	Gestión del estiércol		3.2	0.3							NO	
3.C.	Cultivo del arroz		3.8								NO	
3.D.	Suelos agrícolas			2.5							NO	
3.E.	Quema prescrita de sabanas		IE	IE					IE	IE	NO	
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo		0.3	0.0					0.3	10.8	NO	
3.G.	Encalado	0.3										
3.H.	Aplicación de urea	6.1										
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>-27,711.9</b>	<b>2.2</b>	<b>0.1</b>					<b>1.0</b>	<b>37.3</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	-31,994.6	0.1	0.0					0.1	2.6	NA, NO	
4.B.	Tierras de cultivo	647.3	0.3	0.0					0.2	5.3	NA	
4.C.	Pastizales	3,134.8	1.7	0.1					0.7	29.4	NA, NO	
4.D.	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NA	
4.E.	Asentamientos	500.7	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>65.4</b>	<b>0.3</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NE	47.6						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 eliminación de aguas residuales		17.8	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
<b>Elementos informativos</b>												
	Tanques de combustible internacional	15,566.1	1.2	0.4					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	2,201.4	0.0	0.1					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	13,364.7	1.2	0.3					NE	NE	NE	NE
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Emissiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,506.4										
	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.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

El balance nacional entre emisiones y absorciones de GEI de 2017 –incluyendo al sector UTCUTS– registró -9,758.3 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo el balance tendiente a las absorciones netas en un 35.2 % desde 1994 y en un 17.1 % desde 2013 (Tabla 2.2). Pese a la disminución de las absorciones netas del país, es de notar que Panamá es un sumidero neto 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, en términos absolutos, el sector UTCUTS es el de mayor relevancia, con 60.7 %, seguido del sector Energía con un 24.7 %, un 7.6 % del sector Agricultura, un 4.2 % del sector Residuos, y finalmente un 2.8 % del sector IPPU (Figura 2.1). Esto demuestra 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 que toda la tendencia de todo el INGEI 1994-2017 sea favorable a la absorción neta.

**Tabla RE.2.2**

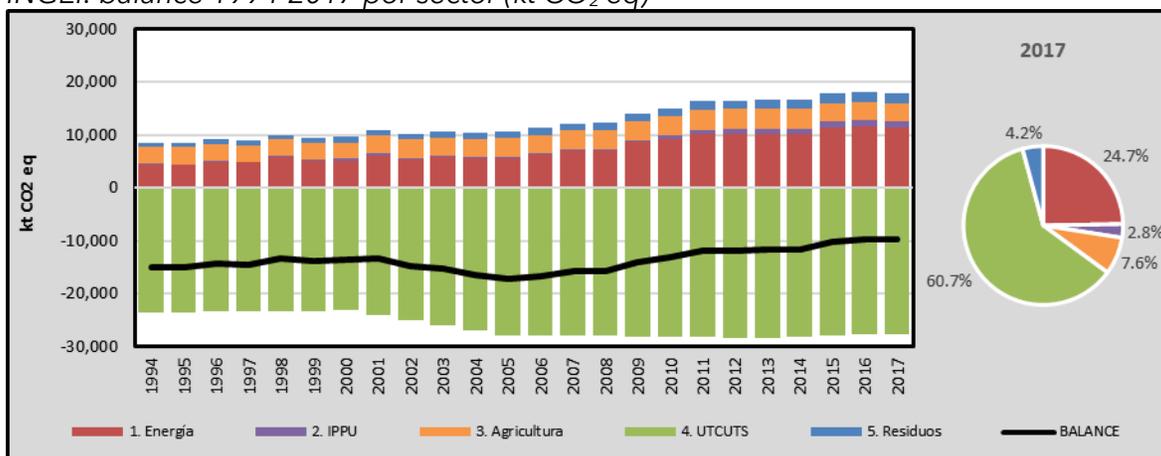
*INGEI: balance nacional 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Sector	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1. Energía	4,303.4	5,191.1	5,674.5	9,195.4	10,149.8	11,548.5	11,245.9
2. IPPU	174.7	312.5	219.7	605.9	936.2	1,156.6	1,256.8
3. Agricultura	3,288.1	3,065.5	3,511.6	3,677.0	3,852.9	3,513.2	3,463.2
4. UTCUTS	-23,538.7	-23,234.1	-27,826.3	-28,191.3	-28,397.2	-27,821.2	-27,629.2
5. Residuos	716.0	1,010.9	1,233.1	1,497.7	1,680.9	1,876.4	1,904.9
<b>Balance</b>	<b>-15,056.5</b>	<b>-13,654.1</b>	<b>-17,187.4</b>	<b>-13,215.4</b>	<b>-11,777.4</b>	<b>-9,726.5</b>	<b>-9,758.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura RE.2.1**

*INGEI: balance 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

En cuanto a las emisiones totales de GEI –excluyendo al sector UTCUTS– de 2017, se registró un total de 17,780.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 110.7 % desde 1994 y en un 7.5 % desde 2013 (Tabla 2.3). Con respecto a la participación de cada sector individual en las emisiones totales de GEI en 2017, el sector Energía es el sector de mayor impacto en el INGEI, aportando un 62.9 %, seguido del sector Agricultura con un 19.4 %, un 10.7 % del sector Residuos, y finalmente, un 7.0 % 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 periodo 1994-2017.

### Tabla RE.2.3

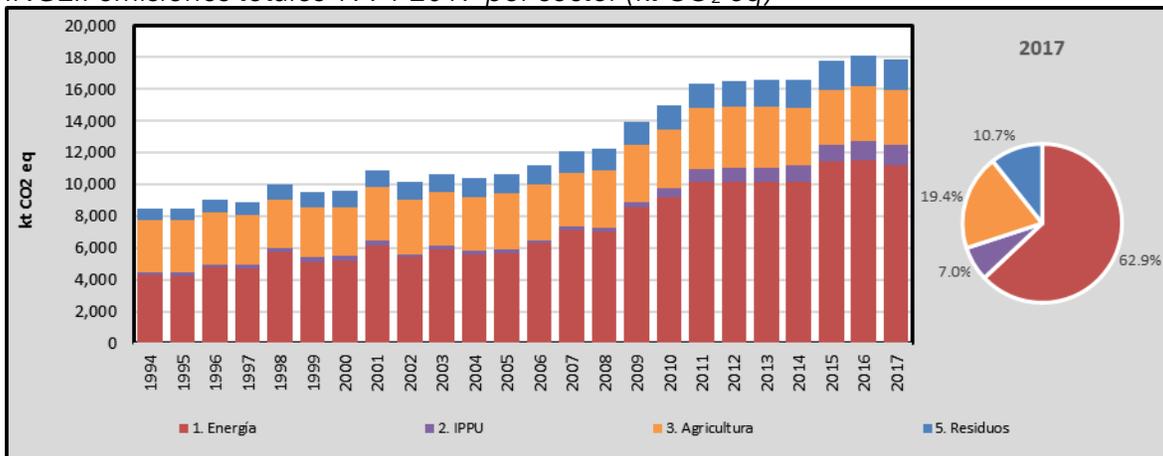
INGEI: emisiones totales 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)

Sector	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1. Energía	4,303.4	5,191.1	5,674.5	9,195.4	10,149.8	11,548.5	11,245.9
2. IPPU	174.7	312.5	219.7	605.9	936.2	1,156.6	1,256.8
3. Agricultura	3,288.1	3,065.5	3,511.6	3,677.0	3,852.9	3,513.2	3,463.2
5. Residuos	716.0	1,010.9	1,233.1	1,497.7	1,680.9	1,876.4	1,904.9
<b>Total</b>	<b>8,482.2</b>	<b>9,580.0</b>	<b>10,638.9</b>	<b>14,975.9</b>	<b>16,619.8</b>	<b>18,094.7</b>	<b>17,870.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.2.2

INGEI: emisiones totales 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 tiende a las emisiones netas.

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

El balance de GEI de 2017 estuvo representado por un 72.2 % de CO<sub>2</sub>, disminuyendo la absorción general de CO<sub>2</sub> del país en un 17.9 % desde 1994 y en un 10.2 % desde el 2013. Lo sigue el CH<sub>4</sub> con un 21.6 %, aumentando en un 34.9 % desde 1994 y disminuyendo un 2.0 % desde 2013. La participación del N<sub>2</sub>O es de un 4.2 %, aumentando un 20.5 % desde 1994 y disminuyendo un 3.0 % desde 2013. Por último, el HFC representó solo un 2.1 %, aumentando de forma muy importante en un 1,024.4 % desde 2012 y un 290 % desde 2013 (Tabla 2.4). Cabe resaltar que los primeros registros de HFC se tienen desde 2012, es por esto por lo que se utiliza el 2012 para hacer la comparación en lugar de 1994.

**Tabla RE.2.4**

INGEI: balance 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

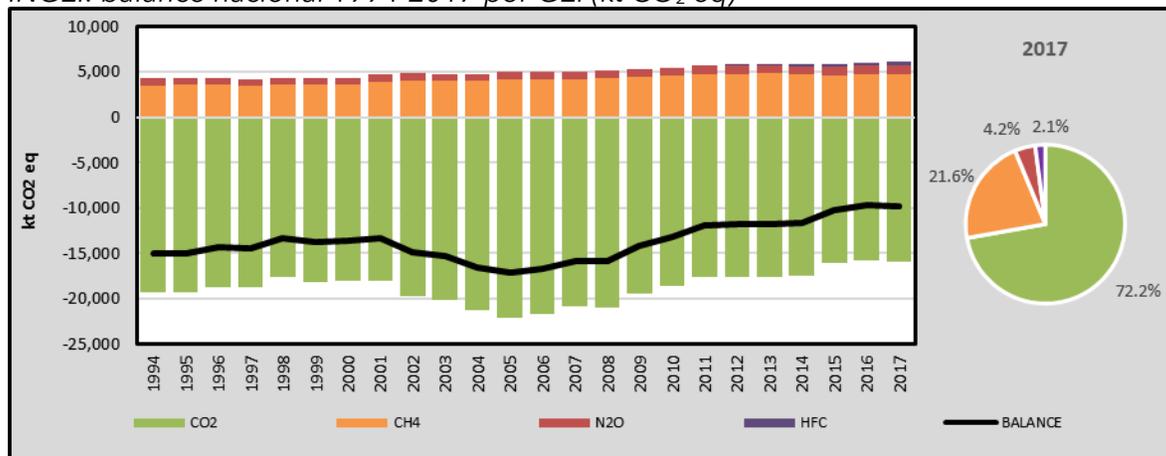
GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	-19,330.2	-17,994.1	-22,157.9	-18,623.7	-17,675.7	-15,785.6	-15,867.8
CH <sub>4</sub>	3,514.6	3,617.4	4,182.6	4,538.4	4,839.3	4,759.1	4,740.8
N <sub>2</sub> O	759.1	722.6	787.9	869.9	942.7	913.2	914.6
HFC	NO	NO	NO	NO	116.3	386.8	454.1
<b>Balance</b>	<b>-15,056.5</b>	<b>-13,654.1</b>	<b>-17,187.4</b>	<b>-13,215.4</b>	<b>-11,777.4</b>	<b>-9,726.5</b>	<b>-9,758.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

En la Figura 2.3 se observa que si bien el balance de GEI presenta ciertas fluctuaciones durante la serie 1994-2017, 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 al 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 relativamente estables a lo largo de la serie. Este mismo comportamiento se repite con el N<sub>2</sub>O. Por su parte, el HFC presenta 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 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones totales de GEI de 2017 (

Tabla 2.5) estuvieron representadas por un 66.3 % de CO<sub>2</sub>, aumentando en un 172.7 % desde 1994 y en un 9.8 % desde 2013; seguido por un 26.2 % de CH<sub>4</sub>, aumentando un 37.3 % desde 1994 y disminuyendo un 2.3 % desde 2013; un 5.0 % de N<sub>2</sub>O, aumentando un 22.5% desde 1994 y disminuyendo un 3.3 % desde 2013; y 2.5 % de HFC, aumentando un 1,024.4 % desde 2012 y un 290.6 % desde 2013.

**Tabla RE.2.5**

INGEI: emisiones totales 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

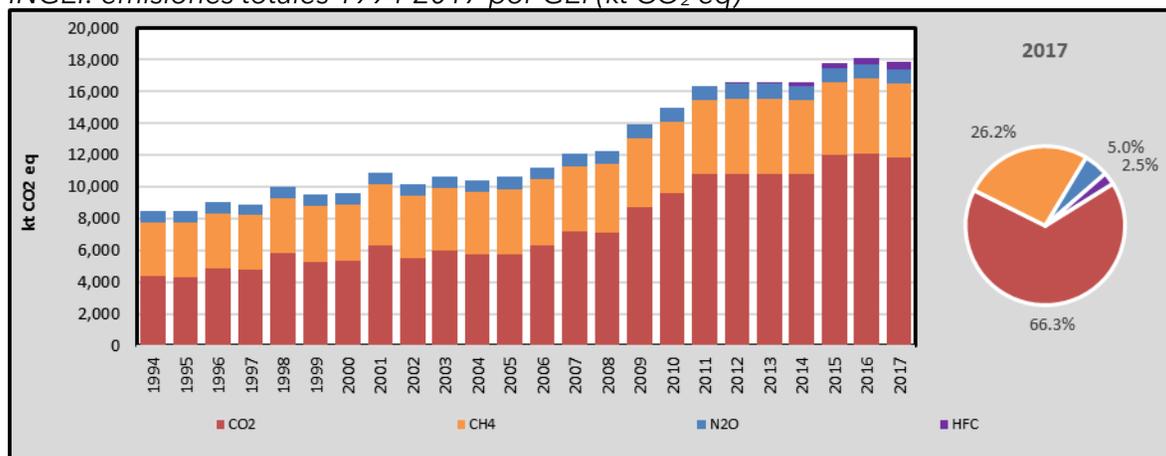
GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	4,344.0	5,364.8	5,751.5	9,629.4	10,788.2	12,114.2	11,844.0
CH <sub>4</sub>	3,409.5	3,521.6	4,120.1	4,491.8	4,792.4	4,702.0	4,680.3
N <sub>2</sub> O	728.7	693.6	767.3	854.6	922.9	891.6	892.4
HFC	NO	NO	NO	NO	116.3	386.8	454.1
<b>Total</b>	<b>8,482.2</b>	<b>9,580.0</b>	<b>10,638.9</b>	<b>14,975.9</b>	<b>16,619.8</b>	<b>18,094.7</b>	<b>17,870.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 del 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 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 pueden 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 24.7 % del balance nacional en 2017 (62.9 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 11,245.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 161.3 % desde 1994 y en un 10.8 % desde 2013 (Tabla RE.3.1 y Figura 3.1), causado principalmente por el aumento del consumo de combustibles líquidos (gas/diesel oil y gasolina para motores) en el transporte terrestre y el aumento en el consumo de GLP en el sector residencial. Respecto a la generación eléctrica, se observa una fluctuación relacionada a la variabilidad de la generación hídrica y una disminución en 2017, provocada principalmente por el aumento de generación por fuentes renovables. En el sector industrial en 2017 se observa una disminución vinculada a la discontinuidad del consumo de combustible sólido.

**Tabla RE.3.1**

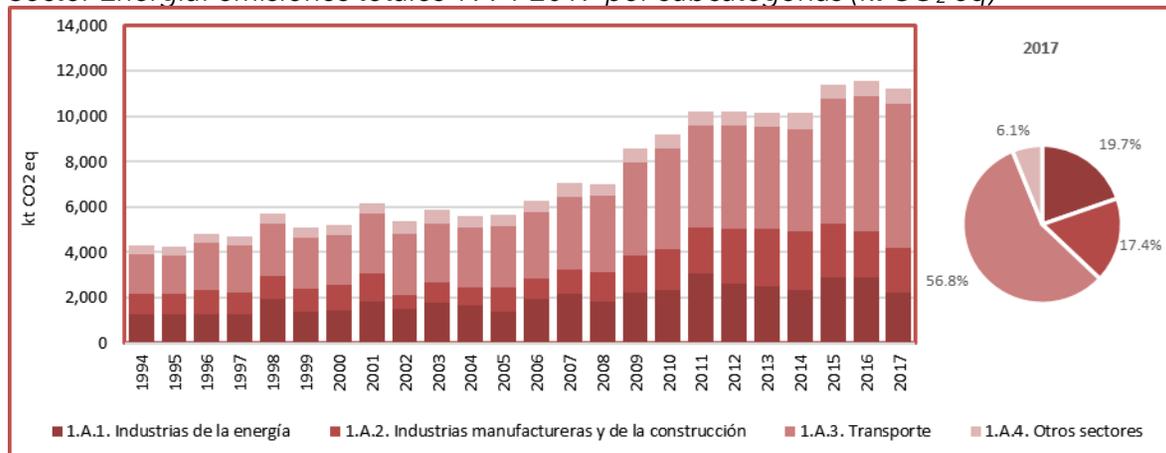
*Sector Energía: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.1. Industrias de la energía	1,261.3	1,464.1	1,406.3	2,365.5	2,493.2	2,901.9	2,212.7
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	894.9	1,075.4	1,056.4	1,780.3	2,534.0	2,034.4	1,957.8
1.A.3. Transporte	1,749.5	2,218.0	2,702.9	4,418.3	4,488.0	5,937.7	6,387.5
1.A.4. Otros sectores	397.6	433.6	508.8	631.2	634.5	674.5	687.9
<b>Total</b>	<b>4,303.4</b>	<b>5,191.1</b>	<b>5,674.5</b>	<b>9,195.4</b>	<b>10,149.8</b>	<b>11,548.5</b>	<b>11,245.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura RE.3.1**

*Sector Energía: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones por tipo de GEI del sector Energía estuvieron representadas por un 98.1 % de CO<sub>2</sub>, seguido por un 1.0 % de CH<sub>4</sub>, y un 0.8 % de N<sub>2</sub>O de las emisiones totales del sector. 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 información respecto del contenido de azufre en los combustibles utilizados.

### **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 del sector, 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.

En 2017, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 11,245.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 161.3 % desde 1994 y en un 10.8 % desde. Con respecto a las subcategorías, en 2017, un 56.8 % corresponde a *transporte*, un 19.7 % a *industrias de la energía*, un 17.4 % a *industrias manufactureras y de la construcción* y un 6.1 % a *otros sectores*. Esto demuestra la significativa relevancia que tiene *transporte*, tanto en las emisiones del sector Energía, como en el balance nacional, en donde representa el 35.7 % de las emisiones totales (sin incluir UTCUTS).

#### **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 BEN. Sin embargo, dado que los datos reportados por la AMP que fueron utilizados en este INGEI para la estimación de la navegación nacional no forman parte del BEN, el consumo aparente utilizado en este ejercicio de verificación no refleja el balance de combustibles de Panamá de manera completa. 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.

La diferencia porcentual del Método sectorial con respecto al Método de referencia para 1994 a 2017 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 15.4 %,

con un máximo absoluto de 191.4 % 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

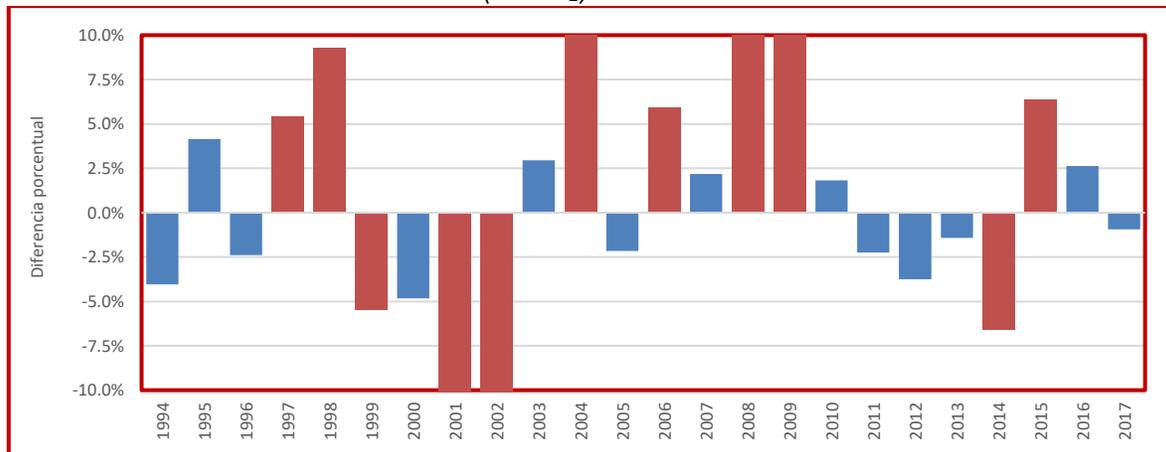
Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 1994-2017 (kt CO<sub>2</sub>)

Métodos	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Método sectorial	4,163.7	5,048.8	5,526.7	9,017.7	9,962.2	11,338.9	11,035.0
Método de referencia	4,339.0	5,305.1	5,648.3	8,857.0	10,105.6	11,049.3	11,138.6
<b>Diferencia</b>	<b>-175.3</b>	<b>-256.4</b>	<b>-121.6</b>	<b>160.8</b>	<b>-143.4</b>	<b>289.6</b>	<b>-103.6</b>
<b>Diferencia porcentual</b>	<b>-4.0%</b>	<b>-4.8%</b>	<b>-2.2%</b>	<b>1.8%</b>	<b>-1.4%</b>	<b>2.6%</b>	<b>-0.9%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.3.2

Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 1994-2017 (kt CO<sub>2</sub>)



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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las diferencias del Método sectorial con respecto al Método de referencia tienen tres orígenes, según los períodos:

- Antes de 2003: en 2002 cerró la Refinería y previo a ello existieron en esa industria situaciones de pérdidas muy significativas, probablemente debido a problemas en su funcionamiento.
- Entre 2003 y 2017: las diferencias en este período presentan una alta correlación con los valores informados en el Ajuste Estadístico del BEN, esto se debe a que en el BEN existen datos en la variación de INGEI que se deben revisar, ya que en algunos casos ocasionan que la oferta total de ciertos combustibles sea negativa. La SNE tiene previsto realizar actividades de mejora, entre otras cosas, para mejorar este parámetro.

- 2009-2017: las emisiones asociadas a la actividad marítima nacional, no incluidas en el BEN, también influyen en estas diferencias, enmascarando el efecto del ajuste estadístico en el consumo aparente.

### 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 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 en base a 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 *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.

En 2017, las emisiones de GEI de la *aviación internacional* contabilizaron 2,118.2 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 657.9 % desde 1994 y en un 37.3 % desde 2013 (Tabla 3.11 y Figura 3.4), las variaciones de la tendencia se deben al incremento de turismo internacional dentro del país. Las emisiones de la *navegación internacional* contabilizaron 13,490.0 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 63.6 % desde 2009, fundamentalmente debido al aumento del flujo a partir de la ampliación del canal de Panamá, con excepción de la reducción de 2014 debido a una retracción del comercio internacional.

#### Tabla RE.3.3

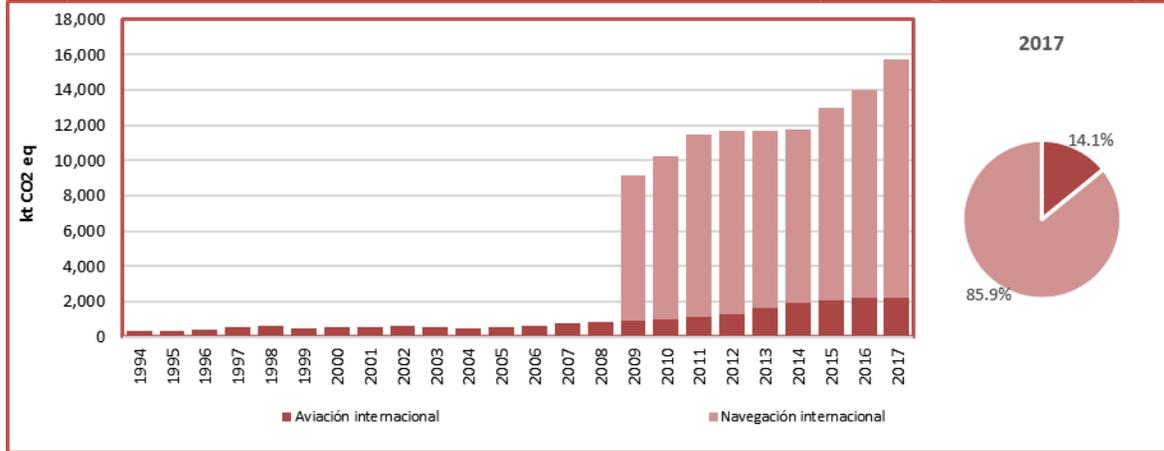
*Tanques de combustible internacional: emisiones 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Aviación internacional	292.7	561.5	536.9	969.0	1,616.1	2,182.3	2,218.2
Navegación internacional	NE	NE	NE	9,249.5	10,078.2	11,794.2	13,490.0
<b>Total</b>	<b>292.7</b>	<b>561.5</b>	<b>536.9</b>	<b>10,218.5</b>	<b>11,694.3</b>	<b>13,976.5</b>	<b>15,708.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.3.3

Tanques de combustible internacional: emisiones 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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 *elementos informativos* y se excluyen de las emisiones totales del país. 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 biogasolina (alcohol etílico), gas de vertedero (biogás), otra biomasa sólida primaria (bagazo), madera/desechos de madera (leña) y carbón vegetal.

En 2017, las *emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa* usada con fines energéticos contabilizaron 1,506.4 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en un 4.8 % desde 1994 y en un 8.5 % desde 2013 (Tabla 3.14 y Figura 3.5) debido a la disminución en el consumo de *madera/desechos de madera* en las categorías *residencial e industrias manufactureras y de la construcción*. Para 1995 se aprecia una notoria disminución causada por el decrecimiento en la relación de cosecha de caña de azúcar por superficie sembrada en ese año, disminuyendo el valor de producción. Con respecto a la participación en las emisiones por cada biocombustible, el mayor aporte lo realiza la *madera/desechos de madera* con un 67.9 %, mientras que otra biomasa sólida primaria aporta un 31.5, los demás biocombustibles aportan menos de un 1.0 %. 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

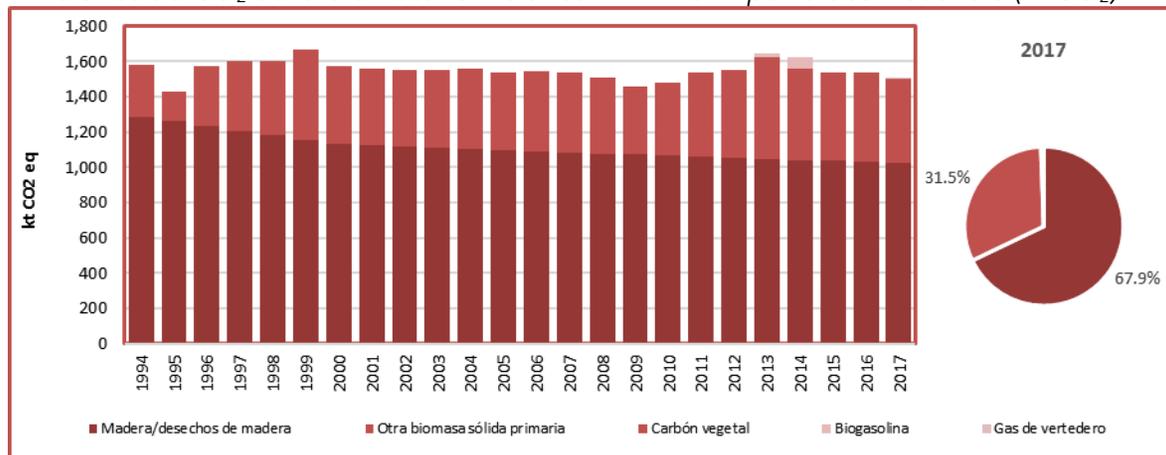
Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: emisiones 1994-2017 por biocombustible (kt CO<sub>2</sub>)

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Madera/desechos de madera	1,285.8	1,134.2	1,098.2	1,066.9	1,047.8	1,029.0	1,022.8
Otra biomasa sólida primaria	279.3	433.0	430.8	405.5	567.6	500.2	474.7
Carbón vegetal	18.0	7.3	6.3	5.7	5.3	4.9	4.6
Biogasolina	NO						
Gas de vertedero	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4.3
<b>Total</b>	<b>1,583.1</b>	<b>1,574.4</b>	<b>1,535.3</b>	<b>1,478.1</b>	<b>1,645.5</b>	<b>1,534.1</b>	<b>1,506.4</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.3.4

Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: emisiones 1994-2017 por biocombustible (kt CO<sub>2</sub>)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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 todo el período de reporte del INGEI y *refinación del petróleo* para el período 1994-2002 debido a que en este último año cerró la única refinería. Las emisiones de la *fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas* no ocurren en el país.

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 2,212.7 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 75.4 % desde 1994, debido al aumento de la demanda eléctrica y la generación por fuentes térmicas (búnker, diésel y carbón); y reduciéndose en un 11.2 % desde 2013, debido al aumento de fuentes renovables en la generación eléctrica desde ese año (Tabla 3.17 y Figura 3.6).

**Tabla RE.3.5**

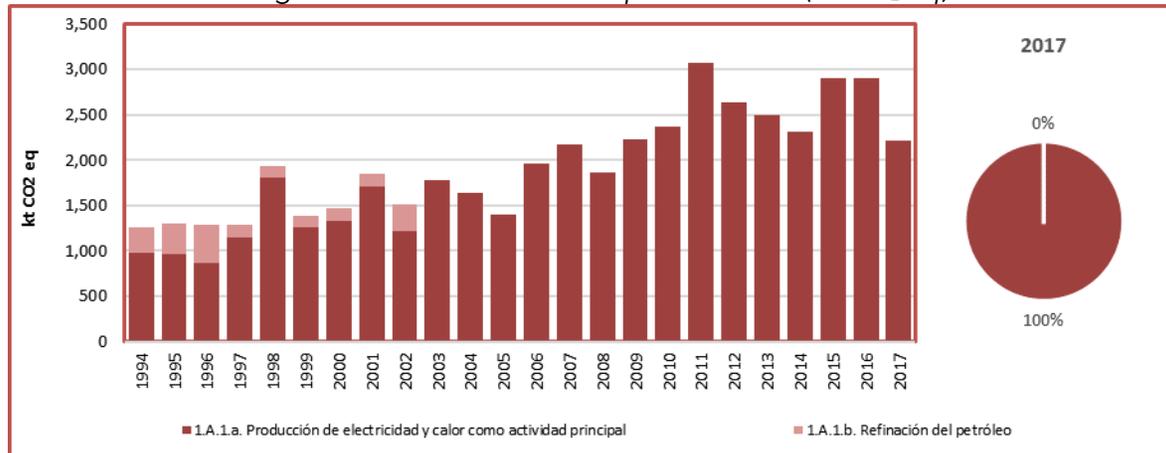
*Industrias de la energía: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Actividad	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	984.0	1,335.3	1,406.3	2,365.5	2,493.2	2,901.9	2,212.7
1.A.1.b. Refinación del petróleo	277.3	128.8	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NO						
<b>Total</b>	<b>1,261.3</b>	<b>1,464.1</b>	<b>1,406.3</b>	<b>2,365.5</b>	<b>2,493.2</b>	<b>2,901.9</b>	<b>2,212.7</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura RE.3.5**

*Industrias de la energía: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

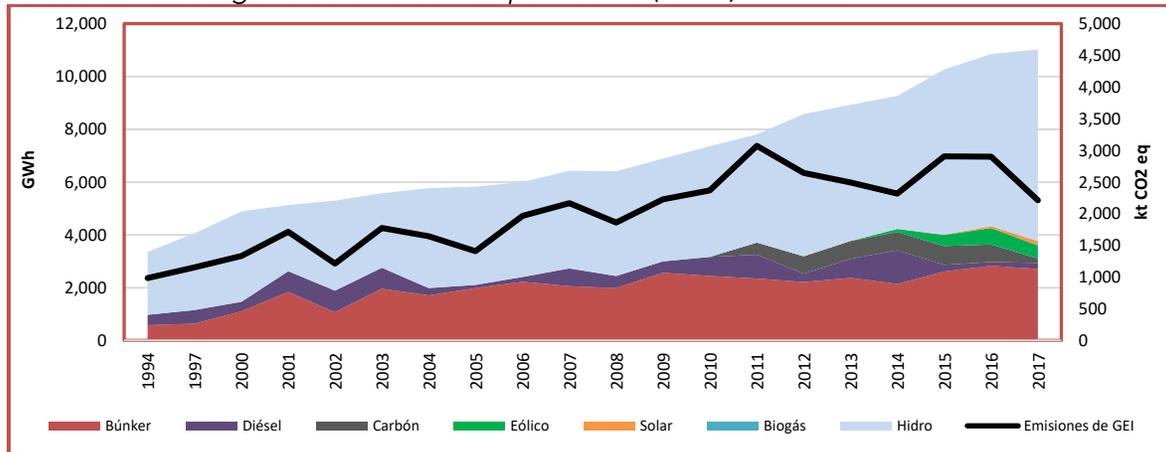


Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 fuelóleo residual en años de baja hidraulicidad, al igual que por la entrada de otro carbón bituminoso en 2011 (Figura 3.7). También se puede ver la reducción en 2017 debido a la incorporación al mercado eléctrico de fuentes renovables no convencionales.

### Figura RE.3.6

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) 1994-2017



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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.

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 1,957.8 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 118.8 % desde 1994, debido principalmente a los megaproyectos resultantes del crecimiento de la economía del país, como la expansión del Canal de Panamá, y reduciéndose en un 22.7 % desde 2013, debido a que en el 2017 no hubo consumo de coque de petróleo en las industrias.

#### 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* y otra parte de *navegación marítima y fluvial* son incluidas en *industrias manufactureras y de la construcción* y *otros sectores* respectivamente, ya que esta información se encuentra agregada en el BEN y no fue posible desagregarla para el presente informe.

La categoría *transporte* es la principal emisora del sector Energía, representando el 51.8 % del sector para el 2017. En este año, las emisiones de GEI contabilizaron

6,387.5 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 265.1 % desde 1994 y en un 42.3 % desde 2013, 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 3.29 y Figura 3.9). Con respecto a las actividades, en 2017, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *transporte terrestre* con un 80.6 %, seguido por *navegación marítima y fluvial* con 18.1 % y *aviación civil* con 1.3 %.

### Tabla RE.3.6

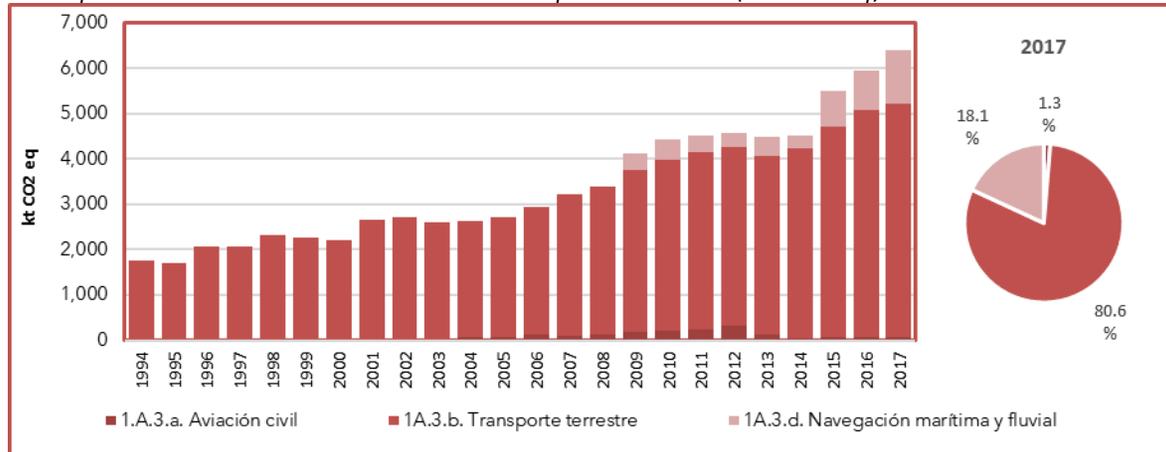
Transporte: emisiones de GEI 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)

Actividad	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.3.a. Aviación civil	9.1	13.6	76.2	218.4	137.6	84.1	83.5
1A.3.b. Transporte terrestre	1,740.4	2,204.4	2,626.7	3,760.7	3,925.8	4,980.1	5,147.2
1A.3.d. Navegación marítima y fluvial	NE	NE	NE	439.2	424.6	873.5	1,156.8
<b>Total</b>	<b>1,749.5</b>	<b>2,218.0</b>	<b>2,702.9</b>	<b>4,418.3</b>	<b>4,488.0</b>	<b>5,937.7</b>	<b>6,387.5</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.3.7

Transporte: emisiones de GEI 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 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*.

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 687.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 73 % desde 1994 y en un 8.4 % desde 2013, debido principalmente al aumento en el consumo de GLP en la actividad *residencial*, de amplio uso en el país para la cocción de alimentos. En esta actividad también se utiliza leña, principalmente en zonas aisladas y de pobreza (Tabla 3.35 y Figura 3.10). Con respecto a las actividades, en 2017, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *residencial* con un 67.7 %, seguido por

comercial/institucional con 25.7 % y agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías con 6.7 %.

### Tabla RE.3.7

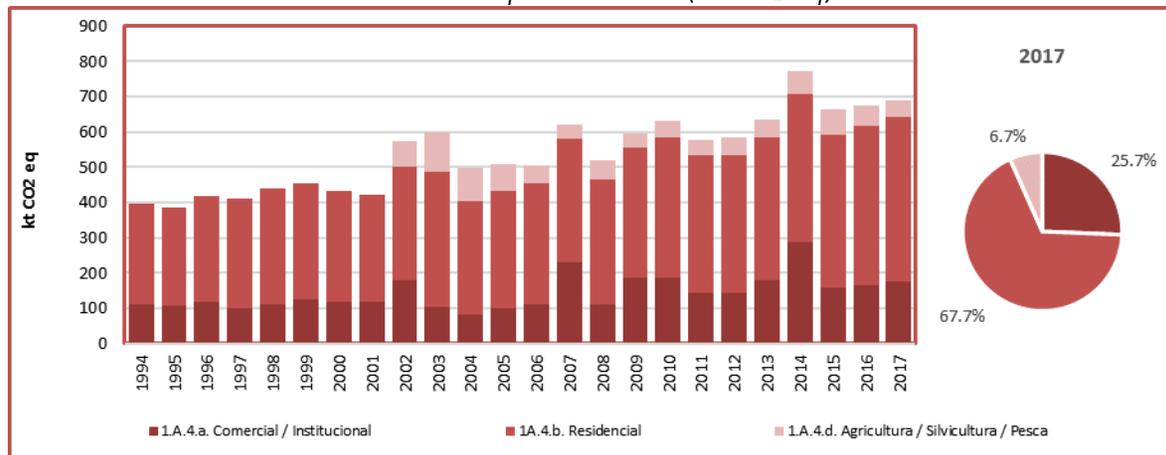
Otros sectores: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)

Actividad	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.4.a. Comercial / Institucional	109.9	117.8	99.1	186.3	177.9	166.0	176.5
1A.4.b. Residencial	287.7	315.7	333.5	398.4	404.8	451.7	465.6
1.A.4.d. Agricultura / Silvicultura / Pesca	0.0	0.0	76.2	46.5	51.9	56.8	45.8
<b>Total</b>	<b>397.6</b>	<b>433.6</b>	<b>508.8</b>	<b>631.2</b>	<b>634.5</b>	<b>674.5</b>	<b>687.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.3.8

Otros sectores: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

## 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* y, por primera vez, se incluyen las categorías de *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. Las categorías *industria química, industria de los metales, industria electrónica* no ocurren en el país, mientras que la categoría *manufactura y utilización de otros productos* no fue estimada por falta de datos de actividad.

El sector IPPU representó un 2.8 % del balance nacional en 2017 (7.0 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,256.8 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un importante 619.3 % desde 1994 y en un 34.2 % desde 2013 (Tabla RE.4.1). La tendencia observada (Figura 4.1) indica un aumento sostenido a partir de 2009 hasta 2014 debido principalmente al aumento en la demanda de producción de cemento consecuencia del desarrollo de destacados proyectos de infraestructura. 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. Con respecto a las categorías que forman parte del sector, en 2017, un 61.0 % corresponde a *industria de los minerales*, un 36.1 % a *uso de productos sustitutos de las SAO*, y un 2.8 % corresponde a *productos no energéticos de combustibles y uso de solventes*. Esto demuestra la importancia que tiene la *industria de los minerales* en las emisiones total del sector.

**Tabla RE.4.1**

Sector IPPU: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)

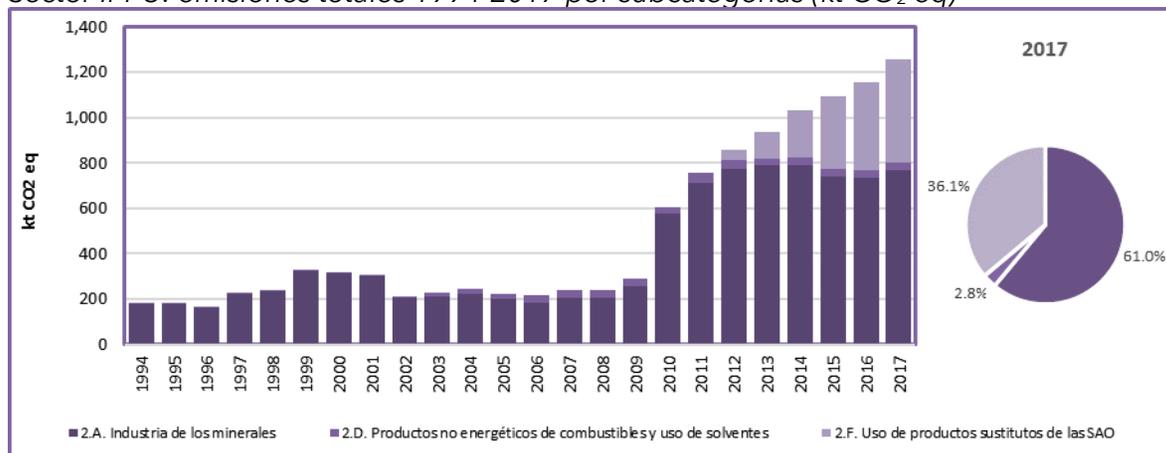
Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
2.A. Industria de los minerales	174.7	312.3	201.7	577.6	791.2	734.1	766.9
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	0.0	0.2	18.0	28.3	28.8	35.6	35.7
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	NO	NO	NO	NO	116.3	386.8	454.1
<b>Total</b>	<b>174.7</b>	<b>312.5</b>	<b>219.7</b>	<b>605.9</b>	<b>936.2</b>	<b>1,156.6</b>	<b>1,256.8</b>

Nota: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura RE.4.1**

Sector IPPU: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones del sector IPPU por tipo de GEI, en el 2017, estuvieron representadas por un 63.9 % de CO<sub>2</sub> y un 36.1 % de HFC. Se destaca el importante incremento de los HFC

desde su ingreso 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, mientras que las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NF<sub>3</sub> y PFC no ocurren en el país. Los gases precursores no se estimaron por falta de tiempo para la aplicación la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

#### **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 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).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de la *producción de cemento* y la *producción de cal*. 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 de desarrolla de manera artesanal.

La categoría *industria de los minerales* es la principal categoría emisora de GEI del sector IPPU. En 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 766.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 339.1 % desde 1994 y reduciéndose en un 3.1 % desde 2013. 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 y de construcción del Metro de Panamá y Panamá Pacífico que luego disminuye a partir de 2014 con la culminación de estos, pero con la construcción de nuevos proyectos como la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de Tocumen y el Puente Atlántico vuelve a aumentar en 2017. Adicional, se integraron las emisiones de GEI generadas por la *producción de cal* en este nuevo INGEI.

#### **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 los primeros usos 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 a procesos o como agente reductor (IPCC, 2006).

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 de datos de actividad y tiempo. Por primera vez esta categoría formará parte del INGEI.

En 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 35.7 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose de forma extrema desde 1994 y con incremento moderado de un 24.1 % desde 2013, debido a las dificultades que presentó la economía nacional previo a 2002 y a la poca información que se lograba conseguir para esos entonces para levantar estadísticas nacionales.

#### **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, 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 es reportada por primera vez como parte del inventario e 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 UNO del MINSA.

En 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 454.2 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 290.7 % desde 2013, debido principalmente a la salida progresiva de los CFC del mercado de refrigerantes 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.

#### **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, 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.

El sector Agricultura representó un 7.6 % del balance nacional en 2017 (19.4 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, sus emisiones alcanzaron 3,463.2 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 5.3 % desde 1994 y disminuyendo en un 10.1 % con respecto al 2013 (Tabla 5.2 y Figura 5.1). El sector de manera general presenta un incremento insignificante 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 reducción en el número de importaciones (Olmedo, 2015). Con respecto a las categorías mayormente emisoras en 2017, un 72.9 % corresponde a la *fermentación entérica*, un 19.0 % a *suelos agrícolas*, y 4.5 % a *gestión del estiércol* y en menor proporción las demás categorías, las cuales en conjunto alcanzan solo el 3.6 %. 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 RE.5.1**

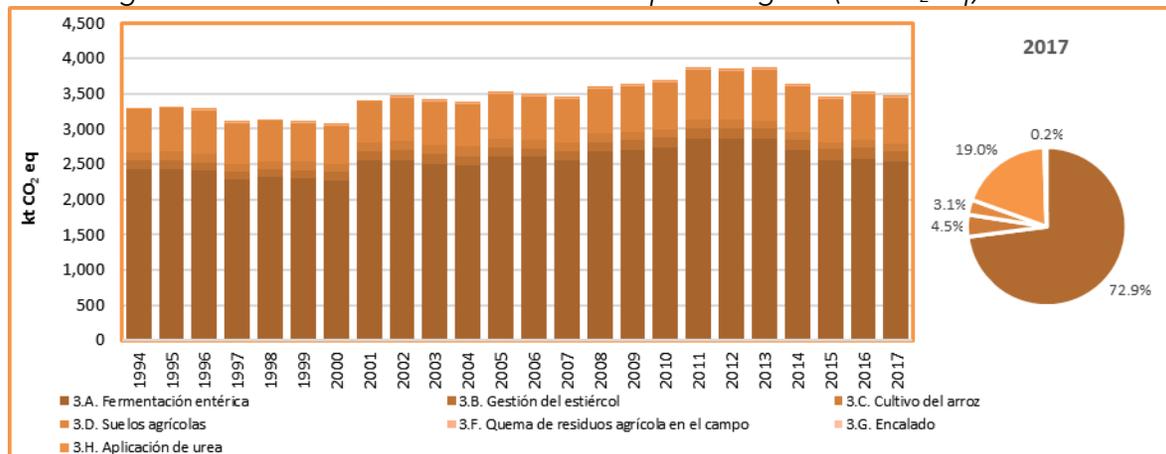
**Sector Agricultura: emisiones totales 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)**

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.A. Fermentación entérica	2,429.3	2,260.7	2,605.1	2,733.0	2,856.5	2,577.5	2,526.3
3.B. Gestión del estiércol	114.5	121.6	120.0	138.4	145.8	153.0	156.1
3.C. Cultivo del arroz	113.2	111.9	139.2	118.1	109.2	104.2	105.8
3.D. Suelos agrícolas	610.8	552.7	626.8	666.3	718.7	660.7	657.6
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	14.8	15.1	15.4	15.4	16.6	12.1	11.0
3.G. Encalado	0.1	0.0	0.6	0.6	0.4	0.2	0.3
3.H. Aplicación de urea	5.5	3.4	4.5	5.2	5.7	5.4	6.1
<b>Total</b>	<b>3,288.1</b>	<b>3,065.5</b>	<b>3,511.6</b>	<b>3,677.0</b>	<b>3,852.9</b>	<b>3,513.2</b>	<b>3,463.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura RE.5.1**

**Sector Agricultura: emisiones totales 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)**



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

En 2017, 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 78.8 %, seguido por un 21.0 % del N<sub>2</sub>O, y un 0.2 % de CO<sub>2</sub>. 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*.

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

Esta categoría aborda las emisiones de CH<sub>4</sub> producto de la actividad agropecuaria en la que el ganado realiza el proceso digestivo por el cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo. 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*.

Respecto a los GEI, la categoría *fermentación entérica* es la principal emisora del sector. En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 2,526.3 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 4.0 % desde 1994 y reduciéndose en un 11.6 % desde 2013 (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 1992-1993, 1997-1998, 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). Por otro lado, el sector pecuario se ha visto beneficiado por las distintas leyes y programas que ejecuta el MIDA que han impulsado la productividad en sus distintas actividades, especialmente entre 2001-2013. Con respecto a las subcategorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 85.5 %, seguido por *vacas lecheras* con 11.6 %, *equinos* con 2.1 %, y el resto de las categorías animales representan solo el 0.8 %.

**Tabla RE.5.2**

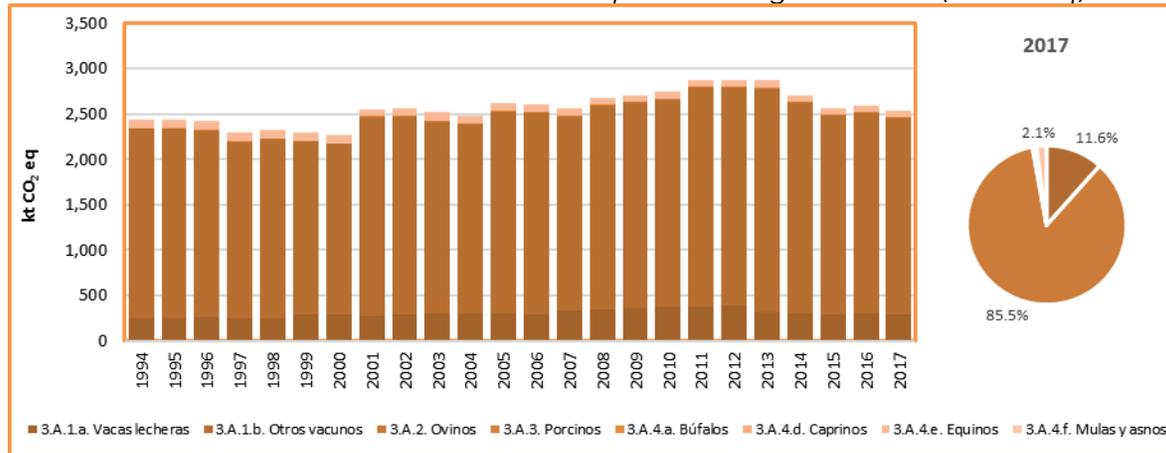
*Fermentación entérica: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategoría animal	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.A.1.a. Vacas lecheras	252.0	282.2	299.4	378.0	322.9	297.3	292.8
3.A.1.b. Otros vacunos	2,083.4	1,885.4	2,220.4	2,278.9	2,457.3	2,205.7	2,160.3
3.A.2. Ovinos	0.6	0.8	1.6	2.4	3.0	3.5	3.6
3.A.3. Porcinos	7.2	7.8	8.0	7.7	9.6	10.9	11.2
3.A.4.a. Búfalos	1.5	1.5	2.5	3.5	3.7	3.7	3.7
3.A.4.d. Caprinos	0.7	0.7	1.0	1.1	1.5	1.9	2.1
3.A.4.e. Equinos	82.8	81.1	71.1	60.5	58.0	53.8	52.0
3.A.4.f. Mulas y asnos	1.1	1.1	1.2	0.8	0.7	0.6	0.6
<b>Total</b>	<b>2,429.3</b>	<b>2,260.7</b>	<b>2,605.1</b>	<b>2,733.0</b>	<b>2,856.5</b>	<b>2,577.5</b>	<b>2,526.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.5.2

Fermentación entérica: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente

### 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 antes de ser aplicado a los suelos u otra forma de uso final (IPCC, 2006).

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.

En 2017, las emisiones de la categoría *gestión del estiércol* contabilizaron 156.1 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 36.3 % desde 1994 y en un 7.0 % desde 2013 (Tabla 5.11 y Figura 5.4), debido al aumento en la demanda de productos como cerdos y aves, las cuales son influenciadas por el precio de la carne, ya que al aumentar el precio de la carne de vacunos, 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 animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 24.7 %, seguido de *aves de corral* con 16.5 %, y *porcinos* con 15.8 %. El resto de las categorías animales alcanzan el restante 13.5 %.

**Tabla RE.5.3**

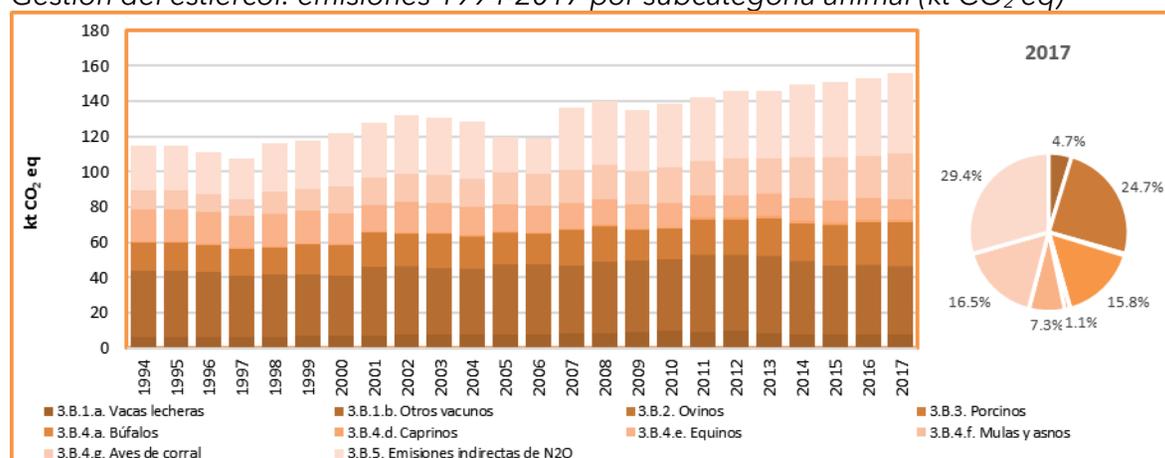
Gestión del estiércol: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategoría animal	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.B.1.a. Vacas lecheras	6.3	7.1	7.5	9.5	8.1	7.4	7.3
3.B.1.b. Otros vacunos	37.2	33.7	39.7	40.7	43.9	39.4	38.6
3.B.2. Ovinos	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6
3.B.3. Porcinos	15.9	17.1	17.6	17.0	21.1	24.0	24.7
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	0.6	0.8	0.9	1.2	1.6	1.7
3.B.4.e. Equinos	18.1	17.8	15.5	13.2	12.7	11.8	11.4
3.B.4.f. Mulas y asnos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.B.4.g. Aves de corral	10.9	14.8	17.6	20.4	20.1	24.2	25.8
3.B.5. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	25.3	30.3	20.8	36.1	38.1	43.9	45.9
<b>Total</b>	<b>114.5</b>	<b>121.6</b>	<b>120.0</b>	<b>138.4</b>	<b>145.8</b>	<b>153.0</b>	<b>156.1</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura RE.5.3**

Gestión del estiércol: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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 siguientes: inundación y riego (*irrigadas*), y chuzo y secano (*alimentadas a lluvia*).

En 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 105.8 kt CO<sub>2</sub> eq, reduciéndose en 6.5 % desde 1994 y en un 3.2 % desde 2013 (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, lo que conlleva al abandono de la actividad por parte de los productores, sumado a la insostenibilidad de las importaciones. Si bien el sistema inundado y riego genera mucho más CH<sub>4</sub> por hectárea que el chuzo y secano, en el país la producción de arroz de este último sistema es mucho mayor, es decir los productores dependen mucho de las lluvias para producir, mientras que el sistema de inundado y

riego requiere de mayor inversión económica, disponibilidad y acceso al agua. Con respecto a las subcategorías, *alimentadas a lluvia* aporta un 58.1 % a las emisiones de CH<sub>4</sub>, mientras que *irrigadas* aporta un 41.9 %.

#### Tabla RE.5.4

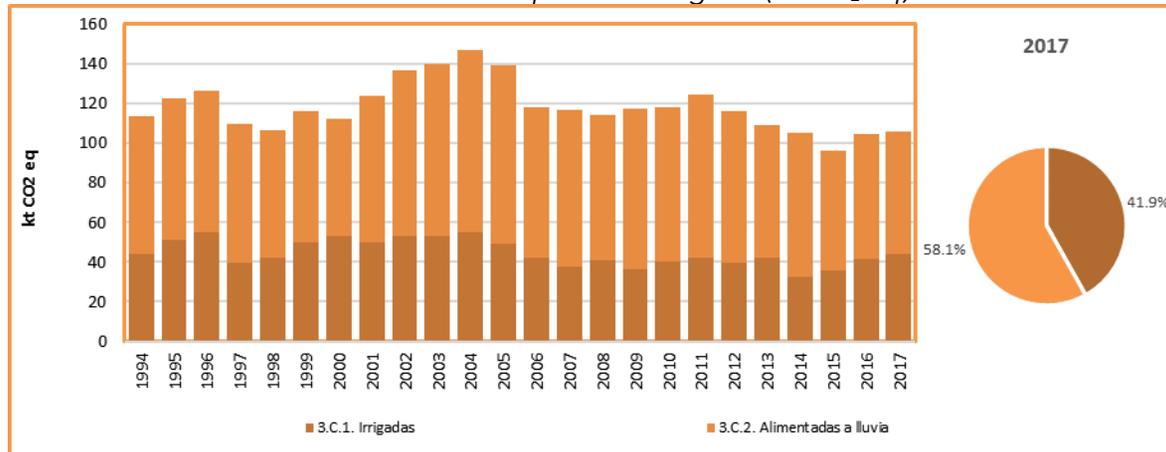
Cultivo del arroz: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.C.1. Irrigadas	44.1	53.1	49.0	40.1	41.9	41.4	44.3
3.C.2. Alimentadas a lluvia	69.1	58.8	90.2	78.0	67.3	62.9	61.5
<b>Total</b>	<b>113.2</b>	<b>111.9</b>	<b>139.2</b>	<b>118.1</b>	<b>109.2</b>	<b>104.2</b>	<b>105.8</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### Figura RE.5.4

Cultivo del arroz: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 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<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*. Además, se incluyen las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los agregados de N a la tierra a través *deposición atmosférica* la 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.

En 2017, las emisiones de la categoría contabilizaron 657.6 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 7.7 % desde 1994 y disminuyendo en un 8.5 % desde 2013 (Tabla 5.28 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, sin embargo, se logra ver un comportamiento de cabezas de ganado hacia la baja, esto se debe a fenómenos climáticos como El Niño, pocos incentivos, precio de los mercados internacionales, entre otros. Al analizar las subcategorías que forman parte de *suelos agrícolas*, se aprecia que están dominadas significativamente por un 80.2 % proveniente de las *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*, mientras que el restante 19.8 % generada por las *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas*.

### Tabla RE.5.5

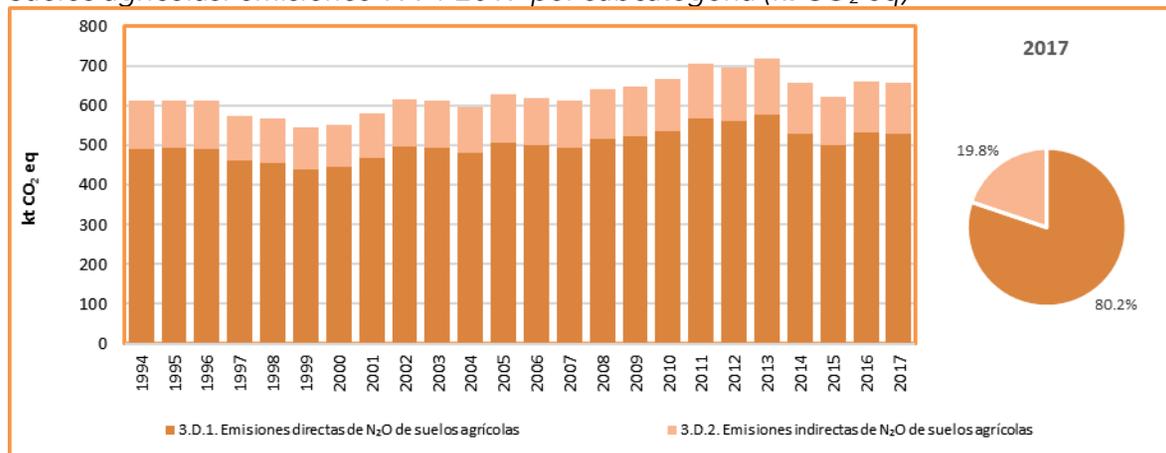
*Suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	490.4	443.6	504.8	535.8	577.8	530.5	527.4
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	120.4	109.1	122.0	130.4	140.8	130.2	130.1
<b>Total</b>	<b>610.8</b>	<b>552.7</b>	<b>626.8</b>	<b>666.3</b>	<b>718.7</b>	<b>660.7</b>	<b>657.6</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.5.5

*Suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Al analizar la subcategoría *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas*, esta contabilizó 527.4 kt CO<sub>2</sub> eq (Tabla 5.29). La principal fuente de N fue la *orina y estiércol depositado por animales de pastoreo*, representando un importante 81.4 %, le siguen los *fertilizantes inorgánicos* aplicado a los suelos con un 12.8 %, y finalmente, los *fertilizantes orgánicos* con un 5.8 % (Figura 5.7).

**Tabla RE.5.6**

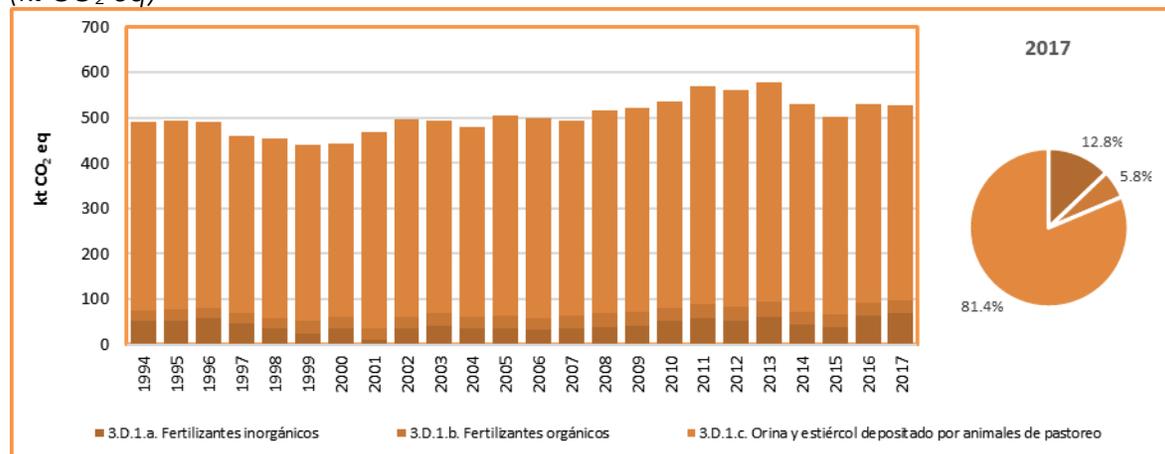
*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	51.4	35.0	36.3	51.1	61.9	62.6	67.7
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	23.4	25.9	27.1	30.5	32.3	30.3	30.6
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	415.5	382.6	441.4	454.3	483.6	437.6	429.2
<b>Total</b>	<b>490.4</b>	<b>443.6</b>	<b>504.8</b>	<b>535.8</b>	<b>577.8</b>	<b>530.5</b>	<b>527.4</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura RE.5.6**

*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 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 130.1 kt CO<sub>2</sub> eq (Tabla 5.30). La principal fuente fue la *lixiviación y escurrimiento* aportando el 55.8 %, mientras que el restante 44.2 % lo aportó la *deposición atmosférica* (Figura 5.8).

**Tabla RE.5.7**

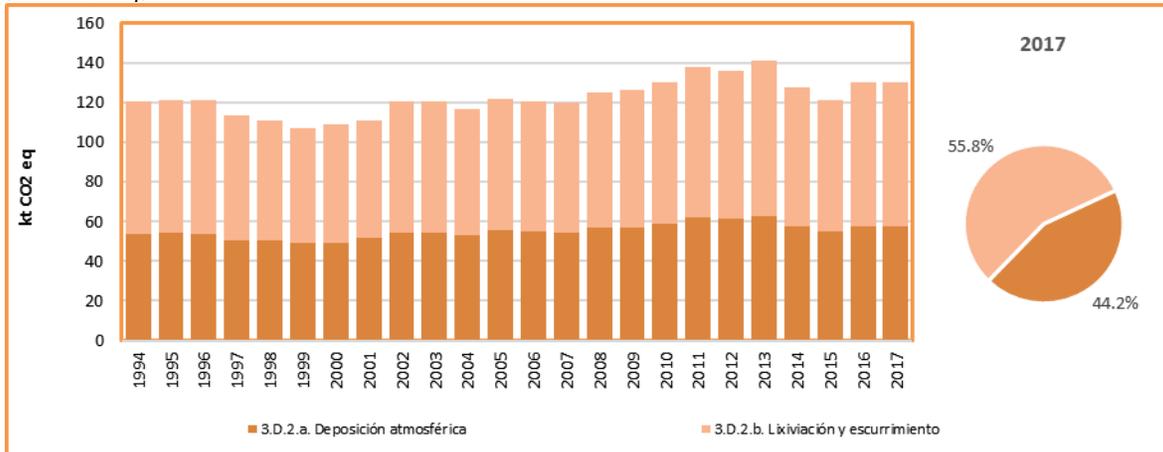
*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.D.2.a. Deposición atmosférica	53.8	49.3	55.3	58.5	62.8	57.8	57.5
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	66.6	59.8	66.7	71.9	78.0	72.4	72.6
<b>Total</b>	<b>120.4</b>	<b>109.1</b>	<b>122.0</b>	<b>130.4</b>	<b>140.8</b>	<b>130.2</b>	<b>130.1</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.5.7

Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### RE.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* del sector UTCUTS. 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. Por lo tanto, las emisiones de GEI han sido incluidas, pero no reportadas en la categoría apropiada.

### RE.5.7. 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 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 INGEI por falta de información.

En 2017, las emisiones de la categoría contabilizaron 11.0 kt CO<sub>2</sub> eq, reduciéndose en 26.9 % desde 1994 y en un 33.6 % desde 2013 (Tabla 5.38 y Figura 5.9). El mayor porcentaje de estas emisiones corresponde a la quema de residuos de *caña de azúcar* con un 99.4 %, 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 solamente un 0.6 %.

### Tabla RE.5.8

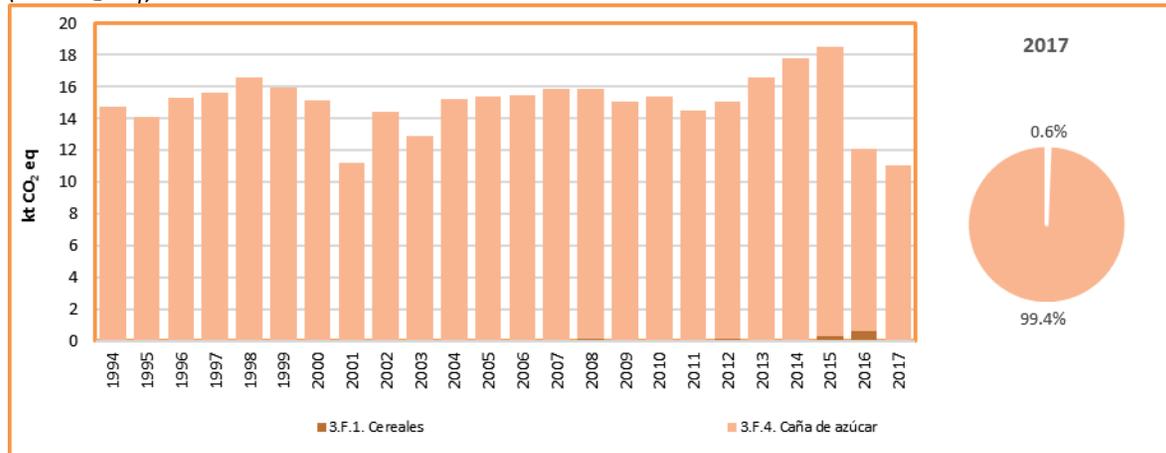
Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.F.1. Cereales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1
3.F.4. Caña de azúcar	14.8	15.1	15.4	15.4	16.5	11.6	11.0
<b>Total</b>	<b>14.8</b>	<b>15.1</b>	<b>15.4</b>	<b>15.4</b>	<b>16.6</b>	<b>12.1</b>	<b>11.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.5.8

Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### RE.5.8. 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, 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.

En 2017, las emisiones de la categoría contabilizaron 0.3 kt CO<sub>2</sub> eq. Estas emisiones representaron un incremento de 219.1 % respecto a 1994. Por otro lado, comparando las emisiones de 2013 con 2017, se presentó una disminución del 15.9 % (Tabla 5.45 y Figura 5.10). Con respecto a los tipos de cal usadas, el mayor porcentaje de emisiones corresponde al uso de *caliza* con un 78.8 %, el restante 21.2 % lo aporta la *dolomita*.

### Tabla RE.5.9

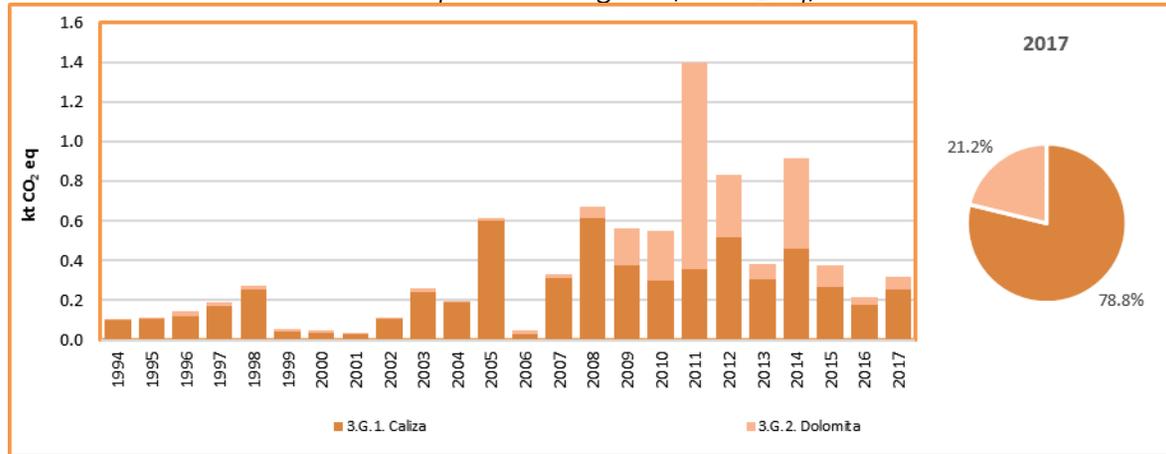
Encalado: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.G.1. Caliza	0.1	0.0	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3
3.G.2. Dolomita	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1
<b>Total</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.5.9

Encalado: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq).



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

## RE.5.9. 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 encima 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.

En 2017, las emisiones contabilizaron 6.1 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 11.4 % desde 1994 y en un 7.7 % desde 2013. Uno de los motivos que explica este aumento es el fenómeno de El Niño, el cual afectó el consumo de fertilizantes para 1997, 1998, 2001, 2002, 2014, y 2015, por lo tanto, influyó significativamente en la producción de cultivos.

## 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 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.

A nivel nacional, el sector UTCUTS posee una relevancia particular ya que es el único sector que absorbe CO<sub>2</sub> de la atmósfera, siendo un sumidero neto. Es así como el sector representa el 60.7 % del balance nacional de GEI en 2017. En el mismo año, su balance alcanzó los -27,629.2 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose favorablemente hacia la absorción neta en un 17.4 % desde 1994, pero disminuyendo en un 2.7 % desde 2013 (Tabla RE.6.1 y Figura 6.1). Esta leve disminución se debe al aumento de las emisiones brutas por la conversión de *tierras forestales* a *pastizales* en los últimos años. El incremento de las absorciones netas reflejado desde 1994 se debe en gran medida al aumento en la cobertura de *rastrojos* y *bosques secundarios* los cuales aportan al aumento de los depósitos de carbono debido, principalmente, al crecimiento de la biomasa. Con respecto a las categorías que aportan mayormente al balance, un 88.0 % corresponde a *tierras forestales*, un 8.8 % a *pastizales*, un 1.8 % a *tierras de cultivo* y un 1.4 % a *asentamientos*. No se registran emisiones en la categoría *humedales* debido a no hay conversión de diferentes tierras a humedales.

### Tabla RE.6.1

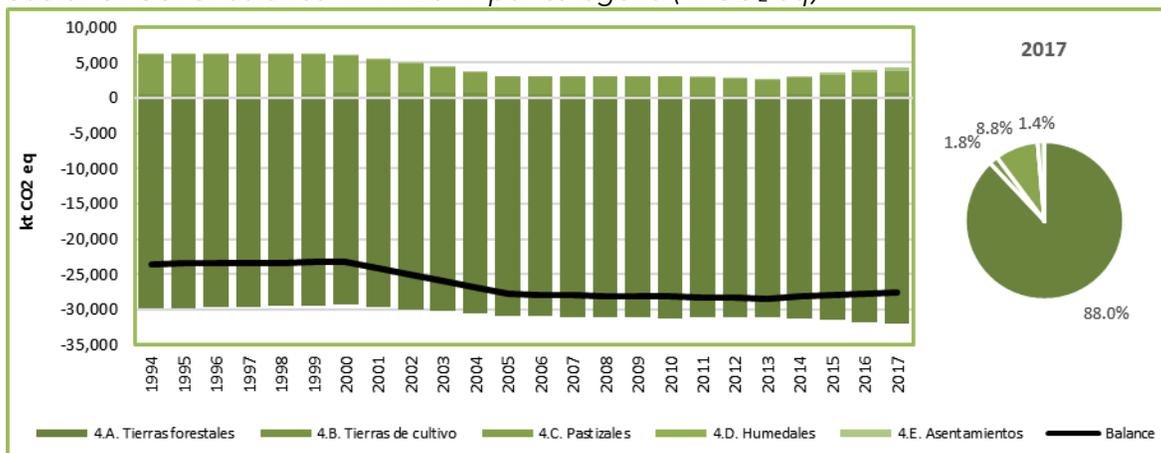
Sector UTCUTS: balance 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.A. Tierras forestales	-29,901.9	-29,314.9	-30,910.7	-31,245.1	-31,058.7	-31,756.6	-31,989.3
4.B. Tierras de cultivo	485.5	636.5	611.3	302.0	389.7	591.5	658.8
4.C. Pastizales	5,650.2	5,387.9	2,473.1	2,751.8	2,158.9	2,940.2	3,200.6
4.D. Humedales	39.5	NO, NE					
4.E. Asentamientos	188.0	56.5	NO	NO	112.9	403.7	500.7
<b>Balance</b>	<b>-23,538.7</b>	<b>-23,234.1</b>	<b>-27,826.3</b>	<b>-28,191.3</b>	<b>-28,397.2</b>	<b>-27,821.2</b>	<b>-27,629.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.6.1

Sector UTCUTS: balance 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Respecto a participación de los GEI individuales, el CO<sub>2</sub> domina la contribución al balance de toda la serie temporal, representando un muy importante 99.7 % en 2017, mientras que el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en conjunto no superan el 0.3 %. 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*.

### RE.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 y tipo de suelo (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.

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 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> .	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.
		Bosque intervenido	Es aquel bosque maduro que ha sido objeto de acciones de extracción de productos forestales como madera, palmito y otros, provocando importantes alteraciones en su estructura y composición florística original. A este bosque también se le clasifica como bosque degradado.
		Plantación latifoliada	Bosque predominantemente compuesto por árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada. Puede ser formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos.
		Plantación conífera	
		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.
Tierras de cultivo	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").
Pastizales	Incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran <i>tierras de cultivo</i> . También incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvopastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.	Pasto	Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.
Humedales	Incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de este (p. ej. las turberas) y que no está dentro de	Humedal	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

<b>Categoría de uso de la tierra según el IPCC</b>	<b>Definición IPCC</b>	<b>Subdivisión según Panamá</b>	<b>Definición de Panamá</b>
	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.		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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Cada categoría, subcategoría y subdivisión de uso de la tierra establecido por el país, a su vez fue desagregada de acuerdo con las regiones climáticas y tipos de suelo 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).

### Tabla RE.6.3

*Segregación aplicada a las subcategorías de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra en el contexto nacional*

Región climática		Tipos suelo	
Tropical Montano (TM)		Suelo de arcilla de alta actividad (AA)	
Tropical muy húmedo (TMH)		Suelo de arcilla de baja actividad (BA)	
Tropical húmedo (TH)		Suelo volcánico (VOL)	
Prácticas de laboreo		Entrada de materia orgánica	
Laboreo total		Entrada alta	
Laboreo reducido		Entrada media	
Sin laboreo		Entrada baja	
Tipos de pastos*			
Pasto mejorado		Pasto moderadamente degradado	
Pasto no degradado		Pasto severamente degradado	

\*Se aplica para el Cambio anual en las reservas de C en suelos minerales

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Para agrupar los datos de actividad por región climática, el equipo de las direcciones de Cambio Climático, Información Ambiental y Forestal trabajaron en conjunto. 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 parcelas del Mapatón se proyectaron sobre el mapa y se usó la herramienta intersecar de ArcGis para que cada una de las parcelas del Mapatón se asociara a una región climática y tipo de suelo específico.

Respecto a la clasificación por tipo de suelo, 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 IDIAP.

Finalmente, establecieron las equivalencias de suelo, y los resultados fueron sometidos a la consideración de expertos en suelo, como el investigador José Villareal.

### 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 (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 el caso de Panamá, estos datos se obtuvieron en su gran mayoría a través del *Mapatón 2017* los cuales se obtuvieron mediante el uso de la herramienta Collect Earth Desktop.

La base de datos del *Mapatón 2017* consta de 13,796 parcelas distribuidas de forma sistemática en el país. La distancia entre parcelas es de 3,000 x 3,000 m. En las provincias de Colón y Darién se intensificó el muestreo y la distancia entre parcelas es de 1,500 x 1,500 m, esto se realizó para detectar la dinámica de cambio en estas provincias donde predomina el uso de las tierras forestales. En cada parcela de muestreo se registró el uso de la tierra que corresponde a una de las 32 categorías de uso de la tierra definidas por el *Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 de Panamá* (MiAMBIENTE, 2015).

Para estimar las superficies de uso de la tierra para 1994 (año de inicio de la serie temporal), se emplearon como referencia los datos de uso de la tierra de 2000 y los datos de 1990 reportados por el *Mapatón 2017*. Sin embargo, para 1990, únicamente se registró el uso de la tierra para las seis categorías de uso de la tierra definidas por el IPCC. Por lo tanto, los datos de actividad desagregados en las 13 categorías para el reporte del país, así como las transiciones entre categorías de uso de la tierra tuvieron que estimarse mediante criterios de expertos. Por ejemplo, si una parcela se registró como *tierra forestal* en 1990 y en 2000 se registró como bosque maduro, se consideró que esta parcela es un bosque maduro que permaneció como tal para el período 1990-2000 (Tabla 6.7).

#### Tabla RE.6.4

Definición de categorías de uso de la tierra para el periodo 1990-2000

Categoría 1990	Categoría 2000	Categoría de uso de la tierra para el período 1990-2000
Tierra forestal	Bosque maduro	Bosque maduro que permanece como bosque maduro
Tierra forestal	Bosque secundario	Bosque secundario que permanece como bosque secundario
Tierra forestal	Bosque intervenido	Bosque intervenido que permanece como bosque intervenido
Tierra forestal	Manglar	Manglar que permanece como manglar
Tierras de cultivo	Cultivo anual	Cultivo anual que permanece como cultivo anual
Tierras de cultivo	Cultivo perenne	Cultivo perenne que permanece como cultivo perenne
Pastizales	Rastrojo	Rastrojo que permanece como rastrojo
Pastizales	Pasto	Pasto que permanece como pasto
Humedales	Humedales	Humedales que permanecen como humedales
Asentamientos	Asentamientos	Asentamientos que permanecen como asentamientos
Otras tierras	Otras tierras	Otras tierras que permanecen como otras tierras

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El diseño de la muestra (la malla de parcelas donde se recoge la información) que se utilizó durante el *Mapatón 2017* está basado en el diseño de la muestra de las parcelas del INFC, para el cual se estableció primero un marco de muestra con puntos cada 3,000 x 3,000 m que cubriera todo el territorio nacional, dando como resultado una cuadrícula con un total de 8,327 puntos. Cada punto de la cuadrícula representa la ubicación potencial del centro de una unidad de muestreo (UM) y se le asignó un número único. El listado de los puntos enumerado fue luego utilizado para seleccionar las UM. La razón para establecer un marco de muestra tan denso fue permitir, en el futuro, hacer una estratificación más fina, incluyendo estratos con poca superficie, si así se decidiera.

Finalmente, se generó una malla de parcelas distribuidas sistemáticamente a nivel de todo el país con un distanciamiento de 3,000 m, para las provincias de Darién y Colón la malla de puntos se intensificó cada 1,500 m debido a que ambas provincias son consideradas según expertos forestales de Panamá, las provincias con mayor tasa de

deforestación del país, durante el periodo de levantamiento del *Mapatón 2017*. El número total de muestras/parcelas corresponden a 13,796 a nivel nacional, de las cuales 4,073 corresponden a Darién, 1,555 a la provincia de Colón.

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

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.

En 2017, el balance contabilizó -31,989.3 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementando la tendencia a la absorción neta en un 7.0 % desde 1994 y en un 3.0 % desde 2013 (Tabla 6.8 y Figura 6.5), esto se debe en gran parte al aporte que hacen las *tierras forestales como rastrojo y bosque secundario* al incremento anual de las existencias de C en la biomasa y, por lo tanto, a la absorción de CO<sub>2</sub>. La subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales* representa el 99.6 % del balance de la categoría, mientras que *tierras convertidas en tierras forestales* representan el restante muy menor 0.4 %.

#### Tabla RE.6.5

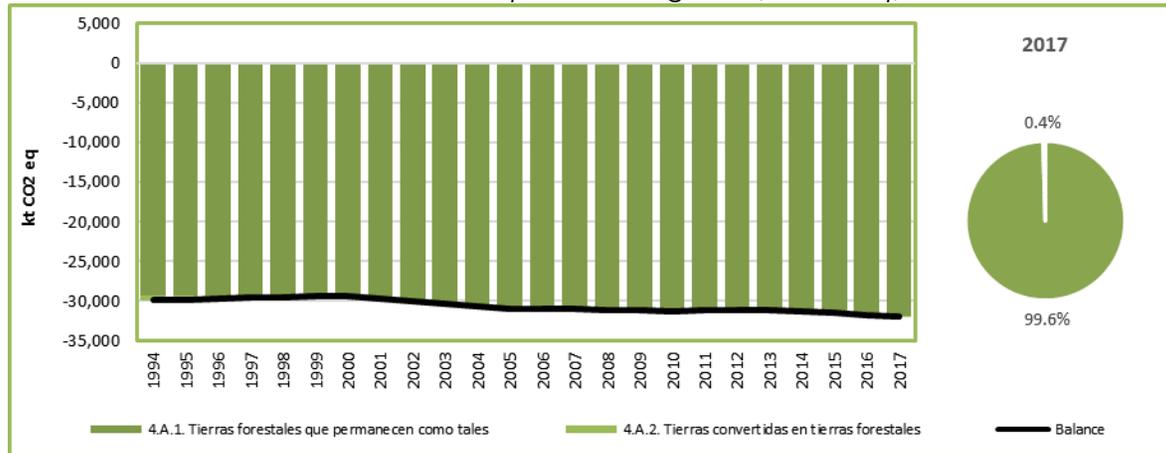
*Tierras forestales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-29,339.3	-29,337.1	-30,865.3	-31,247.0	-30,931.0	-31,620.8	-31,850.7
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	-562.6	22.2	-45.4	1.9	-127.7	-135.9	-138.6
<b>Balance</b>	<b>-29,901.9</b>	<b>-29,314.9</b>	<b>-30,910.7</b>	<b>-31,245.1</b>	<b>-31,058.7</b>	<b>-31,756.6</b>	<b>-31,989.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.6.2

Tierras forestales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Desde un punto de vista relacionado con los tipos de tierra forestal que aportan mayormente al balance de la categoría *tierras forestales* en 2017, un 67.3 % corresponde al balance de GEI para el *rastrojo*, un 24.8 % a *bosque secundario*, y un 3.7 % a bosques de *manglar*, seguidos por *plantaciones latifoliadas* y *coníferas* con un 2.8 % y un 0.5 %, respectivamente. El *bosque intervenido* registra un 0.9 % de emisiones netas en lugar de absorciones (Tabla 6.9 y Figura 6.6). Esto demuestra la relevancia significativa que tienen las subcategorías de rastrojos y bosques secundarios. En cuanto a los manglares, cabe resaltar que las remociones de CO<sub>2</sub> fueron estimadas con base en los cambios en las reservas de biomasa, sin considerar suelos o MOM. Debido a esto, no se estaría reflejando el aporte real de los *manglares*, sin embargo, se tiene contemplado en el plan de mejoramiento, el uso del *Suplemento del IPCC de 2013* sobre humedales costeros.

### Tabla RE.6.6

Tierras forestales: balance 1994-2017 por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)

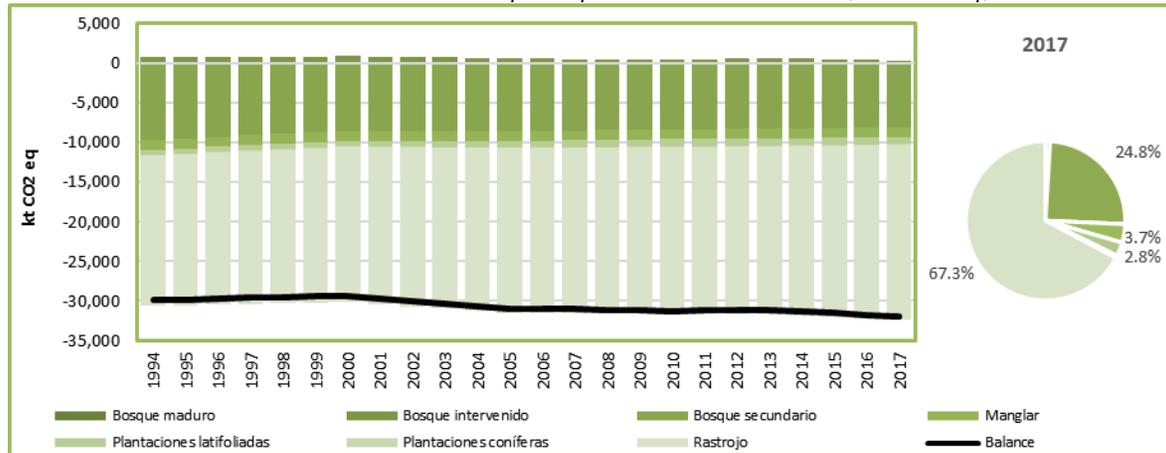
Tipo de tierra forestal	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Bosque maduro	90.7	4.2	1.6	0.3	19.6	4.9	NO
Bosque intervenido	601.2	853.1	551.8	379.2	592.0	376.6	304.8
Bosque secundario	-9,690.5	-8,542.7	-8,620.5	-8,350.9	-8,285.0	-8,124.3	-8,070.8
Manglar	-1,276.2	-1,235.2	-1,224.0	-1,224.0	-1,223.1	-1,220.9	-1,220.1
Plantaciones latifoliadas	-607.8	-675.9	-843.1	-923.0	-918.1	-918.4	-918.5
Plantaciones coníferas	-88.3	-117.2	-6.5	-172.8	-87.5	-141.3	-159.2
Rastrojo	-18,931.0	-19,601.3	-20,769.9	-20,953.8	-21,156.5	-21,733.2	-21,925.4
<b>Balance</b>	<b>-29,901.9</b>	<b>-29,314.9</b>	<b>-30,910.7</b>	<b>-31,245.1</b>	<b>-31,058.7</b>	<b>-31,756.6</b>	<b>-31,989.3</b>

Nota: en el caso de *bosque maduro que permanece como tal* se estima que encuentra en equilibrio, por lo tanto, no su emisión es igual a su absorción.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.6.3

Tierras forestales: balance 1994-2017 por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

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.

En 2017, el balance de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* contabilizó 658.8 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 35.7 % desde 1994 y en un 69.1 % desde 2013 (Tabla 6.19 y Figura 6.9), esto guarda relación con el incremento poblacional y por ende el aumento de la demanda de productos alimenticios que provienen de actividades agrícola en el país. Para ese año en particular, todos los cambios de uso que se registran son de tierras a cultivos anuales.

### Tabla RE.6.7

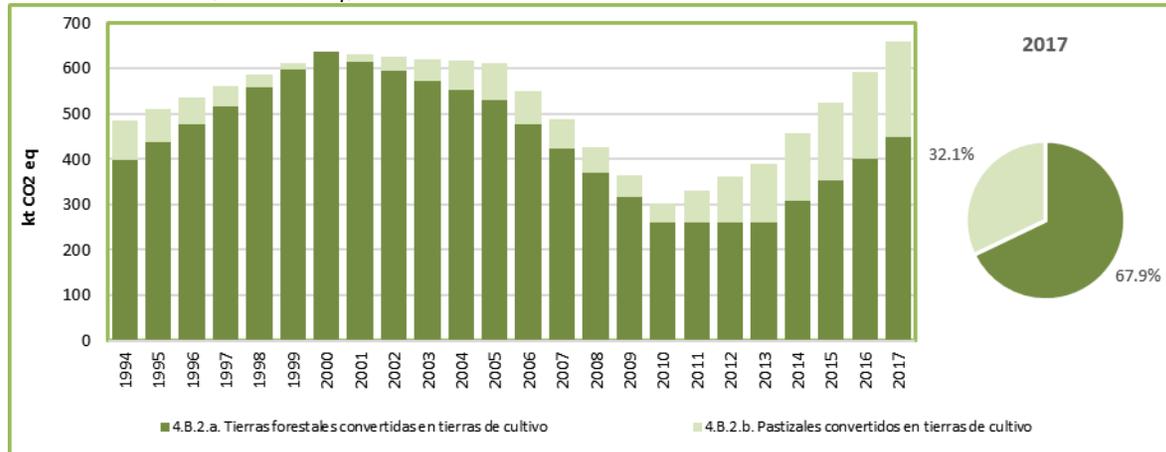
Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categoría de cambio de uso de la tierra	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.B.2.b. Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	397.8	636.5	530.6	261.3	261.4	400.8	447.3
4.B.2.c. Pastizales convertidos en tierras de cultivo	87.7	0.0	80.6	40.6	128.2	190.7	211.5
<b>Balance</b>	<b>485.5</b>	<b>636.5</b>	<b>611.3</b>	<b>302.0</b>	<b>389.7</b>	<b>591.5</b>	<b>658.8</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.6.4

Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 quemaduras de pastizales (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones provenientes de los cambios en la biomasa, MOM y suelos minerales de *tierras convertidas en pastizales*. Para el país los pastos son tierras utilizadas para producir forraje herbáceo, ya sea que este crezca de manera natural o que sea cultivado. Es importante señalar que, de acuerdo con la clasificación del país, los rastrojos se encuentran dentro de *tierras forestales* y no en *pastizales*, por lo que en este sector se registran emisiones netas en lugar de absorciones. También se estiman las emisiones a partir del quemado de biomasa de *pastizales que permanecen como tales*, el país asume que dentro de esta subcategoría se incluyen las emisiones del sector Agricultura de la subcategoría *quemaduras prescritas de sabanas*, debido a que no existe una definición clara de «savana» en el contexto nacional, por lo que no se podrían desagregar.

En 2017, el balance contabilizó 3,200.6 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en un 43.4 % desde 1994 pero aumentando en un 48.3 % desde 2013 (Tabla 6.24 y Figura 6.10), 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 refleja la tendencia a la baja desde 1994 a 2005, de allí se registra un aumento a 2010, disminuyendo en 2013 y volviendo a aumentar en 2017.

### Tabla RE.6.8

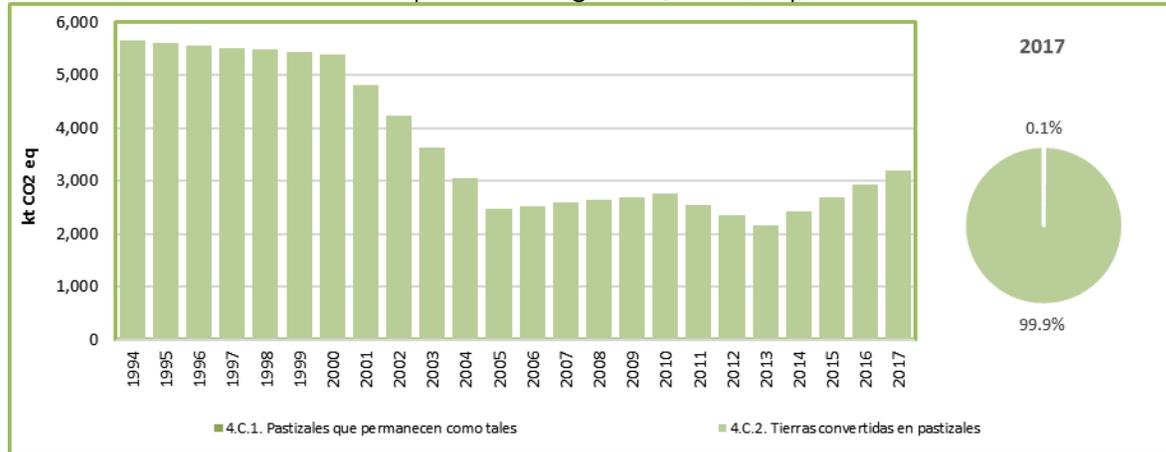
Pastizales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	1.2	1.0	1.6	0.9	0.9	3.2	4.0
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	5,649.0	5,386.9	2,471.5	2,750.9	2,158.0	2,937.0	3,196.7
<b>Balance</b>	<b>5,650.2</b>	<b>5,387.9</b>	<b>2,473.1</b>	<b>2,751.8</b>	<b>2,158.9</b>	<b>2,940.2</b>	<b>3,200.6</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.6.5

Pastizales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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. Mientras que la subcategoría de *tierras inundadas* ocurre en el país –principalmente debido a proyectos hidroeléctricos–, sin embargo, debido a falta de información desagregada proveniente de los datos de actividad geoespaciales no se pudo determinar las emisiones de CH<sub>4</sub> para este INGEI.

Para 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017 no se observan cambios de categorías de *tierras convertidas en humedales*. Sin embargo, se observan cambios de *tierras forestales y pastizales a humedales* (tierras inundadas) para 1994 debido a que, este año en especial, engloba cambios de uso de 1990 a 2000 que se aplicaron 1994 (Tabla 6.29).

### Tabla RE.6.9

Humedales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.D.1. Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	39.5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Balance</b>	<b>39.5</b>	<b>NE, NO</b>					

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 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.

En 2017, el balance de las *tierras convertidas en asentamientos* contabilizó 500.7 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 166.4 % desde 1994 y en un 343.5 % desde 2013 (Tabla 6.31 y Figura 6.12). Las matrices de cambio preparadas para el análisis de cambio y uso de suelo muestran que este aumento de emisiones proviene 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 RE.6.10

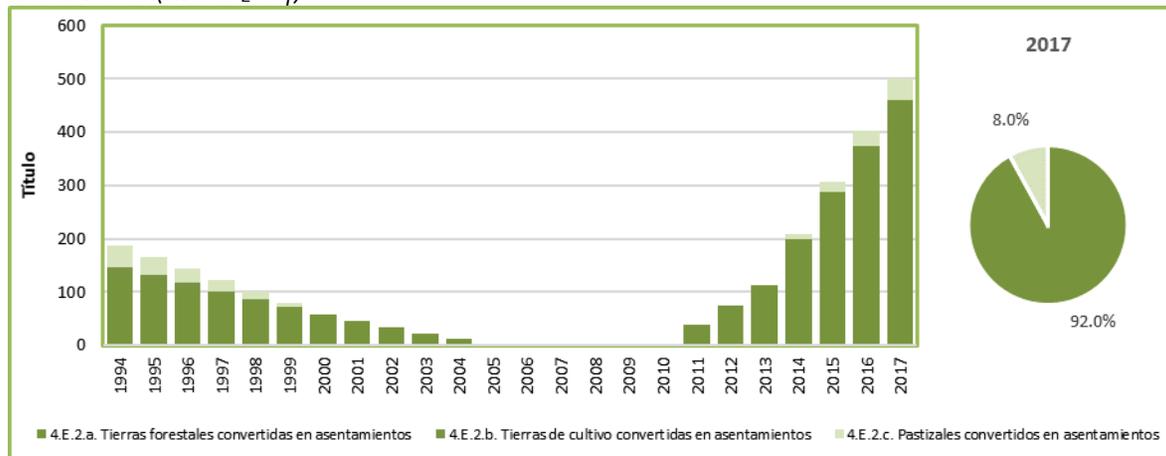
*Tierras convertidas en asentamientos: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas en asentamientos	134.2	56.5	NO	NO	112.9	373.7	460.6
4.E.2.b. Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	13.2	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2.c. Pastizales convertidos en asentamientos	40.6	NO	NO	NO	NO	30.0	40.0
<b>Balance</b>	<b>188.0</b>	<b>56.5</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>112.9</b>	<b>403.7</b>	<b>500.7</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.6.6

*Tierras convertidas en asentamientos: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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, *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.

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

### RE.7.1. Panorama general del sector

El sector Residuos aborda las emisiones GEI por la generadas por la disposición y tratamiento de residuos, esto incluye el CH<sub>4</sub> en la disposición de los residuos sólidos; CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del tratamiento biológico de los residuos sólidos; CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por la incineración e incineración abierta de residuos; y 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 el *tratamiento y eliminación de aguas residuales*. Se realizaron las gestiones para incluir por primera vez la categoría de *incineración e incineración abierta de residuos*, sin embargo, no se recibió la información requerida sobre la cantidad de residuos llevados a disposición final en plantas de incineración. Igualmente, la categoría de *tratamiento biológico de residuos sólidos* no fue incluida –pese a la identificación de pequeños proyectos a nivel nacional– por falta de tiempo para compilar los datos de actividad.

El sector Residuos representó un 4.2 % del balance nacional en 2017 (10.7 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,904.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 166.0 % desde 1994 y en un 13.3 % desde 2013 (Tabla RE.7.1). La tendencia observada (Figura 7.1) indica que existe un incremento en las emisiones que puede atribuirse al crecimiento poblacional que incide proporcionalmente con la generación de residuos sólidos y del uso de sistemas de tratamiento para aguas residuales. 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 en las emisiones del sector Residuos, pero sí son incluidas en el sector Energía. Pese a que es un valor pequeño, esta tecnología logró reducir 1.5 kt CH<sub>4</sub> que equivale a 43.5 kt CO<sub>2</sub> eq atribuidas a la disposición de residuos sólidos. Con respecto a las categorías que forman parte del sector, en 2017, un 70.0 % corresponde a *disposición de residuos sólidos* y un 30.0% a *tratamiento y eliminación de aguas residuales*. Esto muestra la relevancia significativa que tiene la actividad de *disposición de residuos sólidos* a nivel nacional.

**Tabla RE.7.1**

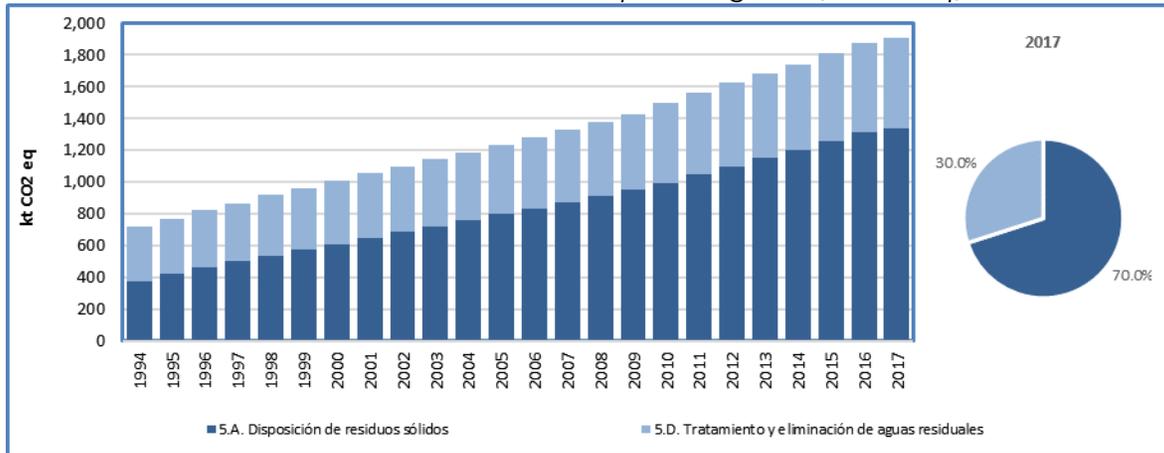
Sector Residuos: emisiones totales 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
5.A. Disposición de residuos sólidos	374.7	610.8	796.2	995.3	1,149.1	1,314.8	1,334.0
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	341.3	400.1	436.9	502.4	531.8	561.6	570.9
<b>Total</b>	<b>716.0</b>	<b>1,010.9</b>	<b>1,233.1</b>	<b>1,497.7</b>	<b>1,680.9</b>	<b>1,876.4</b>	<b>1,904.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura RE.7.1

Sector Residuos: emisiones totales 1994-2017 por categorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones del sector Residuos por tipo de GEI, en el 2017, estuvieron representadas por un 96.2 % de CH<sub>4</sub>, y un 3.8 % de N<sub>2</sub>O. Para las categorías que corresponden, no se contabilizaron las emisiones de CO<sub>2</sub> por falta de datos de actividad o debido a que no aplican. Los gases precursores NO<sub>x</sub>, CO, COVDM y SO<sub>2</sub> no se contabilizaron por falta de recursos para la aplicación la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

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

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 (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.

La categoría *disposición de residuos sólidos* es la principal categoría emisora del sector Residuos. En 2017, las emisiones contabilizaron 1,334.0 kt CO<sub>2</sub> eq. incrementándose en 256.1 % desde 1994 y en un 16.1 % desde 2013. Esta tendencia ha presentado un aumento contante en el tiempo y esto se debe al rápido crecimiento poblacional que incide en los patrones de consumo y es directamente proporcional a la generación de residuos sólidos.

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

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 (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 compilar la limitada estadística del tratamiento y eliminación de este tipo de aguas residuales.

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 571.0 kt CO<sub>2</sub> eq. incrementándose en 67.3 % desde 1994 y en un 7.3 % desde 2013. 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.

## 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, conllevó al recálculo de los INGEI previamente reportados. A continuación, se presentan las diferencias del presente INGEI 1994-2017 con respecto a los tres INGEI reportados previamente por el país ante la CMNUCC, comparables en cuanto a metodología, y se justifican los nuevos cálculos y mejoras en el inventario.

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

Este nuevo INGEI fue elaborado siguiendo los lineamientos establecidos por las *Directrices del IPCC de 2006*, misma metodología utilizada para los INGEI de 2005, 2010 y 2013; a diferencia de los INGEI de 1994 y 2000 que fueron estimados aplicando las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*. Dado que cada INGEI previo fue elaborado por consultorías externas, los métodos, la metodología y las fuentes de datos de actividad no eran comparables o consistentes entre ejercicios, además, no siempre se cuenta con la documentación y archivo de la data utilizada en los INGEI previos, ni los aspectos metodológicos considerados en el proceso de estimación. Esto impulsó la realización de nuevos cálculos para generar una serie 1994-2017 consistente.

El presente INGEI ha sido elaborado por capacidades nacionales, para ello se contó con un ciclo de planificación, elaboración y gestión de alrededor de dos años, lo que hizo posible incrementar la exhaustividad a la hora de obtener los datos de actividad, el mapeo de nuevas fuentes, y la incorporación de factores de emisión propios para el sector UTCUTS. Adicionalmente, los PCG utilizados para los nuevos cálculos son los más recientes publicados por el IPCC en el AR5. Esto último es relevante, ya que para poder hacer las comparaciones entre los INGEI anteriores y el actual, se aplicó los mismos PCG del AR5 a todos los INGEI anteriores.

En consecuencia, y dado lo descrito anteriormente, las diferencias entre el INGEI actual y los INGEI anterior es muy significativa, principalmente con lo que respecta a un marcado y notorio incremento de las absorciones netas de CO<sub>2</sub> del INGEI actual. Esto ha cambiado

por completo el perfil de emisiones y absorciones de GEI del país, pasando de ser un país netamente emisor a ser un país sumidero para toda la serie temporal (Tabla RE.8.1). Esta diferencia está dominada por los cambios del sector UTCUTS y dan como resultado un promedio porcentual de -262.1 % para los años comparados.

### Tabla RE.8.1

INGEI: resumen de las emisiones y absorciones de GEI de Panamá (kt)

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013
INGEI anteriores	24,135.2	5,112.4	6,641.9	8,560.1	17,302.7
INGEI actual	-15,056.5	-13,654.1	-17,187.4	-13,215.4	-11,777.4
<b>Diferencia</b>	<b>-39,191.7</b>	<b>-18,766.5</b>	<b>-23,829.3</b>	<b>-21,775.5</b>	<b>-29,080.1</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-162.4%</b>	<b>-367.1%</b>	<b>-358.8%</b>	<b>-254.4%</b>	<b>-168.1%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Los nuevos cálculos y mejoras han permitido cerrar brechas de información; crear una serie de tiempo más coherente, comparable, completa, exacta y transparente, según los indicadores de la 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 INGEI 1994-2017 incluyó la desagregación de los combustibles kerosene, jet fuel y AV gas para la serie 2005-2017. Adicionalmente, se excluyó el 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*. Se presenta un porcentaje de sobreestimación debido a la falta de información para desagregar el consumo de diesel oil marino de las barcasas 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*.

Una vez el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de Energía, en la medida que fue posible, se realizaron mejoras a la serie temporal. Entre estas mejoras se encuentran:

- Cambio en el factor de conversión de kbep a TJ. Se cambió el de la OLADE (5.81 TJ/kbep) por el de la IEA (6.11 TJ/kbep). Se determinó que este último se adapta mejor a la realidad del país y fue utilizado para los escenarios desarrollados para la CDN1 Actualizada de Panamá.
- Transferencia del diesel oil marino a *navegación marítima y fluvial* nacional para evitar una subestimación de emisiones.
- La incorporación de lo importado en «gases» en el BEN para 2003-2007 en industrias como consumo de gas de horno de coque. Estas no estaban siendo incluidas en INGEI anteriores.
- La adición de un gráfico de correlación entre la diferencia entre el Método sectorial y el Método de referencia y la relación entre la oferta total y el consumo aparente del BEN.

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

- Buscar documentación que sustente 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, y la revisión de información de los años recientes.
- Estrechar formalmente la colaboración del Ministerio de Ambiente con la Secretaría Nacional de Energía en el proceso de mejora del BEN y del inventario sectorial, proveyendo una explicación detallada de la información necesaria con el nivel de desagregación requerido.
- Implementación del siePanamá y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos del BEN y la desagregación de subcategorías, principalmente de *industrias manufactureras y de la construcción*.
- Investigar opciones para la desagregación del consumo de diésel oíl en las barcasas de apoyo del Canal de Panamá del total reportado por la AMP.
- Estimar los datos de consumo de combustible de la *navegación internacional* (1994-2008), utilizando técnicas de empalme de datos de las *Directrices del IPCC de 2006*, como la extrapolación y correlación.
- Investigar las características de la refinería existente para los años anteriores a 2002 y estimar y reportar las emisiones fugitivas de GEI originadas en el transporte, almacenamiento y distribución de productos petrolíferos.

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

El INGEI 1994-2017 incluye cuatro nuevas fuentes de emisiones: *producción de cal*, que había dejado de estimarse; *uso de lubricantes*, antes reportado en el sector Energía; y el *uso de productos sustitutos de las SAO para la refrigeración y aire acondicionado y protección contra incendios*, las que ha presentado estimaciones importantes a pesar de ser una nueva categoría. Adicionalmente, se incluye una nueva fuente de datos para la *producción de cemento* que anteriormente no había sido considerada, permitiendo avanzar en la implementación de un método de Nivel 2.

Una vez el inventario sectorial fue sometido a las revisiones por un experto externo al Equipo técnico de IPPU, se realizaron consultas y se aclararon dudas respecto al manejo de la información de las industrias productoras de cemento y cal, el cual es un grupo muy reducido en el país. Como parte de las mejoras atendidas durante estas revisiones para este INGEI se encuentra el reforzar la transparencia del inventario sectorial al aclarar porqué se presentan las estimaciones en conjunto y se reportan como información confidencial.

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 claves, 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.

- Robustecer la búsqueda de los datos de actividad que no fueron posible conseguir para estos nuevos cálculos. Principalmente la información referente a los pequeños productores de cal, producción de vidrios, el uso de SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos y la data de los sustitutos de las SAO previa a 2012.
- 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

El INGEI 1994-2017 fue elaborado aplicando las *Directrices del IPCC de 2006* en la serie temporal más extensa reportada por Panamá hasta la fecha. Además, el INGEI se desarrolló con capacidades nacionales involucrando a 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. Se determinó que dentro del sector las categorías principalmente emisoras son la *fermentación entérica*, *suelos agrícolas* y la *gestión del estiércol*.

Una vez el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de Agricultura, en la medida que fue posible, se realizaron mejoras a la serie temporal. Entre estas mejoras se encuentran:

- Adición del N de la urea a la suma de fertilizantes sintéticos nitrogenados y ajuste del porcentaje de N de aquellos fertilizantes presentados como mezclas de dos o más fertilizantes en la categoría *suelos agrícolas*.
- Ajuste de la cantidad de N del estiércol que se volatiliza y la cantidad de N del estiércol que se pierde en los sistemas de gestión del estiércol en la categoría *gestión del estiércol*.
- Se determinó, por medio de juicio de experto, que para las *aves de corral* los SGE, pila estática y estiércol de aves con hojarasca, un porcentaje es para alimentación y otra parte es para abono, por lo que se ajustaron estos datos en las hojas de cálculo.
- Ajuste del factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O resultantes de la volatilización (EF<sub>4</sub>) de los caprinos.
- Se incluyeron micrográficos para análisis de las tendencias de los datos de actividad.
- Se ajustaron las tablas de datos de actividad de la cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético para un mayor entendimiento del proceso.

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*.
- 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.

- Estimar aquellas subcategorías que, por falta de datos y tiempo, este último punto debido al COVID-19, no lograron ser estimadas y reportadas.

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

En este INGEI se vuelven a recalcular 1994, 2000, 2005, 2010, 2013 y 2017 con una misma metodología aplicable y consistente para cada uno de los años. 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.

Si bien el trabajo de cálculo y estimación de las emisiones y absorciones del sector UTCUTS fue desarrollado con capacidades nacionales, el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de UTCUTS. Se lograron abordar puntos específicos relacionados a las estimaciones en las hojas de trabajo, y se aclararon dudas relacionadas con la aplicación de las *Directrices del IPCC de 2006*. Sin embargo, el equipo aún necesita fortalecer estas capacidades para futuros INGEI.

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

- Levantar datos de actividad geoespaciales año a año, de modo que no se subestimen emisiones o sobreestimen absorciones por cambios de categorías. Para esto, se pretende realizar un análisis estadístico exhaustivo de las parcelas, y asegurar que todas las categorías tengan la misma probabilidad de ser muestreadas.
- Realizar la colecta de datos de actividad con Collect Earth Online ya que, a juicio de los expertos de la DIAM, esta presenta más herramientas para asegurar la calidad de los datos.
- 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.
- 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.
- Entablar sinergia directa con la DIFOR del Ministerio de Ambiente para establecer una metodología de cómo se requieren los datos de aprovechamiento forestal (plantaciones comerciales y bosque natural). 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 forestales, en conjunto con los actores clave, con el fin de mejorar la calidad de estos datos de actividad.

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

Los resultados de la serie temporal han arrojado diferencias importantes al realizar una comparativa con los INGEI previos. En el caso de la categoría de *disposición de residuos sólidos*, las diferencias se atribuyen a que las estimaciones han sido 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.

El inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de Residuos donde se realizaron consultas y se aclararon dudas respecto al uso de ciertos factores de emisión en los cálculos, debido a que la mayor parte de los datos utilizados son estimados al no contar con información de país. El recálculo de las estimaciones tomando en consideración estos comentarios serán aplicados para el siguiente INGEI, y esto ha sido expuesto en los reportes siguiendo el principio de transparencia.

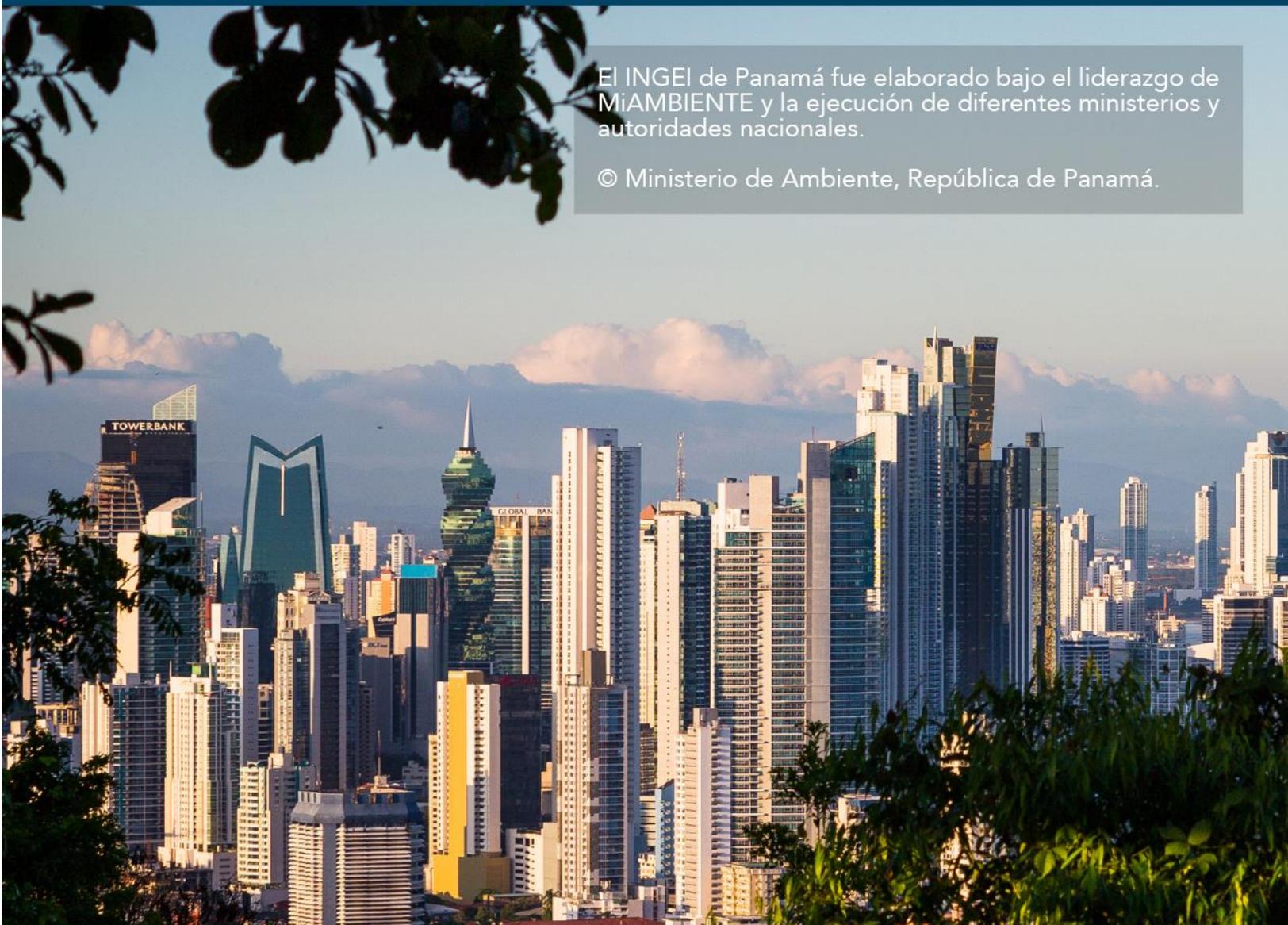
Como parte del plan de mejora del inventario del sector Residuos se ha considerado lo siguiente:

- Estimar la categoría *incineración y quema abierta de residuos* ya que se cuenta con la información para hacer el cálculo utilizando factores de emisiones correspondientes al método de Nivel 1. Esto no se pudo realizar en esta oportunidad debido a que la información no se recibió en el periodo establecido.
- Implementación de un sistema de registro de los volúmenes que ingresan a los sitios de disposición de residuos a nivel nacional.
- Cálculo de una tasa de generación aproximada desde 1970 para la categoría *disposición de residuos sólidos*, que haría que las estimaciones varíen ya que el método de DPO está basado en el cúmulo de residuos depositados en los sitios de disposición.
- Corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.
- Distinción de comunidades a nivel nacional en donde sea una práctica común la quema de residuos, ya que están incluidos en el flujo de disposición en sitios. Se requerirán de estudios para determinar el porcentaje de los distritos y por consiguiente, las provincias que realmente depositan en vertederos.
- 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.

# 1 INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 1994-2017

El INGEI de Panamá fue elaborado bajo el liderazgo de MiAMBIENTE y la ejecución de diferentes ministerios y autoridades nacionales.

© Ministerio de Ambiente, República de Panamá.



# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PANAMÁ 1994-2017

Este documento presenta el primer *Informe del Inventario Nacional 2020, que incluye el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 1994-2017*<sup>3</sup> (IIN 2020), como parte de los compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

En este capítulo se incluyen las generalidades del cambio climático y de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GEI), seguido de una descripción de los arreglos institucionales; el proceso de planeación, elaboración y gestión del inventario; aspectos metodológicos, categorías principales, análisis de incertidumbre y exhaustividad.

## 1.1. Antecedentes generales sobre los inventarios y el cambio climático

### 1.1.1. Cambio climático

La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de GEI son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado (IPCC, 2014).

Las emisiones antropógenas de GEI han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) sin parangón en por lo menos los últimos 800,000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX (IPCC, 2014).

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>3</sup> El *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Panamá 1994-2017* es parte de los anexos técnicos que acompañan al *Segundo Informe Bienal de Actualización de Panamá*. El Informe proporciona información detallada del proceso de desarrollo, aspectos metodológicos y resultados del inventario 1994-2017.

Para cumplir con dicho objetivo, el artículo 4 de la CMNUCC manifiesta que las Partes deberán elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes (COP), de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la COP.

### 1.1.2. Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

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 1994 a 2017) 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.

Para la elaboración de los inventarios, los países en desarrollo deben aplicar las directrices metodológicas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (más información en la Sección 1.4), mientras que, para su presentación ante la COP, se debe seguir las disposiciones de presentación de información del Anexo III. *Directrices de la Convención Marco para la presentación de los informes bienales de actualización de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención (Directrices para los IBA)* de la Decisión 2/CP.17. De esta manera se asegura la calidad, coherencia y comparabilidad entre todos los inventarios.

Los países en desarrollo deberían presentar sus inventarios cada dos años como parte de sus informes bienales de actualización y cada cuatro años como parte de las comunicaciones nacional. En general, según las *Directrices para los IBA*, los inventarios deben incluir las emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub>, y las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, mientras que se les alienta a reportar las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), y los gases precursores como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), y otros gases no controlados por el Protocolo de Montreal, como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

En el contexto nacional, en el Texto Único de la Ley No. 41 de 1 de julio de 1998 se le dicta como responsabilidad al Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE), junto con el apoyo de otras instituciones la elaboración y publicación de inventarios de manera periódica, los cuales son incluidos en las comunicaciones nacionales e informes bienales de actualización como parte de los compromisos nacionales ante la CMNUCC. Ante tan importante tarea, la República de Panamá reglamenta el capítulo II del Título V del Texto Único de la Ley No. 41 de 1998, mediante el Decreto Ejecutivo No. 100 de 20 de octubre de 2020, por el cual se regirá la elaboración de los inventarios por fuentes y absorciones por sumidero de carbono, la estrategia de desarrollo económico y social baja en carbono y otros instrumentos relacionados al desarrollo sostenible, inclusivo, bajo en emisiones y resiliente a la crisis climática como las contribuciones determinadas a nivel nacional.

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).

En línea con lo anterior, Panamá presentó su primer inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) como parte de la *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*<sup>4</sup>, tomando 1994 como año de referencia de conformidad con la Decisión 10/CP.2. Posteriormente, en su *Segunda Comunicación Nacional*<sup>5</sup> se presentó el segundo INGEI con base en 2000. El tercer INGEI, presentado en la *Tercera Comunicación Nacional*<sup>6</sup>, hace referencia a 2005 y 2010. El cuarto INGEI, que forma parte del *Primer Informe Bienal de Actualización*<sup>7</sup>, incluye las emisiones y absorciones de GEI para 2013. Finalmente, en 2021, Panamá presentó su quinto INGEI en el *Segundo Informe Bienal de Actualización*<sup>8</sup>, el que incluye por primera vez una serie temporal completa de las emisiones y absorciones de GEI desde 1994 a 2017 y el presente IIN 2020, primer informe de esta índole que el país realiza.

Panamá constituye al INGEI como la base científica para la formulación de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos nacionales que contribuyan a la reducción de GEI según lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 100 de 2020.

## 1.2. Arreglos nacionales de Panamá para el INGEI

### 1.2.1. Arreglos institucionales, legales y procedimentales

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*

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

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

<sup>6</sup> Disponible en [Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Panamá](#)

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

<sup>8</sup> Disponible en [Segundo Informe Bienal de Actualización de Panamá](#)

*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, el Ministerio de Ambiente –mediante el Departamento de Mitigación– es la entidad responsable de elaborar periódicamente los INGEI con el apoyo de otras instituciones, como el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Ministerio de Salud, Ministerio de Comercio e Industrias, Secretaría Nacional de Energía (SNE), Autoridad Nacional de Aduanas (ANA), Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), entre otros.

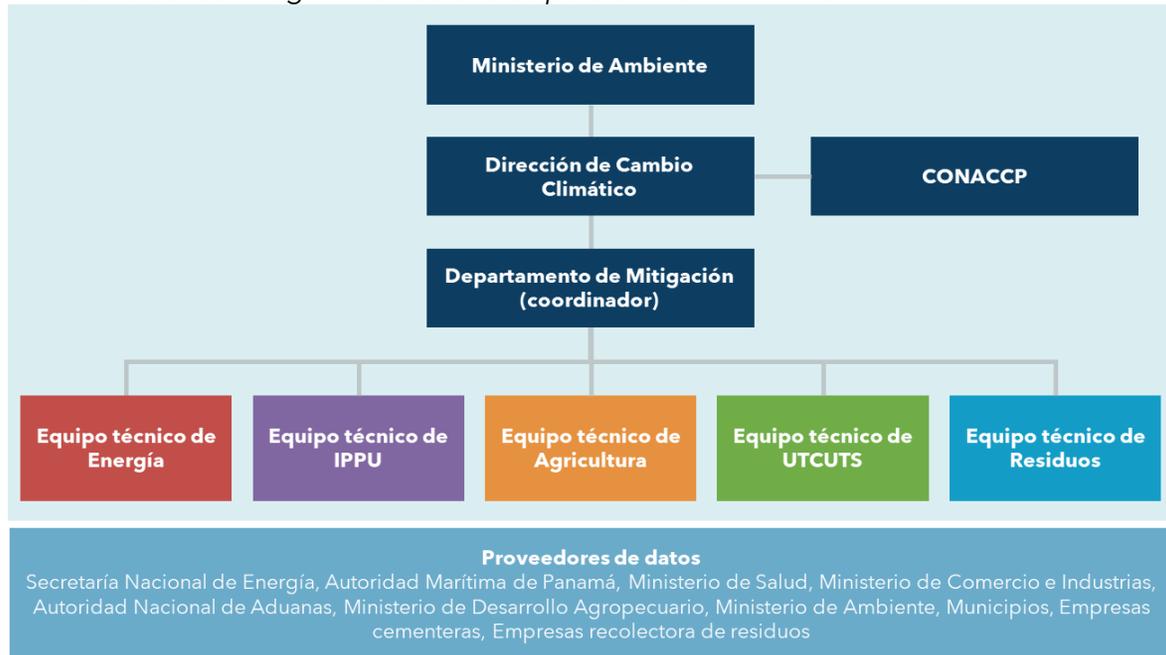
La base jurídica que respalda la potestad atribuida al Departamento de Mitigación para la coordinación del INGEI es la siguiente:

- Artículo 87 del Texto Único de la Ley No. 41 de 1 de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá, dispone que «El Ministerio de Ambiente, con el apoyo de otras instituciones, elaborará y publicará periódicamente un inventario nacional de emisiones por fuentes y absorciones por sumidero de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal».
- El Artículo 15 del Decreto Ejecutivo No. 100 de 20 de octubre de 2020, indica que «corresponderá al MiAMBIENTE, como punto focal de la CMNUCC, elaborar, actualizar y presentar un inventario nacional de GEI a la Secretaría de esta Convención, cada dos años o según las obligaciones internacionales adquiridas».
- Decreto Ejecutivo No. 36 de 28 de mayo de 2018, que establece la nueva estructura orgánica y el manual de organización y funciones del Ministerio de Ambiente, y dicta otras disposiciones, asigna específicamente al Departamento de Mitigación de la Dirección de Cambio Climático del MiAMBIENTE la función de «Elaborar bienalmente, con el apoyo de otras instituciones, un inventario nacional de emisiones por fuentes y absorciones por sumidero de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal».

El Ministerio de Ambiente, aparte de ser el representante del país ante la CMNUCC, tuvo la responsabilidad de crear y actualizar capacidades técnicas según las necesidades nacionales, mientras que el Comité Nacional de Cambio Climático de Panamá (CONACCP), facilitó la comunicación interinstitucional entre los diferentes involucrados en la elaboración del INGEI y la validación de este informe. Por otro lado, el proceso de planificación, elaboración y gestión estuvo coordinado por el Departamento de Mitigación, en donde fue necesario el apoyo de diferentes instituciones y organizaciones (Figura 1.2). Se contó con cinco equipos técnicos sectoriales con sus respectivos líderes y puntos focales interinstitucionales esenciales para la recopilación de información y los cuales cumplieron un rol como proveedores de datos. Cabe destacar que por primera vez el equipo técnico del INGEI estuvo conformado en su gran mayoría por técnicos y expertos nacionales.

## Figura 1.2

Estructura de los arreglos institucionales para el INGEI 1994-2017



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

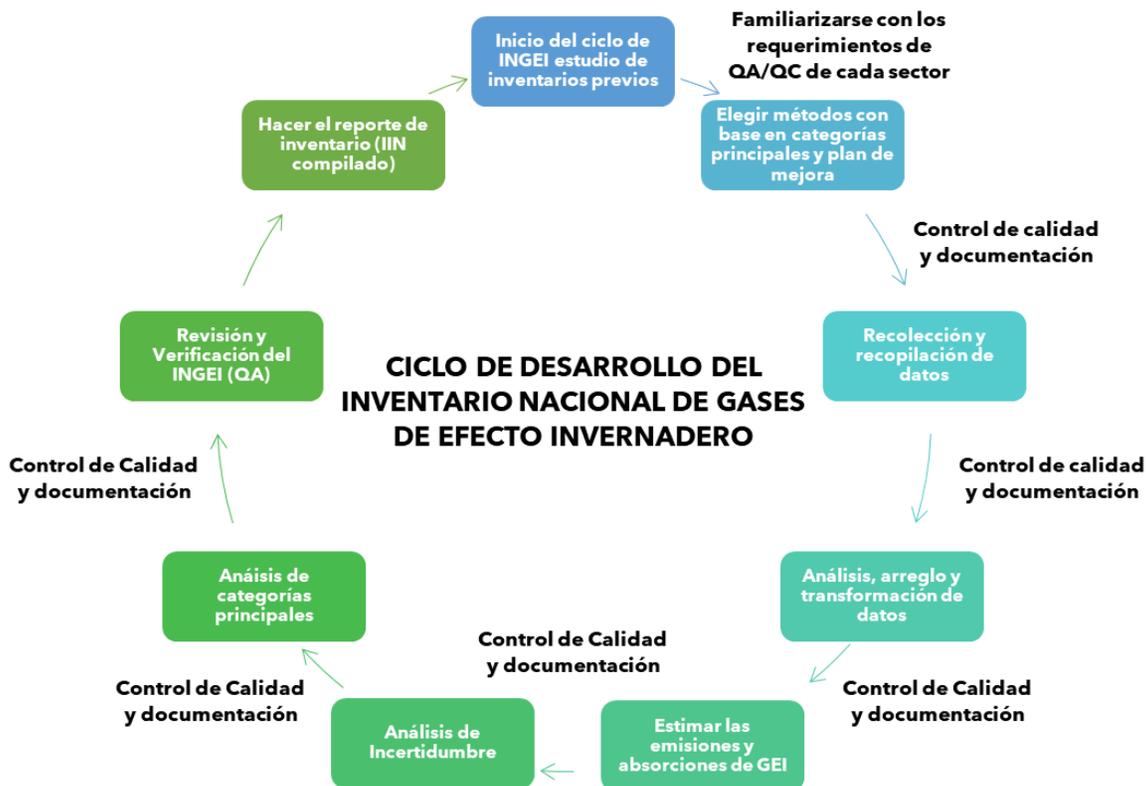
### 1.2.2. Generalidades de la planificación, elaboración y gestión del inventario

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.

La planificación inicia en el 2018, con el estudio de los INGEI previos para poder contar con los procedimientos necesarios, una elaboración eficaz y el aprovechamiento de los recursos disponibles. La fase de elaboración, la más compleja y que mayor tiempo toma debido a lo difícil que puede resultar la recopilación de datos de actividad, factores de emisión y elección de la metodología de estimación, es clave para mejorar la calidad del INGEI. Por último, la etapa de gestión asegura que una vez presentado el INGEI, la información sea archivada y documentada de manera correcta, puesto que es la base para el próximo INGEI. A continuación, en la Figura 1.3. se presenta un diagrama del ciclo de desarrollo del INGEI 1994-2017.

**Figura 1.3**

Ciclo de desarrollo del inventario de GEI de Panamá



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*.

### 1.2.3. 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 línea con las *Directrices del IPCC de 2006*, Panamá ha implementado una serie de actividades y procedimientos de GCCV para el presente INGEI 1994-2017, las cuales son la base para la futura implementación de un sistema de GCCV en el marco del Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (SSINGEI). Las principales definiciones y actividades de calidad implementadas para el presente INGEI se describen a continuación.

#### 1.2.3.1. 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 de INGEI: lista de verificación detallada para el informe del inventario sectorial.

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

### **1.2.3.2. 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 1994-2017 –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 (ver 0). 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.

### **1.2.3.3. 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 1994-2017 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.

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

Es importante mencionar que los arreglos institucionales de Panamá para la elaboración de sus INGEI se encuentran en pleno proceso de cambio desde 2018.

Los INGEI previos presentados por Panamá, con excepción de la *Primera Comunicación Nacional*, han sido elaborados con el apoyo de servicios externos de consultoría debido a la falta de experiencia técnica y arreglos institucionales nacionales. En este sentido, para el presente INGEI, Panamá da un gran paso ya que decide liderar el proceso de desarrollo su INGEI 1994-2017 de manera interna, para lo cual requirió 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. Es así como a partir de la elaboración del *Segundo Informe Bienal de Actualización*, la serie de tiempo de los INGEI del país se realiza con capacidades nacionales.

Además de lo anterior, y en el contexto de aumentar la frecuencia con la que los países en desarrollo presentan información para dar cumplimiento a sus nuevos compromisos sobre los inventarios, resulta imperativo que el proceso de elaboración de los INGEI del país sustituya por completo el antiguo enfoque basado en proyectos y consultorías por un nuevo enfoque internalizado e institucionalizado, lo que contribuirá a que el país presente la información requerida puntualmente y el uso de los recursos disponibles sea más eficiente.

Entendiendo estos nuevos desafíos relacionados con el incremento de la periodicidad para la presentación de inventarios, y como una forma de prepararse ante el marco de transparencia reforzado del Acuerdo de París, es que Panamá decide diseñar, implementar y mantener 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 para proporcionar información cada vez más útil de acuerdo con las tendencias nacionales de GEI del país.

Lo anterior se materializa 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. Dicho proceso se llevó a cabo de manera paralela a la elaboración del presente INGEI 1994-2017, por lo que su implementación regirá a partir de los próximos ciclos de actualización.

#### **1.3. Elaboración del INGEI 1994-2017 y gestión de la información**

Como se mencionó en la sección anterior, la planificación, elaboración y gestión del presente INGEI se realizó de manera paralela con el diseño y establecimiento del SSINGEI, por lo que al identificar actores claves en el INGEI se realizaron diversos talleres y mesas de trabajo para que los líderes de los inventarios sectoriales pudieran establecer relaciones con los puntos focales de las instituciones y elaboraran sus cronogramas de

trabajos. Durante este proceso fue valioso el apoyo recibido a través del intercambio de experiencias bajo el marco de transparencia reforzado del Acuerdo de París, establecido bajo la cooperación bilateral entre el Ministerio de Ambiente de Panamá y el Ministerio de Medio Ambiente de Chile.

Los cronogramas de trabajo de cada inventario sectorial establecían aspectos como el levantamiento de información; el cálculo de las emisiones y absorciones de GEI; y la elaboración de los informes sectoriales, utilizando las *Directrices del IPCC de 2006* y el IPCC Inventory Software para aquellos sectores en los cuales era posible utilizarlo para realizar los cálculos de forma homogénea.

Una vez iniciada la elaboración del INGEI 1994-2017, la transferencia de información 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 1.4.

**Figura 1.4**

*Diagrama de flujo de información para el INGEI 1994-2017*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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. El FCR permite dar cumplimiento a los requerimientos de las *Directrices para los IBA*.

#### 1.4. 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 1994-2017– 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, 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.

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*

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del 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).

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

## 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 1994-2017 se incluyen en la Tabla 1.2 y la 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 para 2017

Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		HFC		PFC	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
<b>0. Todas las emisiones y las absorciones nacionales</b>	<b>T2, T1, C, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, OT, D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T1a, NE, NO</b>	<b>D, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
<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	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO				
1.A.1. Industrias de la energía	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO				
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO				
1.A.3. Transporte	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO				
1.A.4. Otros sectores	T1	D	T1	D	T1	D				
1.A.5. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO				
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO				
1.B.1. Combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO				
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO				
1.C. Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>	NO	NO								
<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>
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
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	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO				
2.E. Industria electrónica							NO	NO	NO	NO
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO							T1a, NE, NO	D, NE, NO	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. Agricultura</b>	<b>T1, NO</b>	<b>D, NO</b>	<b>T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>D, IE, NA, NE, NO</b>				
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, NE, NO	D, NE, 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								

Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		HFC		PFC	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.J. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO				
<b>4. UTCUTS</b>	<b>T2, T1, NA, NE, NO</b>	<b>PE, OT, D, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>				
4.A. Tierras forestales	T2, T1, NO	PE, OT, D, NO	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO				
4.B. Tierras de cultivo	T2, T1, NA, NE, NO	PE, D, NA, NE, NO	T2, T1, IE, NO	D, IE, NO	T2, T1, IE, NO	D, IE, NO				
4.C. Pastizales	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO	T2, T1, NO	D, NO	T2, T1, NO	D, NO				
4.D. Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO				
4.E. Asentamientos	T2, T1, NA, NO	PE, D, 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	NE								
4.H. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO				
<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				
<b>Elementos informativos</b>										
Tanques de combustible internacional	T1	D	T1	D	T1	D				
Aviación internacional	T1	D	T1	D	T1	D				
Navegación internacional	T1	D	T1	D	T1	D				
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					NE	NE				
CO <sub>2</sub> indirecto	NE	NE								

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla 1.3**

Resumen de los métodos y factores de emisión aplicados en el inventario de Panamá por GEI, sector y categoría para 2017

Categorías de fuente y sumidero de GEI	SF <sub>6</sub>		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	Método aplicado	Factor de emisión
<b>0. Todas las emisiones y las absorciones nacionales</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</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. 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					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1. Industrias de la energía					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3. Transporte					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.4. Otros sectores					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.A.5. Otros (especificar)					NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.B.1. Combustibles sólidos					NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.C. Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>												
<b>2. IPPU</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NA, NE, NO</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	NO	NO
2.C. Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes					NO	NO	NO	NO	NE, NO	NE, NO	NO	NO
2.E. Industria electrónica	NO	NO	NO	NO								
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	NA	NA	NO	NO								
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NE, NO	NE, NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>3. 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												

Categorías de fuente y sumidero de GEI	SF <sub>6</sub>		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	Método aplicado	Factor de emisión
3.J. Otros (especificar)					NO	NO	NO	NO	NO	NO		
<b>4. UTCUTS</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. 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 eliminación 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>												
Tanques de combustible internacional					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Aviación internacional					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Navegación internacional					NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Operaciones multilaterales					NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Emisiones de CO <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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

#### **1.4.1. Métodos y fuentes de información del sector Energía**

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 de estas emisiones fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector. Para más detalle ver la Sección 3.1.3.

Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Balance Energético Nacional: confeccionado por la SNE.
- Estadística de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH) de la SNE.
- Estadísticas publicadas por la Autoridad Marítima de Panamá (AMP).
- Los datos de producción y consumo de biogás, de la empresa productora de electricidad del Relleno Sanitario de Cerro Patacón (RSCP).

#### **1.4.2. Métodos y fuentes de información del sector IPPU**

Las emisiones de GEI fueron estimadas aplicando el método de Nivel 1 para las categorías *uso no energético de combustibles y solventes* y 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 la categoría *industria de los minerales*, utilizando datos de actividad de las estadísticas nacionales y datos de producción de las industrias mineras, 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. Para más detalle ver la Sección 4.1.3.

Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Datos de producción de las industrias productoras de clínker y cal.
- Balance Energético Nacional (BNE): confeccionado por la SNE.
- Datos de consumo de sustitutos de las SAO levantado por la Unidad Nacional de Ozono (UNO) del Ministerio de Salud (MINSAL) (MINSAL, 2017).

#### **1.4.3. Métodos y fuentes de información del sector Agricultura**

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 regionales. 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. Para más detalle ver la Sección 5.1.3.

Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Estadísticas nacionales del INEC.
- Base de datos y estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT)<sup>10</sup>.
- Base de datos y juicios de expertos del MIDA.
- Datos estadísticos del Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica (SIECA).
- Estadísticas de incendios de la Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental (DIVEDA) del Ministerio de Ambiente.
- Base de datos de la Autoridad Nacional de Aduanas.

#### 1.4.4. Métodos y fuentes de información del sector UTCUTS

Las emisiones y absorciones de GEI fueron estimadas aplicando tanto el método de Nivel 1 y el método de Nivel 2, utilizando datos de actividad con base en datos nacionales. Los factores de emisión utilizados para las *tierras forestales*, *tierras de cultivo*, y *tierra de pastizales* provienen del *Inventario nacional forestal y de carbono de Panamá (INFC)*, factores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, y de una consultoría nacional. Para las demás categorías se utilizaron solo factores por defecto. Las herramientas utilizadas para el cálculo fueron las hojas de trabajo elaboradas por el equipo técnico del sector.

Es importante resaltar que se realizaron estimaciones para 1994, 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017; los años intermedios de la serie temporal para este sector fueron estimados mediante interpolaciones. Para más detalle ver la Sección 6.1.3.

Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Los datos de actividad provienen de la iniciativa nacional denominada «Proyecto Mapatón 2017». Esta iniciativa fue ejecutada por el equipo técnico del Ministerio de Ambiente, con la asesoría técnica del PNUD y FAO (MiAMBIENTE, 2018). Los datos de actividad del Mapatón 2017 se obtuvieron mediante el uso de la herramienta Collect Earth Desktop.
- Estadísticas de incendios de la DIVEDA del Ministerio de Ambiente.

<sup>10</sup> Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es>

- Estadísticas de producción de madera y de reforestación de la Dirección Forestal (DIFOR) del Ministerio de Ambiente.
- Estadísticas nacionales del INEC.
- La Asociación Nacional de Reforestadores y Afines de Panamá (ANARAP).
- Juicio de expertos de campo de Ministerio de Ambiente

#### 1.4.5. 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. Para más detalle ver la Sección 7.1.3.

Las principales fuentes de datos de actividad fueron:

- Estadísticas de población, tonelaje de residuos sólidos ingresados al RSCP y consumo de proteína diaria nacional del INEC.
- Tasas de generación de residuos sólidos estimadas en estudios de la Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD) para el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos (PNGIR).
- Tonelaje ingresado a vertederos a nivel nacional, suministrado por los municipios o empresas que administran estos sitios.

#### 1.4.6. Reporte conjunto de emisiones y absorciones de GEI

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**

*Potenciales de calentamiento global aplicados en el INGEI 1994-2017*

GEI	Potencial de calentamiento global
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
NO <sub>2</sub>	265
HFC-134a	1,300
HFC-23	12,400

GEI	Potencial de calentamiento global
HFC-32	677
HFC-152a	138
HFC-125	3,170
HFC-143a	4,800
HFC-227ea	3,350

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 2020. Las emisiones y absorciones en las tablas se expresan en kilotoneladas (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.

### 1.5. 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.

Para el INGEI 1994-2017 de Panamá, se ha realizado una identificación de categorías principales aplicando los métodos 1 y 2 (Tabla 1.5). 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.

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.

**Tabla 1.5**

Resumen del análisis de categorías principales del INGEI 2017 aplicando el método 1 y 2 (con y sin UTCUTS)

Código	Categorías de fuente y sumidero	GEI	Criterio de identificación	
			con UTCUTS	sin UTCUTS
1.A.1.	Industria de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
1.A.1.	Industria de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	N1, T1	N1
1.A.2.	Industria manufacturera y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	N1, T1	
1.A.2.	Industria manufacturera y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	T1	
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	N2	
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	T1, N2, T2	
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	N1	
2.A.1.	Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	N1, T1, N2, T2	N1
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	
3.A.1. b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	T1	
3.B.5.	Gestión del estiércol - Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	N2	
3.C.2.	Cultivos de arroz - Alimentados por lluvia	CH <sub>4</sub>	T2	
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	N1, T1, N2, T2	T1
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	T1, N2, T2	T1
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	T1, T2	
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	N1, N2	
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	CO <sub>2</sub>	N1, T1, N2, T2	
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	N1, T1, N2, T2	N1, T1, T2

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.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

### 1.6. Evaluación general de la incertidumbre

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial para un inventario exhaustivo. 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 1994-2017 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.

Para 2017, la incertidumbre del INGEI alcanza el  $\pm 58.0\%$ . 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 ( $\pm 16.9\%$ ), el hecho que sea a su vez el principal GEI que contribuye al balance nacional 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  $\text{N}_2\text{O}$  de las *emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  de suelos agrícolas*; el  $\text{CH}_4$  de la *fermentación entérica - otros vacunos*; y el  $\text{CO}_2$  de la *navegación marítima y fluvial*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del INGEI ascendió a  $\pm 17.3\%$  entre 1994-2017.

La incertidumbre del sector Energía alcanzó el  $\pm 6.1\%$  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  $\pm 21.9\%$  entre 1994-2017.

La incertidumbre del sector IPPU alcanzó el  $\pm 43.7\%$  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  $\pm 300.0\%$  entre 1994-2017.

La incertidumbre del sector Agricultura alcanzó el  $\pm 31.0\%$  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  $\pm 17.1\%$  entre 1994-2017.

La incertidumbre del sector UTCUTS alcanzó el  $\pm 19.6\%$  dominada ampliamente por la incertidumbre del  $\text{CO}_2$  de las *tierras forestales que permanecen como tales*. 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  $\pm 3.1\%$  entre 1994-2017.

La incertidumbre del sector Residuos alcanzó el  $\pm 46.7\%$  dominada por la incertidumbre del factor de emisión de  $\text{CH}_4$  de la categoría *disposición de residuos sólidos*. Por su parte, la incertidumbre de la tendencia del sector ascendió a  $\pm 49.7\%$  entre 1994-2017.

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

### **1.7. 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC y absorciones de CO<sub>2</sub> para la serie 1994-2017. Las emisiones de 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. En cuanto a los gases precursores, solo se reportan parcialmente emisiones de NO<sub>x</sub> 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	Sector	Categorías de fuente y sumidero	Explicación o comentario
CO <sub>2</sub>	Energía	Transporte de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Refinación de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Distribución de productos de petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Vinculadas al almacenamiento y distribución de productos petrolíferos
		Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	No se cuenta con información para 1994-2008
	IPPU	Industria de los minerales - Uso de otros carbonatos en la fabricación de cerámicas	No hay información en la estadística nacional puesto que esta actividad se realiza principalmente de manera artesanal
		Industria de los minerales - Producción de vidrio	No hay información en la estadística nacional
		Uso no energético de combustibles y de solventes - Uso de cera de parafina	No hay información en la estadística nacional
	UTCUTS	Tierras de cultivo que permanecen como tales	No se tiene información sobre los cambios en las gestiones a nivel de cultivos
		Asentamientos que permanecen como tales	Se asume que no ocurren absorciones ni emisiones de CO <sub>2</sub> .
		Otras tierras que permanecen como tales	Se asume que no ocurren absorciones ni emisiones de CO <sub>2</sub>
		Humedales que permanecen como tales	Los bonales gestionados (extracción de turba) no ocurren en el país.
		Productos de madera recolectada	No se tienen datos en el país
	Residuos	Incineración e incineración abierta de residuos sólidos	No se incluyen por falta de datos de actividad.
CH <sub>4</sub>	Energía	Transporte de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Refinación de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Distribución de productos de petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Vinculadas al almacenamiento y distribución de productos petrolíferos
		Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	No se cuenta con información para 1994-2008

GEI	Sector	Categorías de fuente y sumidero	Explicación o comentario
	UTCUTS	Humedales que permanecen como tales	No se cuenta con información desagregada de las tierras inundadas.
	Residuos	Disposición de residuos sólidos	Si bien, esta categoría sí ha sido incluida, las estimaciones realizadas se basan en datos a partir de 1988 (utilizando como método de cálculo tasa de crecimiento), ya que no existen suficientes registros del volumen que ingresa a los sitios de disposición
		Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional.
		Incineración e incineración abierta de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional.
		Tratamiento y disposición de aguas residuales industriales	No se cuenta con estadística nacional.
N <sub>2</sub> O	Energía	Transporte de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Refinación de Petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Ocurrieron hasta 2002 por el cierre de la refinería
		Distribución de productos de petróleo - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Vinculadas al almacenamiento y distribución de productos petrolíferos
		Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	No se cuenta con información para 1994-2008
	Agricultura	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas - Residuos de cosechas	No se incluye por falta de información
		Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas - Mineralización / inmovilización asociada a la pérdida / ganancia de materia orgánica del suelo	No se incluye por falta de información
	UTCUTS	Humedales que permanecen como tales	Los bonales gestionados (extracción de turba) no ocurren en el país.
	Residuos	Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional
		Incineración e incineración abierta de residuos sólidos	No se cuenta con estadística nacional
		Tratamiento y disposición de aguas residuales industriales	No se cuenta con estadística nacional
HFC	IPPU	Uso de productos sustitutos de las SAO - Emisiones generadas por el uso de aerosoles y limpieza con solventes	No se cuenta con estadística nacional
SF <sub>6</sub>	IPPU	Uso de SF <sub>6</sub> - Instalación y uso de equipos eléctricos.	No se cuenta con estadística nacional

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Además de lo anterior, dentro del sector UTCUTS existen algunas subcategorías de fuentes y sumideros que no fueron estimadas debido a que durante los años analizados (1994, 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017) no se observaron las transiciones de tierras correspondientes a estas subcategorías. Sin embargo, algunas de estas transiciones pudiesen haber ocurrido en los años interpolados. Por lo que se incluye el tema de realizar el análisis año a año de los cambios de uso de la tierra dentro del plan de mejora para los próximos INGEI. Las subcategorías del sector UTCUTS que no se estimaron son las siguientes:

- *Humedales convertidos en tierras forestales*
- *Asentamientos convertidos en tierras forestales*
- *Otras tierras convertidas en tierras forestales*
- *Humedales convertidos en tierras de cultivo*
- *Asentamientos convertidos en tierras de cultivo*
- *Otras tierras convertidas en tierras de cultivo*
- *Humedales convertidos en pastizales*
- *Asentamientos convertidos en pastizales*
- *Otras tierras convertidas en pastizales*
- *Tierras de cultivo convertidas en humedales*
- *Pastizales convertidos en humedales*

- *Asentamientos convertidos en humedales*
- *Humedales convertidos en asentamientos*
- *Otras tierras convertidas en asentamientos*
- *Tierras convertidas en otras tierras.*

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*

GEI	Categorías de fuente y sumidero del IPCC	Asignación de Panamá	Explicación o comentario
CO <sub>2</sub>	Sector Energía - Otras industrias de la energía	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Carboneras que producen carbón vegetal
	Sector Energía - Ferrocarriles	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Falta información desagregada
	Sector Energía - Navegación marítima y fluvial nacional	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Falta información desagregada
		Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	
	Sector Energía - Todo terreno	Sector Energía - Automóviles - Transporte terrestre	Falta información desagregada
	Sector Energía - Estacionarias	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Vehículos todo terreno y otra maquinaria	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
Sector Agricultura - Quema prescrita de sabanas	Sector UTCUTS - Tierras Pastizales que Permanecen como Tales	Esta categoría se incluye en los cálculos de las emisiones no CO <sub>2</sub> de tierras (tierras forestales y pastizales respectivamente), se entiende como sabanas algún tipo de pasto.	
CH <sub>4</sub>	Sector Energía - Otras industrias de la energía	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Carboneras que producen carbón Vegetal.
	Sector Energía - Ferrocarriles	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Falta información desagregada
	Sector Energía - Navegación marítima y fluvial nacional	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción / Pesca (combustión móvil) - Otros sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Todo terreno	Sector Energía - Automóviles - Transporte terrestre	Falta información desagregada
	Sector Energía - Estacionarias	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Vehículos todo terreno y otra maquinaria	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Agricultura - Quema prescrita de sabanas	Sector UTCUTS - Tierras Pastizales que Permanecen como Tales	Esta categoría se incluye en los cálculos de las emisiones no CO <sub>2</sub> de tierras (tierras forestales y pastizales)

GEI	Categorías de fuente y sumidero del IPCC	Asignación de Panamá	Explicación o comentario
			respectivamente), se entiende como sabanas algún tipo de pasto.
	Sector UTCUTS - Emisiones a partir del quemado de biomasa en Tierras de cultivo	Sector Agricultura - Quema de residuos agrícola	Estimadas y reportadas en el sector Agricultura
	Sector Residuos - Disposición de Residuos Sólidos	Sector Residuos - Disposición en sitios no gestionados.	Debido a falta de información, las emisiones estimadas fueron clasificadas como generadas en sitios no gestionados.
N <sub>2</sub> O	Sector Energía - Otras industrias de la energía	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Carboneras que producen carbón Vegetal.
	Sector Energía - Ferrocarriles	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción	Falta información desagregada
	Sector Energía - Navegación marítima y fluvial nacional	Sector Energía - Industrias Manufactureras y de la Construcción / Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Todo terreno	Sector Energía - Automóviles - Transporte terrestre	Falta información desagregada
	Sector Energía - Estacionarias	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector Energía - Vehículos todo terreno y otra maquinaria	Sector Energía - Pesca (combustión móvil) - Otros Sectores	Falta información desagregada
	Sector UTCUTS - Emisiones a partir del quemado de biomasa en Tierras de cultivo	Sector Agricultura - Quema de residuos agrícola	Estimadas y reportadas en el sector Agricultura

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Respecto a la confidencialidad, Panamá cuenta con un grupo muy pequeño de industrias relacionadas con la producción de cemento y cal, 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 1994-2017 de Panamá.

---

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



Panamá es un sumidero neto de GEI, lo que significa que en el país se absorbe más GEI de lo que se emite.

© Ministerio de Ambiente, República 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 2017 y luego se describe e interpreta la tendencia 1994-2017 por sector y por gas de efecto invernadero.

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

Las emisiones y absorciones de GEI incluidas en el INGEI de Panamá de 2017, por tipo de GEI (Tabla 2.1), fueron -15,867.8 kt CO<sub>2</sub>; 169.3 kt CH<sub>4</sub>; 3.4 kt N<sub>2</sub>O; y 454.2 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 neto 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 1.3 kt, y alcanzaron 48.0 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 1994-2017 se encuentra en el [ANEXO DIGITAL](#).

**Tabla 2.1**

*Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Panamá de 2017*

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>-15,867.8</b>	<b>169.3</b>	<b>3.5</b>	<b>454.1</b>	<b>NO</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NO</b>	<b>1.3</b>	<b>48.0</b>	<b>NA, NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
<b>1.</b>	<b>Energía</b>	<b>11,035.0</b>	<b>4.2</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	11,035.0	4.2	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.	Industrias de la energía	2,205.4	0.1	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	1,939.5	0.3	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.	Transporte	6,274.5	1.6	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.4.	Otros sectores	615.5	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>802.6</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>454.1</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	766.9							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	35.7	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				454.1	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>6.4</b>	<b>97.5</b>	<b>2.7</b>					<b>0.3</b>	<b>10.8</b>	<b>NO</b>	
3.A.	Fermentación entérica		90.2									
3.B.	Gestión del estiércol		3.2	0.3							NO	
3.C.	Cultivo del arroz		3.8								NO	
3.D.	Suelos agrícolas			2.5							NO	
3.E.	Quema prescrita de sabanas		IE	IE					IE	IE	NO	
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo		0.3	0.0					0.3	10.8	NO	
3.G.	Encalado	0.3										
3.H.	Aplicación de urea	6.1										
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>-27,711.9</b>	<b>2.2</b>	<b>0.1</b>					<b>1.0</b>	<b>37.3</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	-31,994.6	0.1	0.0					0.1	2.6	NA, NO	
4.B.	Tierras de cultivo	647.3	0.3	0.0					0.2	5.3	NA	
4.C.	Pastizales	3,134.8	1.7	0.1					0.7	29.4	NA, NO	
4.D.	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NA	
4.E.	Asentamientos	500.7	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>65.4</b>	<b>0.3</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NE	47.6						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 eliminación de aguas residuales		17.8	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
<b>Elementos informativos</b>												
	Tanques de combustible internacional	15,566.1	1.2	0.4					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	2,201.4	0.0	0.1					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	13,364.7	1.2	0.3					NE	NE	NE	NE
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Emissiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,506.4										
	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.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

El balance nacional entre emisiones y absorciones de GEI de 2017 –incluyendo al sector UTCUTS– registró -9,758.3 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo el balance tendiente a las absorciones netas en un 35.2 % desde 1994 y en un 17.1 % desde 2013 (Tabla 2.2). Pese a la disminución de las absorciones netas del país, es de notar que Panamá es un sumidero neto 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 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*

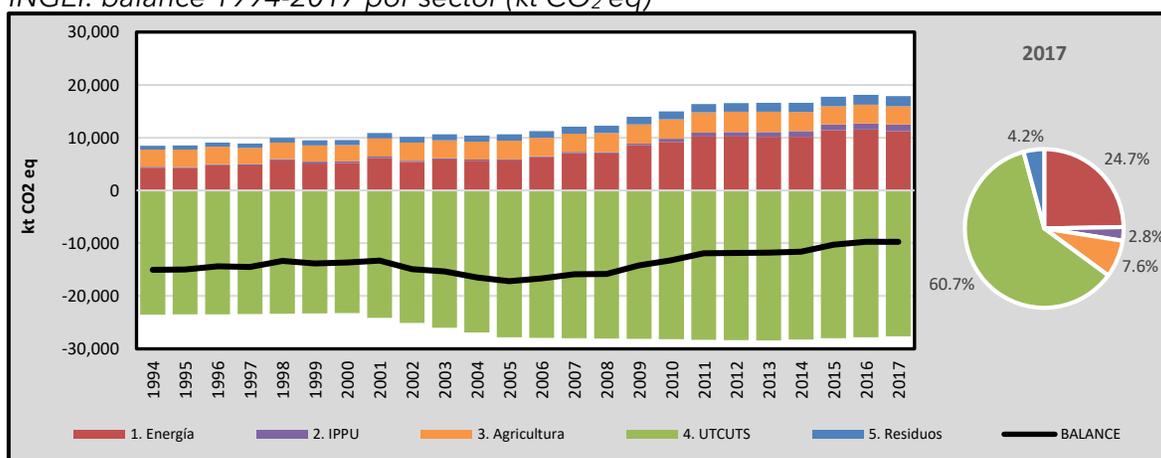
Sector	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1. Energía	4,303.4	5,191.1	5,674.5	9,195.4	10,149.8	11,548.5	11,245.9
2. IPPU	174.7	312.5	219.7	605.9	936.2	1,156.6	1,256.8
3. Agricultura	3,288.1	3,065.5	3,511.6	3,677.0	3,852.9	3,513.2	3,463.2
4. UTCUTS	-23,538.7	-23,234.1	-27,826.3	-28,191.3	-28,397.2	-27,821.2	-27,629.2
5. Residuos	716.0	1,010.9	1,233.1	1,497.7	1,680.9	1,876.4	1,904.9
<b>Balance</b>	<b>-15,056.5</b>	<b>-13,654.1</b>	<b>-17,187.4</b>	<b>-13,215.4</b>	<b>-11,777.4</b>	<b>-9,726.5</b>	<b>-9,758.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la participación de cada sector en el balance nacional, en términos absolutos, el sector UTCUTS es el de mayor relevancia, con 60.7 %, seguido del sector Energía con un 24.7 %, un 7.6 % del sector Agricultura, un 4.2 % del sector Residuos, y finalmente un 2.8 % del sector IPPU (Figura 2.1). Esto demuestra 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 que toda la tendencia de todo el INGEI 1994-2017 sea favorable a la absorción neta.

**Figura 2.1**

*INGEI: balance 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

En cuanto a las emisiones totales de GEI –excluyendo al sector UTCUTS– de 2017, se registró un total de 17,780.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 110.7 % desde 1994 y en un 7.5 % desde 2013 (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3**

*INGEI: emisiones totales 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Sector	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1. Energía	4,303.4	5,191.1	5,674.5	9,195.4	10,149.8	11,548.5	11,245.9
2. IPPU	174.7	312.5	219.7	605.9	936.2	1,156.6	1,256.8
3. Agricultura	3,288.1	3,065.5	3,511.6	3,677.0	3,852.9	3,513.2	3,463.2
5. Residuos	716.0	1,010.9	1,233.1	1,497.7	1,680.9	1,876.4	1,904.9
<b>Total</b>	<b>8,482.2</b>	<b>9,580.0</b>	<b>10,638.9</b>	<b>14,975.9</b>	<b>16,619.8</b>	<b>18,094.7</b>	<b>17,870.9</b>

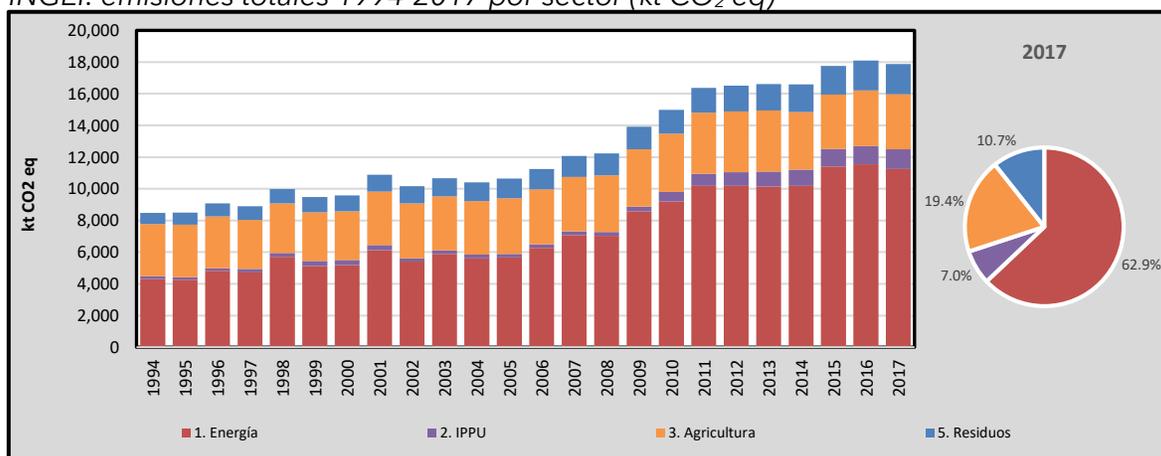
Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la participación de cada sector individual en las emisiones totales de GEI en 2017, el sector Energía es el sector de mayor impacto en el INGEI, aportando un 62.9 %, seguido del sector Agricultura con un 19.4 %, un 10.7 % del sector Residuos, y finalmente, un 7.0 % 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 periodo 1994-2017.

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 tiende a las emisiones netas.

**Figura 2.2**

*INGEI: emisiones totales 1994-2017 por sector (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

El balance de GEI de 2017 estuvo representado por un 72.2 % de CO<sub>2</sub>, disminuyendo la absorción general de CO<sub>2</sub> del país en un 17.9 % desde 1994 y en un 10.2 % desde el 2013. Lo sigue el CH<sub>4</sub> con un 21.6 %, aumentando en un 34.9 % desde 1994 y disminuyendo un 2.0 % desde 2013. La participación del N<sub>2</sub>O es de un 4.2 %, aumentando un 20.5 % desde 1994 y disminuyendo un 3.0 % desde 2013. Por último, el HFC representó solo un 2.1 %, aumentando de forma muy importante en un 1,024.4 % desde 2012 y un 290 % desde 2013 (Tabla 2.4). Cabe resaltar que los primeros registros de HFC se tienen desde 2012, es por esto por lo que se utiliza el 2012 para hacer la comparación en lugar de 1994.

**Tabla 2.4**

INGEI: balance 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

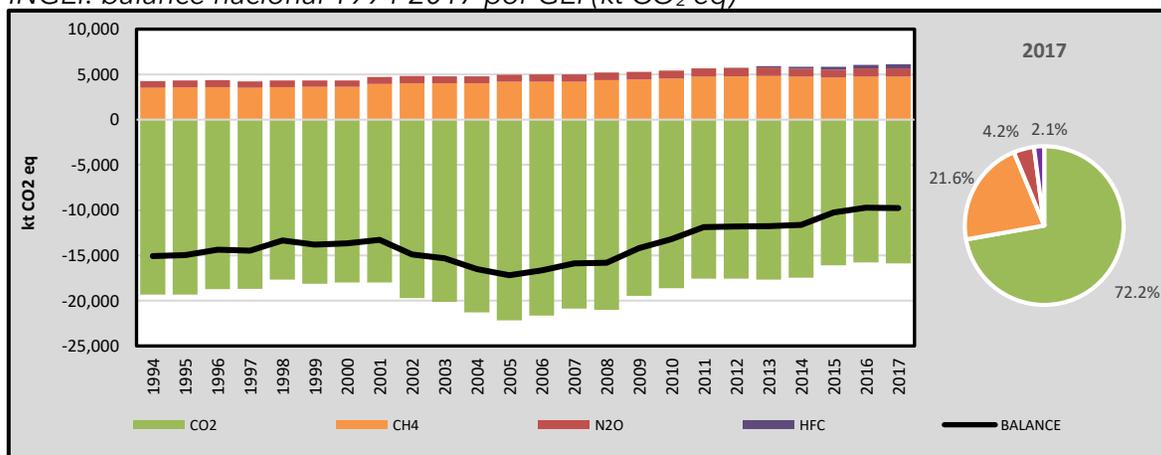
GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	-19,330.2	-17,994.1	-22,157.9	-18,623.7	-17,675.7	-15,785.6	-15,867.8
CH <sub>4</sub>	3,514.6	3,617.4	4,182.6	4,538.4	4,839.3	4,759.1	4,740.8
N <sub>2</sub> O	759.1	722.6	787.9	869.9	942.7	913.2	914.6
HFC	NO	NO	NO	NO	116.3	386.8	454.1
<b>Balance</b>	<b>-15,056.5</b>	<b>-13,654.1</b>	<b>-17,187.4</b>	<b>-13,215.4</b>	<b>-11,777.4</b>	<b>-9,726.5</b>	<b>-9,758.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

En la Figura 2.3 se observa que si bien el balance de GEI presenta ciertas fluctuaciones durante la serie 1994-2017, 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 al 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 relativamente estables a lo largo de la serie. Este mismo comportamiento se repite con el N<sub>2</sub>O. Por su parte, el HFC presenta 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 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones totales de GEI de 2017 (Tabla 2.5) estuvieron representadas por un 66.3 % de CO<sub>2</sub>, aumentando en un 172.7 % desde 1994 y en un 9.8 % desde 2013; seguido por un 26.2 % de CH<sub>4</sub>, aumentando un 37.3 % desde 1994 y disminuyendo un 2.3 % desde 2013; un 5.0 % de N<sub>2</sub>O, aumentando un 22.5% desde 1994 y disminuyendo un 3.3 % desde 2013; y 2.5 % de HFC, aumentando un 1,024.4 % desde 2012 y un 290.6 % desde 2013.

**Tabla 2.5**

INGEI: emisiones totales 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

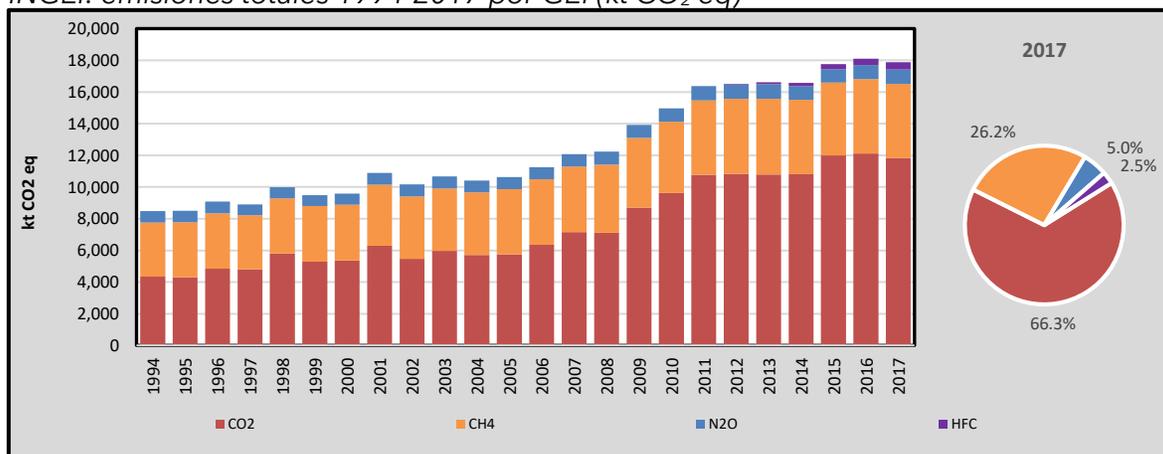
GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	4,344.0	5,364.8	5,751.5	9,629.4	10,788.2	12,114.2	11,844.0
CH <sub>4</sub>	3,409.5	3,521.6	4,120.1	4,491.8	4,792.4	4,702.0	4,680.3
N <sub>2</sub> O	728.7	693.6	767.3	854.6	922.9	891.6	892.4
HFC	NO	NO	NO	NO	116.3	386.8	454.1
<b>Total</b>	<b>8,482.2</b>	<b>9,580.0</b>	<b>10,638.9</b>	<b>14,975.9</b>	<b>16,619.8</b>	<b>18,094.7</b>	<b>17,870.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 del 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 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

# 3

## SECTOR ENERGÍA

Entre los años 2018 y 2020, se han desarrollado dos proyectos piloto con buses eléctricos BYD de 9 y 12 metros, liderados por MiBus y operando en más de 12 rutas.

© MiBus, República 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 pueden 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 a las actividades siguientes:

- El consumo de combustibles fósiles en los tanques de combustible del transporte aéreo y marítimo internacional (ver Sección 3.2.5), y
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de biomasa con fines energéticos (ver Sección 3.2.6).

#### 3.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI del sector Energía de Panamá de 2017, por tipo de GEI, contabilizaron 11,035.0 kt CO<sub>2</sub>, 4.2 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 2017**

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>1. Energía</b>		<b>11,035.0</b>	<b>4.2</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		11,035.0	4.2	0.4					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1. Industrias de la energía		2,205.4	0.1	0.0					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal		2,205.4	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		1,939.5	0.3	0.0					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	IE	IE					NE	NE	NE	NE
1.A.3. Transporte		6,274.5	1.6	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.A.3.a. Aviación civil		82.9	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.3.b. Transporte terrestre		5,041.7	1.4	0.2					NE	NE	NE	NE
1.A.3.c. Ferrocarriles		IE	IE	IE					NE	NE	NE	NE
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial		1,150.0	0.2	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.3.e. Otro tipo de transporte		NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
1.A.4. Otros sectores		615.5	2.3	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.a. Comercial / Institucional		175.4	0.0	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.b. Residencial		394.6	2.2	0.0					NE	NE	NE	NE
1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca		45.5	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	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 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)
1.B.2.a.	Petróleo	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
1.B.2.b.	Gas natural	NO	NO								NO	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>												
	Tanques de combustible internacional	15,566.1	1.2	0.4					NE	NE	NE	NE
	Aviación internacional	2,201.4	0.0	0.1					NE	NE	NE	NE
	Navegación internacional	13,364.7	1.2	0.3					NE	NE	NE	NE
	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
	Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1,506.4										

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El sector Energía es el principal sector emisor de GEI en el país, representando el 24.7 % del balance nacional en 2017 (62.9 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 11,245.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 161.3 % desde 1994 y en un 10.8 % desde 2013 (Tabla 3.2 y Figura 3.1), causado principalmente por el aumento del consumo de combustibles líquidos (gas/diesel oil y gasolina para motores) en el transporte terrestre y el aumento en el consumo de gas licuado de petróleo (GLP) en el sector residencial. Respecto a la generación eléctrica, se observa una fluctuación relacionada a la variabilidad de la generación hídrica y una disminución en 2017, provocada principalmente por el aumento de generación por fuentes renovables. En el sector industrial en 2017 se observa una disminución vinculada a la discontinuidad del consumo de combustible sólido (coque de petróleo).

**Tabla 3.2**

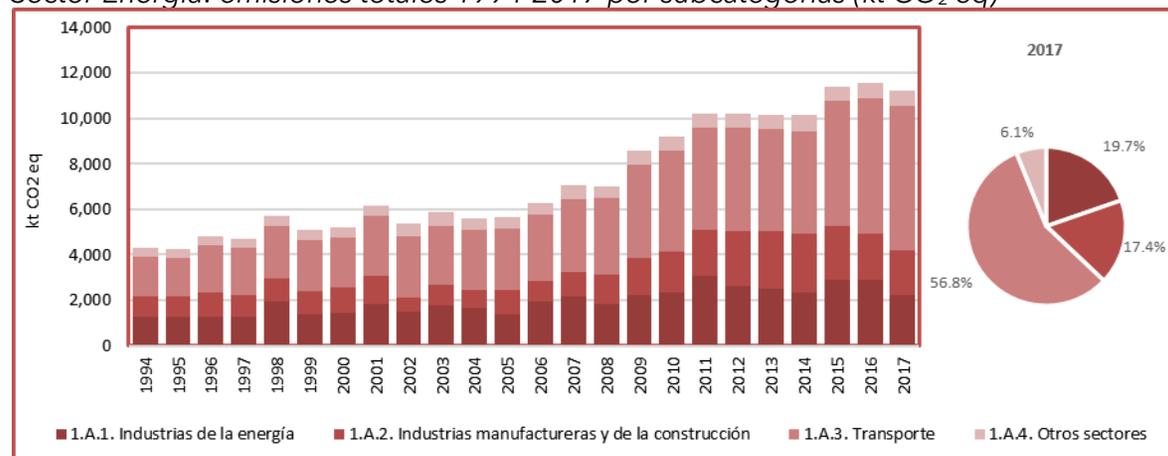
*Sector Energía: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.1. Industrias de la energía	1,261.3	1,464.1	1,406.3	2,365.5	2,493.2	2,901.9	2,212.7
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	894.9	1,075.4	1,056.4	1,780.3	2,534.0	2,034.4	1,957.8
1.A.3. Transporte	1,749.5	2,218.0	2,702.9	4,418.3	4,488.0	5,937.7	6,387.5
1.A.4. Otros sectores	397.6	433.6	508.8	631.2	634.5	674.5	687.9
<b>Total</b>	<b>4,303.4</b>	<b>5,191.1</b>	<b>5,674.5</b>	<b>9,195.4</b>	<b>10,149.8</b>	<b>11,548.5</b>	<b>11,245.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.1**

*Sector Energía: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones por tipo de GEI del sector Energía estuvieron representadas por un 98.1 % de CO<sub>2</sub>, seguido por un 1.0 % de CH<sub>4</sub>, y un 0.8 % de N<sub>2</sub>O de las emisiones totales del sector (Tabla 3.3 y Figura 3.2).

**Tabla 3.3**

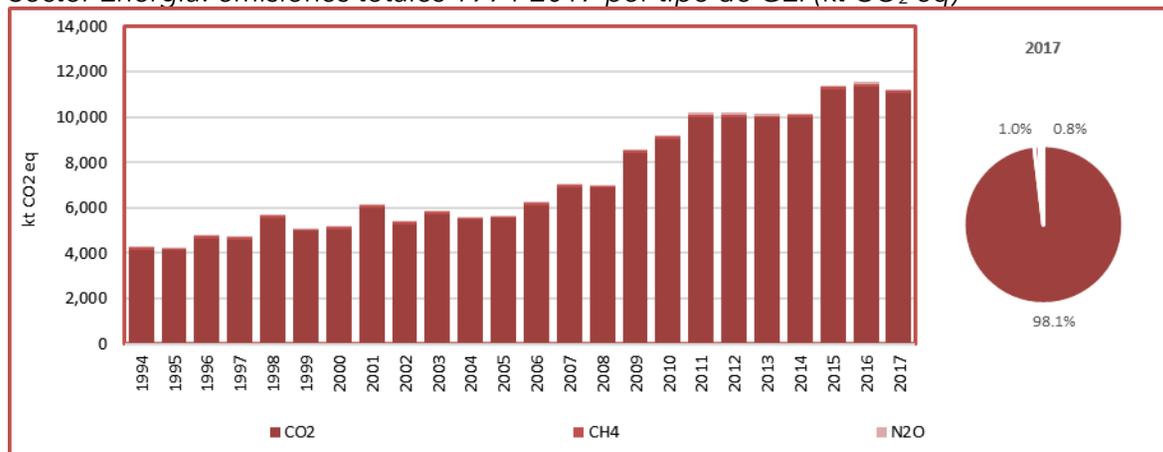
Sector Energía: emisiones totales 1994-2017 por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	4,163.7	5,048.8	5,526.7	9,017.7	9,962.2	11,338.9	11,035.0
CH <sub>4</sub>	97.3	93.3	93.1	103.5	106.7	116.1	117.9
N <sub>2</sub> O	42.4	49.1	54.6	74.1	80.9	93.4	93.0
<b>Total</b>	<b>4,303.4</b>	<b>5,191.1</b>	<b>5,674.5</b>	<b>9,195.4</b>	<b>10,149.8</b>	<b>11,548.5</b>	<b>11,245.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.2**

Sector Energía: emisiones totales 1994-2017 por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 información respecto del 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:
  - 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 1994-2017 presenta algunas discontinuidades que se traducen en inconsistencias de la serie temporal de las emisiones aquí reportadas, debido a cambios históricos de los organismos a cargo de su confección. 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 pensada a un mayor 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 INGEI. Tal fue el caso del consumo de kerosene, que incluye la gasolina de 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 por litoral de diesel oil marino (gas/diesel oil) y fuel oil (fuelóleo residual), vinculados en su mayoría al funcionamiento del Canal de Panamá para el período 2009-2017, y que fueron utilizadas en este INGEI para reportar las emisiones de la navegación nacional e internacional. Es importante recalcar que los datos que reporta la AMP no forman parte del BEN.
- 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*.

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 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>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	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO	T1, IE, NE, NO	D, IE, NE, NO
1.A.1. Industrias de la energía	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.3. Transporte	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO

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	D	T1	D	T1	D
1.A.5. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.B.1. Combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
1.C. Transporte y almacenamiento de CO <sub>2</sub>	NO	NO				
<b>Elementos informativos</b>						
Tanques de combustible internacional	T1	D	T1	D	T1	D
Aviación internacional	T1	D	T1	D	T1	D
Navegación internacional	T1	D	T1	D	T1	D
Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	T1	D				

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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**

Cuentan con varias 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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):

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

$$1 \text{ tep} = 41.898 \text{ GJ}$$

La multiplicación de estos dos valores da el valor de 6.11 TJ/kbep y se utiliza en la siguiente 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Donde:

- $\text{Consumo}_{\text{combustible}}$  = cantidad de combustible consumido en TJ
- $\text{Consumo}_{\text{combustible}}$  = 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.

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 estiman e informan en esta categoría, de manera separada del total nacional, las emisiones asociadas a las siguientes actividades:

- El consumo de combustibles fósiles en los tanques de combustible del transporte aéreo y marítimo internacional (ver Sección 3.2.5), y
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de biomasa con fines energéticos (ver Sección 3.2.6).

### 3.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2017, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 11,245.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 161.3 % desde 1994 y en un 10.8 % desde 2013 (Tabla 3.2 y Figura 3.1) (ver Sección 3.1.2).

Con respecto a las subcategorías, en 2017, un 56.8 % corresponde a *transporte*, un 19.7 % a *industrias de la energía*, un 17.4 % a *industrias manufactureras y de la construcción* y un 6.1 % a *otros sectores*. Esto demuestra la significativa relevancia que

tiene *transporte*, tanto en las emisiones del sector Energía, como en el balance nacional, en donde representa el 35.7 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS.

### 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*

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

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)
- $Consumo_{combustible}$  = 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  $CO_2$ , 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

*$CO_2$  del transporte terrestre y emisiones de Nivel 1 de  $CH_4$  y  $N_2O$*

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

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

Donde:

- Emisión = Emisiones de GEI (kg)
- $Combustible_a$  = combustible vendido (TJ)
- $EF_a$  = factor de emisión (kg/TJ). En el caso del  $CO_2$ , 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 2005-2017 se realizó de la siguiente manera (usando como ejemplo 2017):

- 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 (5,039.9 kbep).
- Los datos proporcionados por la DNH indican que el queroseno para motor a reacción = 5.207,6 kbep y el BEN que la exportación de ese combustible = 5,039.9 kbep.  
Entonces:  $5,207.6 - 5,036.9 = 170.7$  kbep  
Queroseno para motor a reacción restante = 170.7 kbep.
- El 170.68 kbep restante se asigna a queroseno para motor a reacción consumido en *transporte*.
- La gasolina para la aviación es 19.4 kbep e igualmente se asigna a *transporte*.
- El dato proporcionado de otro queroseno es 7.0 y de acuerdo con el BEN 0.3 kbep se consume en residencial (Tabla 3.6).  
Entonces:  $7.0 - 0.3 = 6.7$  kbep  
Donde el 6.7 kbep restante se asigna a *industrias manufactureras y de la construcción*.

**Tabla 3.6**

*Consumo de kerosene y jet fuel en el BEN, 2017*

Sector de consumo	Kerosene y jet fuel
Consumo sector energético	0.0
Consumo sector transporte	184.2
Consumo industrial	12.6
Consumo residencial	0.3
Consumo comercial, Ser, Pub	0.0
Consumo Agro, pesca y minería	0.0

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 diesel oil (fuelóleo residual y gas/diesel oil) de la venta de combustible marino, 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/diesel oil
	Fuel oil	Fuelóleo residual
Otro combustible	Gases	Gas de refinería
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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

#### 3.2.4.1. Descripción y tendencia del CO<sub>2</sub> 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. Sin embargo, dado que los datos reportados por la AMP que fueron utilizados en este INGEI para la estimación de la navegación nacional no forman parte del BEN, el consumo aparente utilizado en este ejercicio de verificación no refleja el balance de combustibles de Panamá de manera completa. 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.

La diferencia porcentual del Método sectorial con respecto al Método de referencia para 1994 a 2017 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 15.4 %, con un máximo absoluto de 191.4 % 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**

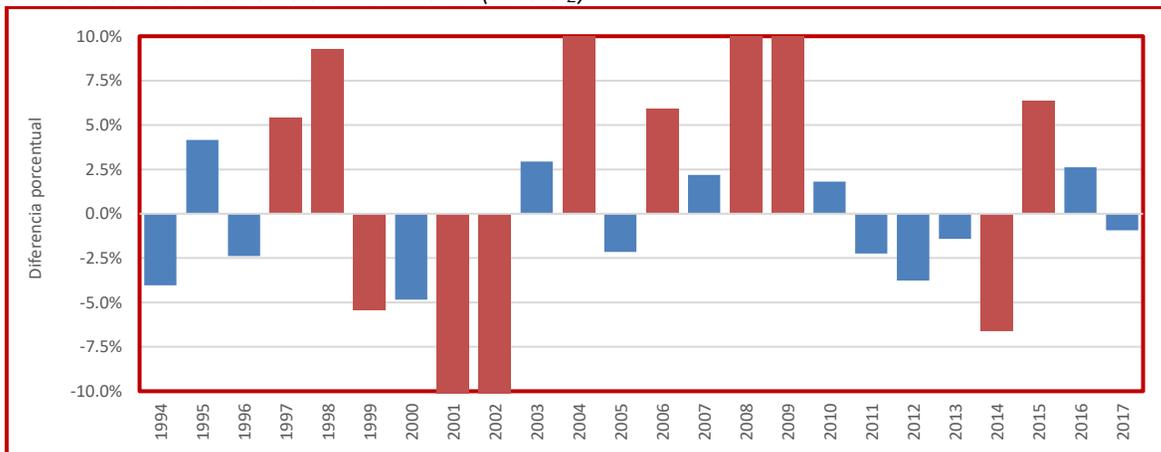
*Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 1994-2017 (kt CO<sub>2</sub>)*

Métodos	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Método sectorial	4,163.7	5,048.8	5,526.7	9,017.7	9,962.2	11,338.9	11,035.0
Método de referencia	4,339.0	5,305.1	5,648.3	8,857.0	10,105.6	11,049.3	11,138.6
<b>Diferencia</b>	<b>-175.3</b>	<b>-256.4</b>	<b>-121.6</b>	<b>160.8</b>	<b>-143.4</b>	<b>289.6</b>	<b>-103.6</b>
<b>Diferencia porcentual</b>	<b>-4.0%</b>	<b>-4.8%</b>	<b>-2.2%</b>	<b>1.8%</b>	<b>-1.4%</b>	<b>2.6%</b>	<b>-0.9%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.3**

Comparación entre métodos: porcentaje de diferencia del Método sectorial con respecto al Método de referencia 1994-2017 (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 y 2009 escapan considerablemente del rango definido.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las diferencias del Método sectorial con respecto al Método de referencia tienen tres orígenes, según los períodos:

- Antes de 2003: en 2002 cerró la Refinería y previo a ello existieron en esa industria situaciones de pérdidas muy significativas, probablemente debido a problemas en su funcionamiento.
- Entre 2003 y 2017: las diferencias en este período presentan una alta correlación con los valores informados en el Ajuste Estadístico del BEN, esto se debe a que en el BEN existen datos en la variación de INGEI que se deben revisar, ya que en algunos casos ocasionan que la oferta total de ciertos combustibles sea negativa. La SNE tiene previsto realizar actividades de mejora, entre otras cosas, para mejorar este parámetro.
- 2009-2017: las emisiones asociadas a la actividad marítima nacional, no incluidas en el BEN, también influyen en estas diferencias, enmascarando el efecto del ajuste estadístico en el consumo aparente.

#### 3.2.4.2. 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 de la siguiente forma:

- Estimación del consumo aparente de combustible en unidades originales del BEN (kbep), 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 1994-2017 por tipo de combustible (TJ)

Año	Petróleo crudo	Gasolina para motores	Queroseno para motor a reacción	Gas/diesel oil	Fuelóleo residual	GLP	Coque de petróleo	Otro petróleo	Otro carbón bituminoso	Horno de coque/gas de coque	Total
1994	52,586.3	8,068.8	-927.2	11,101.0	-15,734.6	3,529.4	-	-	1,735.0	-	60,358.7
1995	53,912.5	4,879.4	173.1	10,476.4	-19,448.6	3,412.7	-	963.3	1,344.7	-	55,713.6
1996	92,770.5	3,614.9	-713.5	-2,349.4	-33,243.8	3,261.6	-	-0.9	3,459.4	-	66,798.7
1997	90,011.1	3,648.3	590.6	1,957.1	-39,857.6	3,457.8	-	-	1,832.8	-	61,640.0
1998	97,502.8	3,170.1	-670.7	7,621.7	-40,951.9	3,181.2	-	-	1,897.1	-	71,750.3
1999	109,339.1	3,992.2	-2,587.9	1,148.8	-43,030.2	3,343.3	-	-	1,929.2	-	74,134.5
2000	98,312.7	5,378.5	-2,635.7	2,248.8	-34,193.7	3,359.4	-	-	1,929.2	-	74,399.2
2001	117,755.6	5,042.4	-3,468.0	464.6	-10,181.4	3,201.3	-	-	2,025.7	-	114,840.2
2002	62,149.6	11,392.8	894.4	15,147.8	-4,908.4	2,742.5	435.6	-	-	-	87,854.3
2003	-	16,089.5	891.5	35,661.6	17,644.4	6,147.4	-	-	-	4.4	76,438.8
2004	-	9,774.5	2,025.6	24,558.7	-18,113.0	9,982.5	53.3	-	-	9.1	28,290.8
2005	-	18,712.1	3,349.2	29,859.3	18,331.6	5,482.1	1,378.5	-	-	8.3	77,121.0
2006	-	18,994.8	3,039.1	30,304.6	19,699.2	6,077.6	934.8	-	-	21.9	79,071.9
2007	-	20,949.0	1,629.4	42,742.8	20,066.6	6,189.9	911.5	-	-	18.8	92,508.0
2008	-	21,906.8	4,430.1	35,196.5	10,673.4	237.2	-	-	-	-	73,382.3
2009	-	25,529.8	1,128.8	37,854.3	15,534.3	6,420.8	-	-	-	-	88,342.8
2010	-	21,417.9	7,218.3	47,605.1	31,647.7	8,964.0	-	-	-	-	120,072.8
2011	-	28,782.2	7,216.6	57,932.7	26,475.3	7,293.8	-	-	7,310.3	-	137,386.2
2012	-	31,541.7	6,131.7	51,890.4	26,295.2	7,554.9	-	-	9,952.6	-	138,239.6
2013	-	32,904.3	3,145.4	55,286.2	18,826.4	9,253.6	-	-	10,532.2	-	134,731.3
2014	-	34,211.7	1,042.1	65,897.9	15,649.4	10,861.3	-	-	10,852.9	-	143,008.0
2015	-	37,477.4	1,067.3	52,754.2	22,540.0	11,403.2	-	-	10,917.6	-	140,919.0
2016	-	40,311.7	7,097.3	51,929.0	25,347.3	10,947.8	-	-	9,647.3	-	148,715.8
2017	-	42,975.1	11,595.6	61,213.5	24,796.9	9,850.0	-	-	2,691.6	-	153,122.7

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla 3.10**

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

Combustible	Contenidos de carbono (kg/GJ)
Petróleo crudo	20.0
Gasolina	18.9
Queroseno para motor a reacción	19.5
Gas/diesel oil	20.1
Fuelóleo residual	21.1
Gases licuados de petróleo	17.2
Coque de petróleo	26.6
Otro petróleo	12.1
Otro carbón bituminoso	25.8
Horno de coque/gas de coque	12.1

Fuente: Cuadro 1.3, Capítulo 1, Volumen 2, *Directrices del IPCC de 2006*.

### 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 en base a 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 *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. En 2017, el total de tránsitos por el Canal fue 13,548 y se registró un tonelaje de 403.8 millones de toneladas netas CP/SUAB (sistema universal de arqueo de buques del Canal de Panamá) (ACP, 2017).

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

En 2017, las emisiones de GEI de la *aviación internacional* contabilizaron 2,118.2 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 657.9 % desde 1994 y en un 37.3 % desde 2013 (Tabla 3.11 y Figura 3.4), las variaciones de la tendencia se deben al incremento de turismo internacional dentro del país. Las emisiones de la *navegación internacional* contabilizaron 13,490.0 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 63.6 % desde 2009, fundamentalmente debido al aumento del flujo a partir de la ampliación del canal de Panamá, con excepción de la reducción de 2014 debido a una retracción del comercio internacional.

**Tabla 3.11**

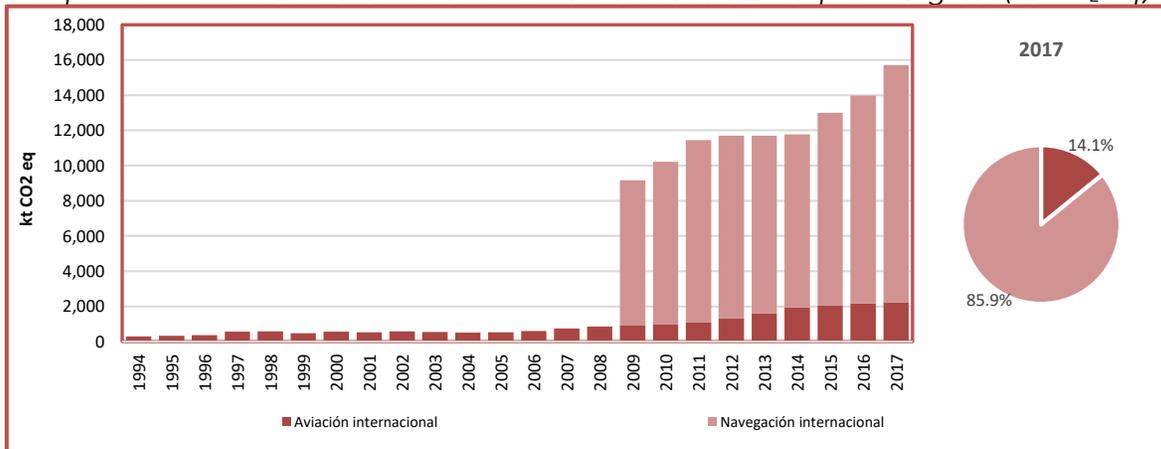
*Tanques de combustible internacional: emisiones 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Aviación internacional	292.7	561.5	536.9	969.0	1,616.1	2,182.3	2,218.2
Navegación internacional	NE	NE	NE	9,249.5	10,078.2	11,794.2	13,490.0
<b>Total</b>	<b>292.7</b>	<b>561.5</b>	<b>536.9</b>	<b>10,218.5</b>	<b>11,694.3</b>	<b>13,976.5</b>	<b>15,708.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.4**

*Tanques de combustible internacional: emisiones 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 2009-2017. 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/diesel 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/diesel oil consumido como parte de la *navegación marítima y fluvial* nacional, ocasionando una sobreestimación.

**Tabla 3.12**

*Tanques de combustible internacional: datos de actividad 1994-2017 (TJ)*

Año	Aviación internacional	Navegación internacional	Total (TJ)
	Queroseno para motor a reacción (TJ)	Fuelóleo residual (TJ)	
1994	4,062.4	–	4,062.4
1995	4,509.9	–	4,509.9
1996	5,144.2	–	5,144.2
1997	7,773.3	–	7,773.3
1998	8,095.5	–	8,095.5
1999	6,660.4	–	6,660.4
2000	7,794.3	–	7,794.3
2001	7,407.9	–	7,407.9
2002	8,110.9	–	8,110.9
2003	7,619.1	–	7,619.1
2004	7,015.0	–	7,015.0
2005	7,452.1	–	7,452.1
2006	8,397.4	–	8,397.4
2007	10,462.9	–	10,462.9
2008	11,974.6	–	11,974.6
2009	12,691.5	105,558.7	118,250.2
2010	13,450.4	118,392.4	131,842.8
2011	15,447.9	132,164.9	147,612.8
2012	18,096.2	133,051.0	151,147.2
2013	22,431.6	128,999.2	151,430.8
2014	26,887.4	125,933.5	152,820.9
2015	28,711.6	140,023.0	168,734.5
2016	30,290.8	150,964.3	181,255.1
2017	30,789.3	172,670.3	203,459.6

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 país. 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, se utiliza para la producción de 8,1 MW en tres grupos electrógenos con motores de gas.
- 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 calefacción y cocción domiciliaria.
- Carbón vegetal: utilizado para calefacción y 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 2017, las *emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa* usada con fines energéticos contabilizaron 1,506.4 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en un 4.8 % desde 1994 y en un 8.5 % desde 2013 (Tabla 3.14 y Figura 3.5) debido a la disminución en el consumo de *madera/desechos de madera* en las categorías *residencial e industrias manufactureras y de la construcción*. Para 1995 se aprecia una notoria disminución causada por el decrecimiento en la relación de cosecha de caña de azúcar por superficie sembrada en ese año, disminuyendo el valor de producción. Con respecto a la participación en las emisiones por cada biocombustible, el mayor aporte lo realiza la *madera/desechos de madera* con un 67.9 %, mientras que otra biomasa sólida primaria aporta un 31.5, los demás biocombustibles aportan menos de un 1.0 %. 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**

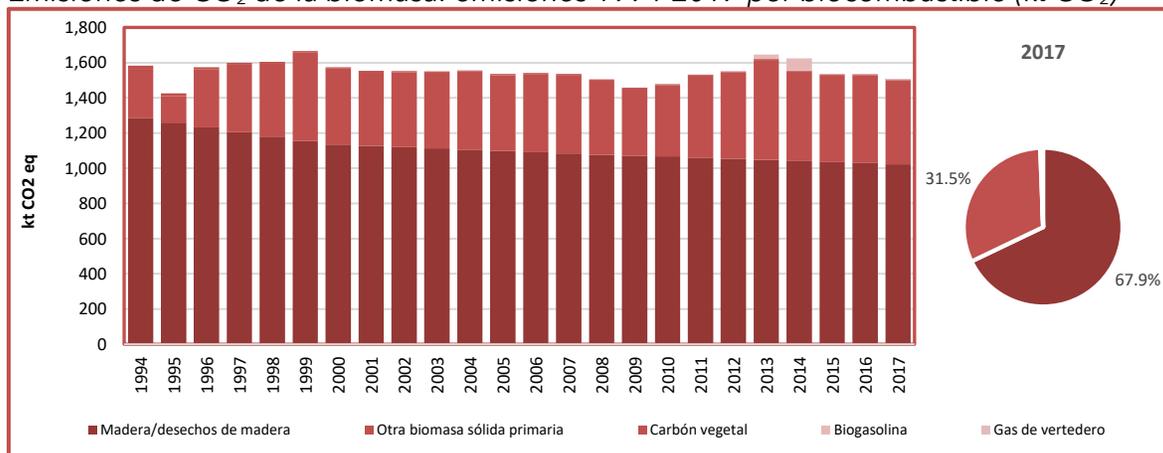
*Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: emisiones 1994-2017 por biocombustible (kt CO<sub>2</sub>)*

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Madera/desechos de madera	1,285.8	1,134.2	1,098.2	1,066.9	1,047.8	1,029.0	1,022.8
Otra biomasa sólida primaria	279.3	433.0	430.8	405.5	567.6	500.2	474.7
Carbón vegetal	18.0	7.3	6.3	5.7	5.3	4.9	4.6
Biogasolina	NO						
Gas de vertedero	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4.3
<b>Total</b>	<b>1,583.1</b>	<b>1,574.4</b>	<b>1,535.3</b>	<b>1,478.1</b>	<b>1,645.5</b>	<b>1,534.1</b>	<b>1,506.4</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.5**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa: emisiones 1994-2017 por biocombustible (kt CO<sub>2</sub>)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 1994-2017 por biocombustible (TJ)*

Año	Madera/desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria	Carbón vegetal	Biogasolina	Gas de vertedero	Total
1994	11,480.3	2,793.0	160.8	–	–	14,434.0
1995	11,237.0	1,509.0	137.5	–	–	12,883.6
1996	10,998.6	3,295.6	118.0	–	–	14,412.2
1997	10,765.7	3,820.8	102.7	–	–	14,689.2
1998	10,537.1	4,143.0	88.0	–	–	14,768.1
1999	10,314.0	5,017.2	77.0	–	–	15,408.2
2000	10,126.3	4,330.2	64.8	–	–	14,521.3
2001	10,060.9	4,208.9	63.0	–	–	14,332.8
2002	9,996.1	4,258.2	63.6	–	–	14,317.9
2003	9,932.0	4,310.2	61.8	–	–	14,304.0
2004	9,867.8	4,444.8	58.1	–	–	14,370.6
2005	9,805.4	4,308.4	56.2	–	–	14,170.0
2006	9,743.1	4,445.1	53.8	–	–	14,242.0
2007	9,680.7	4,457.6	53.2	–	–	14,191.5
2008	9,619.6	4,212.7	53.2	–	–	13,885.4

Año	Madera/ desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria	Carbón vegetal	Biogasolina	Gas de vertedero	Total
2009	9,559.7	3,821.7	50.7	–	–	13,432.2
2010	9,526.1	4,054.6	50.7	–	–	13,631.4
2011	9,468.0	4,663.8	49.5	–	–	14,181.4
2012	9,411.2	4,909.9	48.3	–	–	14,369.4
2013	9,354.9	5,676.3	47.7	350.3	–	15,429.2
2014	9,298.2	5,088.1	44.7	985.4	–	15,416.4
2015	9,242.7	4,945.2	42.5	–	–	14,230.4
2016	9,187.2	5,002.1	44.1	–	–	14,233.4
2017	9,131.7	4,747.2	41.3	–	78.4	13,998.7

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**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
Biogasolina	70,800	kg CO <sub>2</sub> /TJ
Gas de vertedero	54,600	kg CO <sub>2</sub> /TJ

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del 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 1994-2002 debido a que en este último año cerró la única refinería. Las emisiones de la *fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas* no ocurren en el país.

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

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 2,212.7 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 75.4 % desde 1994, debido al aumento de la demanda eléctrica y la generación por fuentes térmicas (búnker, diésel y carbón); y reduciéndose en un 11.2 % desde 2013, debido al aumento de fuentes renovables en la generación eléctrica desde ese año (Tabla 3.17 y Figura 3.6).

**Tabla 3.17**

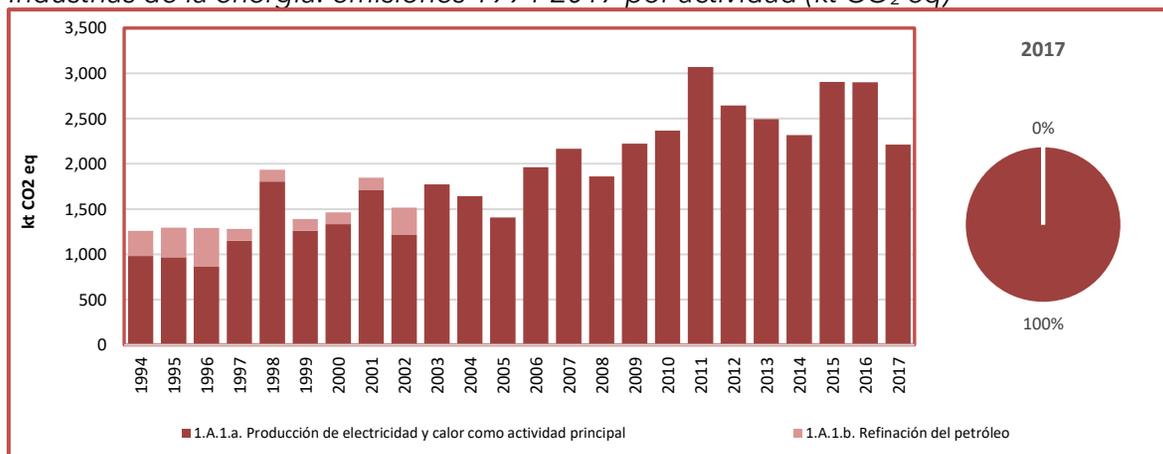
*Industrias de la energía: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Actividad	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	984.0	1,335.3	1,406.3	2,365.5	2,493.2	2,901.9	2,212.7
1.A.1.b. Refinación del petróleo	277.3	128.8	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NO						
<b>Total</b>	<b>1,261.3</b>	<b>1,464.1</b>	<b>1,406.3</b>	<b>2,365.5</b>	<b>2,493.2</b>	<b>2,901.9</b>	<b>2,212.7</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.6**

*Industrias de la energía: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

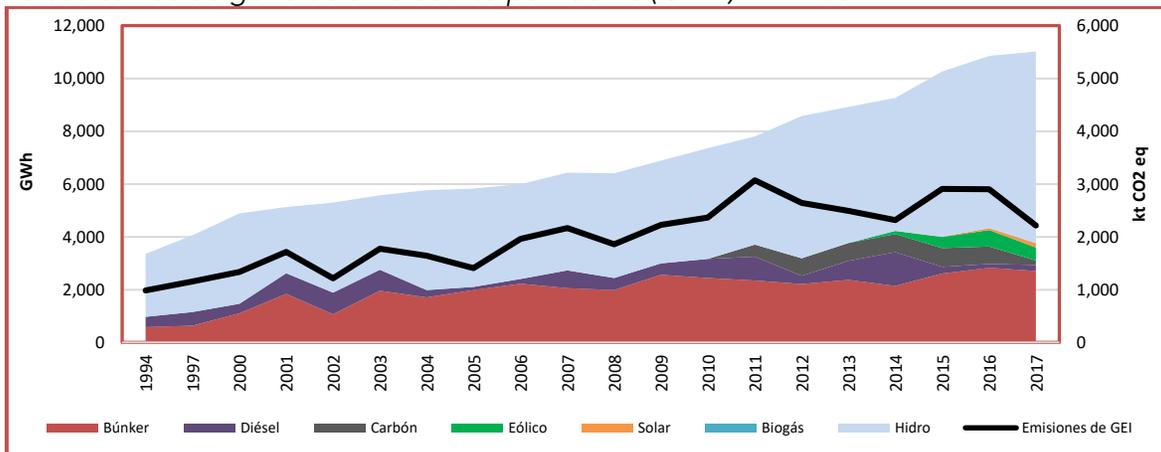


Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 fuelóleo residual en años de baja hidraulicidad, al igual que por la entrada de otro carbón bituminoso en 2011 (Figura 3.7). También se puede ver la reducción en 2017 debido a la incorporación al mercado eléctrico de fuentes renovables no convencionales.

**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) 1994-2017



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 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
1.A.1. Industrias de la energía	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	T1	D	T1	D	T1	D
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	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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 (GLP, gasolina para motores, gas/diesel oil, fuelóleo residual, otro carbón bituminoso y gas de refinería) 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 1994-2017 (TJ)*

Año	Gases licuados de petróleo	Gasolina para motores	Gas/ diesel oil	Fuelóleo residual	Otro carbón bituminoso	Gas de vertedero	Gas de refinería	Total
1994	120.7	4.8	5,423.4	10,086.6	–	–	1,162.8	16,798.3
1995	63.4	5.7	5,487.7	9,238.2	–	–	2,853.3	17,648.4
1996	90.3	6.6	2,481.1	11,929.5	–	–	3,002.6	17,510.1
1997	–	–	6,886.2	8,339.3	–	–	2,108.9	17,334.4
1998	–	–	12,253.0	11,621.9	–	–	2,127.2	26,002.1
1999	–	–	6,910.6	9,698.9	–	–	2,139.5	18,749.0
2000	–	–	5,883.4	11,634.8	–	–	2,139.5	19,657.7
2001	–	–	7,166.0	15,297.5	–	–	2,176.1	24,639.6
2002	–	–	7,075.8	8,860.4	–	–	5,270.3	21,206.5
2003	–	–	7,821.2	15,344.7	–	–	–	23,165.9
2004	–	–	4,433.5	16,926.6	–	–	–	21,360.0
2005	–	–	2,041.3	16,158.0	–	–	–	18,199.4
2006	–	–	2,968.2	22,447.2	–	–	–	25,415.4
2007	–	–	8,479.0	19,806.5	–	–	–	28,285.5
2008	–	–	5,245.3	18,949.5	–	–	–	24,194.8
2009	–	–	5,529.0	23,359.2	–	–	–	28,888.1
2010	–	–	8,299.5	22,519.9	–	–	–	30,819.3
2011	–	–	10,347.2	20,697.1	7,310.3	–	–	38,354.5
2012	–	–	3,095.2	18,902.0	9,952.6	–	–	31,949.8
2013	–	–	5,831.1	13,637.6	10,532.2	–	–	30,000.9
2014	–	–	10,151.3	6,859.8	10,852.9	–	–	27,863.9
2015	–	–	2,661.8	21,500.1	10,917.6	–	–	35,079.5
2016	–	–	2,016.6	23,636.6	9,647.3	–	–	35,300.5
2017	–	–	2,832.6	22,492.1	2,691.6	78.4	–	28,094.7

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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
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
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/diesel 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
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 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
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

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

### 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).

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *industrias de la energía* varían desde  $\pm 2.9$  a 233.0 % 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 3.21). 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 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 (%)*

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ( $\pm$ %)	Incertidumbre de los factores de emisión ( $\pm$ %)	Incertidumbre combinada ( $\pm$ %)
Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1.8%	2.2%	2.9%
Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.8%	134.3%	134.3%
Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	1.8%	208.6%	208.6%
Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	2.0%	5.0%	5.4%
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%	233.0%	233.0%
Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	2.0%	150.0%	150.0%
Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	2.0%	200.0%	200.0%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 (1994-2017). 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 1.2.3. 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 del 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.

Además de lo anterior, la versión preliminar del inventario del sector Energía fue sometido a una revisión experta por Laura Dawidowski (experta del sector y miembro de los Equipos de Revisores Expertos que realizan los exámenes técnicos de los inventarios anuales de las Partes anexo I de la CMNUCC). Como resultado del proceso, se implementaron correcciones enfocadas principalmente en el cambio en el factor de conversión de unidades, anteriormente se aplicaba los valores de la OLADE y actualmente se aplican los valores de la IEA. Otro tema relevante fue la adición del diésel para uso marino, en donde se tiene conocimiento de que una parte este diésel es para uso nacional y el otro es para uso internacional, sin embargo, se decidió aplicar todo como uso nacional ya que no se contó con tiempo para desagregarlo.

### 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 1994-2017 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 realizó la documentación que respalda el convenio para el cierre de la refinería en el 2002 y la resolución por la cual se otorga licencia para la planta de generación eléctrica utilizando gas metano en 2017.

### 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>11</sup>. El promedio de los absolutos de esta variación porcentual es de 7.3 %, con un máximo absoluto de 17.3 % en 2005 y un mínimo de 0.8 % en 1995 (Tabla 3.22 y Figura 3.8). Estas diferencias podrían deber a:

- Para 2005-2017 se desagregó la información de otro queroseno, queroseno para motor a reacción y gasolina para la aviación, el cual es entregado de manera agregada en el BEN en la columna de kerosene y jet fuel.
- Para 2009-2017 se adicionó información de la venta de gas/diesel oil marino en cual gran parte se atribuye a uso internacional, pero que fue incluido en el inventario total del sector Energía por falta de información para desagregarlo, ocasionando una sobreestimación.

**Tabla 3.22**

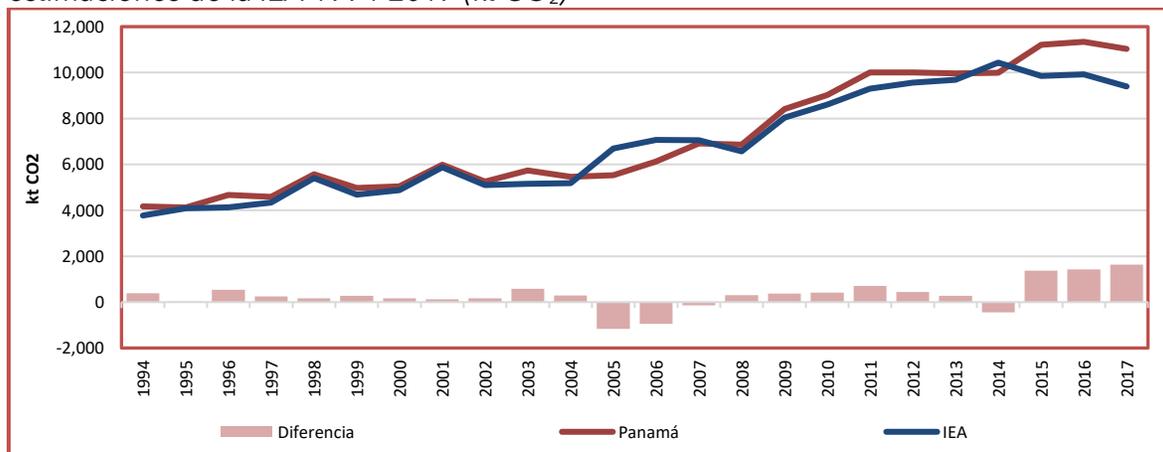
*Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub>: diferencia entre estimaciones de Panamá y estimaciones de la IEA 1994-2017 (kt CO<sub>2</sub>)*

Fuente	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2016	2017
Panamá	4,163.7	5,048.8	5,526.7	9,017.7	9,962.2	9,986.9	11,338.9	11,035.0
IEA	3,772.8	4,877.8	6,685.3	8,601.1	9,686.0	10,431.8	9,915.8	9,394.7
<b>Diferencia</b>	<b>390.8</b>	<b>171.0</b>	<b>-1,158.6</b>	<b>416.7</b>	<b>276.2</b>	<b>-445.0</b>	<b>1,423.1</b>	<b>1,640.3</b>
<b>Diferencia porcentual</b>	<b>10.4%</b>	<b>3.5%</b>	<b>-17.3%</b>	<b>4.8%</b>	<b>2.9%</b>	<b>-4.3%</b>	<b>14.4%</b>	<b>17.5%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.8**

*Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub>: diferencia entre estimaciones de Panamá y estimaciones de la IEA 1994-2017 (kt CO<sub>2</sub>)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

<sup>11</sup> Disponible en <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-overview>

### 3.2.8.6. Nuevos cálculos de la subcategoría

Se realizaron nuevos cálculos en la subcategoría debido a la disposición de nuevos datos de actividad, lo cual generó diferencias en las emisiones con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Las diferencias entre los INGEI presentados (Tabla 3.23), que en todos los años comparados son mayores a los INGEI anteriores, se atribuyen principalmente a: en el dato de 1994 del INGEI anterior no se incluyen las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O; exclusión del consumo de lubricantes en el recálculo de 1994-2017 debido a que en el BEN se incluyen en el apartado «uso no energético», el uso de lubricantes para el recálculo se traspasó al sector IPPU; cambio en el factor de conversión de kbep a TJ desde la OLADE a la IEA, se determinó que este último se adapta mejor a la realidad del país; se corrigieron los factores de emisión utilizados para el fuelóleo; y en 2017 se incluye el gas de vertedero, responsable de las emisiones de la generación eléctrica proveniente de la captura de CH<sub>4</sub> que ocurre en el país a partir del 2017. Esta información proviene de una nueva fuente de datos, directo de la empresa de generación eléctrica del RSCP.

**Tabla 3.23**

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

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	946.4	893.5	1,287.9	1,826.0	2,370.4				
INGEI actual	1,261.3	1,464.1	1,406.3	2,365.5	2,493.2	2,318.6	2,904.7	2,901.9	2,212.7
<b>Diferencia</b>	<b>315.0</b>	<b>570.6</b>	<b>118.4</b>	<b>539.5</b>	<b>122.8</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>33.3%</b>	<b>63.9%</b>	<b>9.2%</b>	<b>29.5%</b>	<b>5.2%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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.

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

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 1,957.8 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 118.8 % desde 1994, debido principalmente a los megaproyectos resultantes del crecimiento de la economía del país, como la expansión del Canal de Panamá, y reduciéndose en un 22.7 % desde 2013, debido a que en el 2017 no hubo consumo de coque de petróleo en las industrias (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 2017, 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 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
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	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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 2017, 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 y 2017 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 que resta 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 la 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/diesel 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 1994-2017 (TJ)*

Año	Madera/ desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria	GLP	Gasolina para motores	Otro queroseno	Gas/ diesel oil	Fuelóleo residual	Coque de petróleo	Horno de coque	Otro carbón bituminoso	Total
1994	2,484.2	2,793.0	74.4	–	11.0	5,865.6	3,586.2	–	–	1,735.0	16,549.5
1995	2,447.5	1,509.0	70.9	–	10.1	6,027.3	3,488.0	–	–	1,572.4	15,125.3
1996	2,411.5	3,295.6	81.9	–	11.5	5,907.0	3,151.5	–	–	3,459.4	18,318.4
1997	2,376.0	3,820.8	96.2	–	11.7	7,670.3	2,486.2	–	–	1,832.8	18,294.0
1998	2,340.6	4,143.0	100.4	–	17.5	8,521.2	2,499.2	–	–	1,897.1	19,519.0
1999	2,305.7	5,017.2	113.0	–	17.5	7,968.1	2,596.3	–	–	1,929.2	19,947.1
2000	2,270.9	4,330.2	102.2	–	11.7	6,181.2	5,315.6	–	–	1,929.2	20,141.0
2001	2,237.3	4,208.9	103.9	–	8.8	6,252.8	6,902.0	–	–	2,025.7	21,739.4
2002	2,203.6	4,258.2	104.8	–	22.5	4,956.1	2,279.4	435.6	–	–	14,260.2
2003	2,170.6	4,310.2	135.2	–	45.0	9,472.5	2,341.9	–	4.4	–	18,479.8
2004	2,137.6	4,444.8	112.2	–	66.9	8,957.5	1,788.3	53.3	9.1	–	17,569.7
2005	2,105.8	4,308.4	109.7	–	86.4	10,025.7	1,939.1	1,378.5	8.3	–	19,962.0
2006	2,074.0	4,445.1	121.6	–	51.7	9,188.5	996.6	934.8	21.9	–	17,834.2
2007	2,042.9	4,457.6	123.8	–	50.6	10,573.3	2,141.2	911.5	18.8	–	20,319.7
2008	2,012.3	4,212.7	1,610.7	–	43.4	11,995.0	2,005.0	938.3	–	–	22,817.4
2009	1,982.4	3,821.7	905.3	965.8	87.3	15,423.6	2,371.7	1,874.8	–	–	27,432.6
2010	1,952.4	4,054.6	2,120.2	1,042.5	48.1	14,867.6	1,790.7	3,219.7	–	–	29,095.8
2011	1,923.1	4,663.8	2,135.7	1,194.9	44.4	19,252.1	1,552.6	2,375.1	–	–	33,141.7
2012	1,894.3	4,909.9	2,257.4	1,793.4	46.8	20,413.5	1,552.0	4,873.1	–	–	37,740.4
2013	1,866.2	5,676.3	2,475.7	2,106.9	33.6	21,901.7	1,528.0	4,783.2	–	–	40,371.6
2014	1,837.8	5,088.1	2,479.4	2,281.1	15.6	22,947.9	1,387.6	4,492.7	–	–	40,530.1
2015	1,810.8	4,945.2	2,639.1	1,744.3	32.0	19,774.5	1,315.8	4,759.2	–	–	37,020.9
2016	1,783.8	5,002.1	2,777.2	1,667.3	39.6	17,253.3	1,402.1	3,435.4	–	–	33,360.8
2017	1,755.3	4,747.2	2,847.6	2,531.2	41.3	19,585.2	1,681.7	–	–	–	33,189.6

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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
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
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
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	10.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	0.6	kg N <sub>2</sub> O /TJ
Gas/diesel 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
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
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
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

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).

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *industrias manufactureras y de la construcción* varían desde  $\pm 11.5$  a 219.1% 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>	11.4%	1.6%	11.5%
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	12.0%	119.6%	120.2%
Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	12.2%	190.0%	190.4%
Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	46.7%	116.8%	125.7%
Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	46.7%	214.1%	219.1%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 (1994-2017). 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 debido a la disposición de nuevos datos de actividad, lo cual generó diferencias en las emisiones con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Las diferencias entre los INGEI presentados (Tabla 3.28) se atribuyen principalmente a: en el dato de 1994 del INGEI anterior no se incluyen las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, exclusión del consumo de lubricantes en el recálculo 1994-2017 debido a que en el BEN se incluyen en el apartado «uso no energético», el uso de lubricantes para el recálculo se traspasó al sector IPPU; cambio en el factor de conversión de kbep a TJ desde la OLADE a la IEA, se determinó que este último se adapta mejor a la realidad del país; se corrigieron los factores de emisión utilizados para el fuelóleo residual y otro queroseno. Se considera lo importado en gases en el BEN para 2003-2007 como consumo de gas de

horno de coque, la cual no se estaba incluyendo en los INGEI anteriores. Además, para la desagregación de lo reportado bajo kerosene y jet fuel se utilizó información proporcionada por la DNH para 2005 a 2017, donde se incluyen datos que permitieron diferenciar el consumo de otro queroseno del queroseno para motor a reacción y gasolina para la aviación. Esto se incluía todo bajo otro queroseno en los INGEI anteriores.

**Tabla 3.28**

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

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	1,914.0	894.3	996.5	1,740.0	2,581.7				
INGEI actual	894.9	1,075.4	1,056.4	1,780.3	2,534.0	2,582.4	2,340.6	2,034.4	1,957.8
<b>Diferencia</b>	<b>-1,019.1</b>	<b>181.1</b>	<b>59.8</b>	<b>40.3</b>	<b>-47.7</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-53.2%</b>	<b>20.3%</b>	<b>6.0%</b>	<b>2.3%</b>	<b>-1.8%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 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.

### 3.2.10. 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* y otra parte de *navegación marítima y fluvial* son incluidas en *industrias manufactureras y de la construcción* y *otros sectores* respectivamente, ya que esta información se encuentra agregada en el BEN y no fue posible desagregarla para el presente informe.

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

La categoría *transporte* es la principal emisora del sector Energía, representando el 51.8 % del sector para el 2017. En este año, las emisiones de GEI contabilizaron 6,387.5 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 265.1 % desde 1994 y en un 42.3 % desde 2013, 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 3.29 y Figura 3.9).

Con respecto a las actividades, en 2017, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *transporte terrestre* con un 80.6 %, seguido por *navegación marítima y fluvial* con 18.1 % y *aviación civil* con 1.3 %.

**Tabla 3.29**

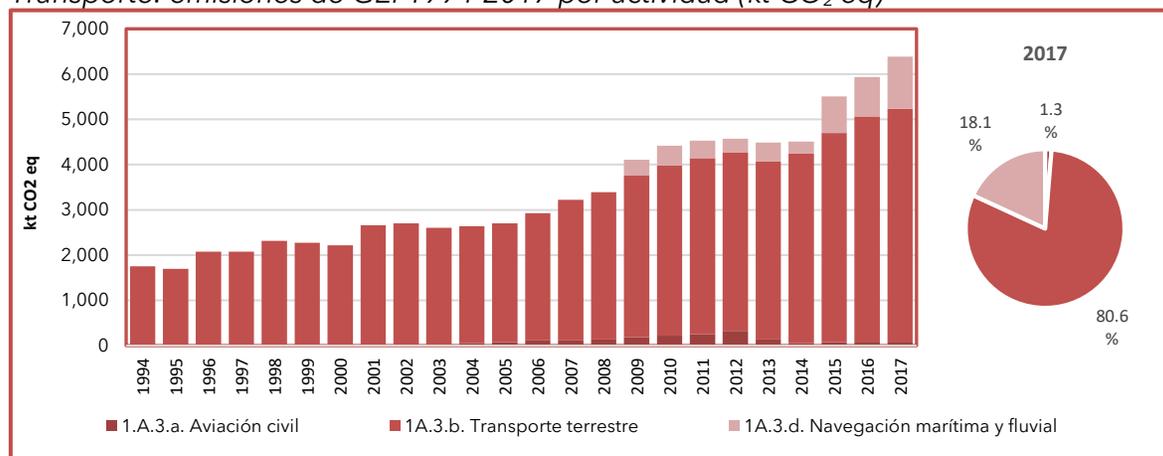
*Transporte: emisiones de GEI 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Actividad	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.3.a. Aviación civil	9.1	13.6	76.2	218.4	137.6	84.1	83.5
1A.3.b. Transporte terrestre	1,740.4	2,204.4	2,626.7	3,760.7	3,925.8	4,980.1	5,147.2
1A.3.d. Navegación marítima y fluvial	NE	NE	NE	439.2	424.6	873.5	1,156.8
<b>Total</b>	<b>1,749.5</b>	<b>2,218.0</b>	<b>2,702.9</b>	<b>4,418.3</b>	<b>4,488.0</b>	<b>5,937.7</b>	<b>6,387.5</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.9**

*Transporte: emisiones de GEI 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 2017, 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 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
1.A.3. Transporte	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
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	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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 2017, que provienen de información proporcionada por la DNH y el gas/diesel oil de uso marino que proviene de las estadísticas de la venta de combustible marino de la AMP (Tabla 3.31). Para 2005 a 2017 se desagregó 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 2017 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 2017. 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/diesel oil de uso marino, reportado por la AMP para el período 2009-2017. Por la falta de datos de actividad para el periodo anterior, estas emisiones se reportan como no estimadas. Existe una cantidad de gas/diesel 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/diesel 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/diesel 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/diesel oil obtenido de las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 3.31**

*Transporte: datos de actividad 1994-2017 (TJ)*

Año	GLP	Gasolina para motores	Gasolina para aviación	Queroseno para motor a reacción	Gas/diesel oil	Biogasolina	Otro queroseno	Gas/diesel oil (marino)	Total
1994	-	13,200.6	-	-	10,661.4	-	126.0	-	23,988.0
1995	-	12,054.6	-	-	11,056.9	-	115.4	-	23,226.9
1996	-	14,541.8	-	-	13,741.1	-	128.6	-	28,411.5
1997	-	15,603.5	-	-	12,690.6	-	146.5	-	28,440.6
1998	-	17,457.2	-	-	14,058.2	-	181.6	-	31,696.9
1999	-	18,343.7	-	-	12,642.0	-	205.0	-	31,190.7
2000	-	17,870.9	-	-	12,417.1	-	187.7	-	30,475.7
2001	-	17,670.7	-	-	18,421.2	-	222.6	-	36,314.6
2002	-	18,003.2	-	-	18,849.9	-	76.0	-	36,929.2
2003	-	18,363.8	-	-	16,951.5	-	346.1	-	35,661.4
2004	-	19,375.7	-	-	15,967.8	-	822.8	-	36,166.2
2005	10.0	18,385.1	62.0	997.3	17,535.2	-	-	-	36,989.5
2006	275.4	18,712.5	59.2	1,556.1	19,463.0	-	-	-	40,066.2
2007	193.9	19,874.0	66.5	1,478.9	22,386.6	-	-	-	43,999.9
2008	116.8	21,837.7	58.9	1,825.4	22,505.2	-	-	-	46,343.9
2009	64.2	24,348.8	55.5	2,481.7	24,443.6	-	-	4,707.2	56,101.0
2010	50.0	26,045.7	57.0	2,975.2	25,336.1	-	-	5,892.1	60,356.0
2011	43.8	26,960.4	56.6	3,453.9	26,228.7	-	-	5,105.8	61,849.3
2012	28.3	28,053.7	64.7	4,444.9	25,839.3	-	-	4,088.4	62,519.3
2013	36.0	28,769.7	68.6	1,842.6	24,969.4	350.3	-	5,695.9	61,732.4
2014	30.3	31,325.5	74.6	673.8	26,029.1	985.4	-	3,540.7	62,659.4
2015	27.0	35,122.6	116.7	965.5	28,200.5	-	-	10,858.4	75,290.8
2016	28.7	38,044.8	118.7	1,050.9	30,226.3	-	-	11,718.4	81,187.8
2017	29.1	39,454.9	118.5	1,043.3	31,115.0	-	-	15,518.9	87,279.7

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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
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
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
Gas/diesel 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
Biogasolina			30.0	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/diesel 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

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

### 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).

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *industrias de la energía* varían desde  $\pm 4.6$  a 213.3 % 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 3.33). 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>, 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 3.33**

*Transporte: incertidumbre combinada (%)*

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
Aviación civil	CO <sub>2</sub>	4.5%	3.6%	5.8%
Aviación civil	CH <sub>4</sub>	4.5%	90.4%	90.5%
Aviación civil	N <sub>2</sub> O	4.5%	135.6%	135.6%
Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	3.5%	2.9%	4.6%
Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	4.6%	213.2%	213.3%
Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	3.5%	160.8%	160.9%
Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	50.0%	1.5%	50.0%
Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	50.0%	50.0%	70.7%
Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	50.0%	140.0%	148.7%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 (1994-2017). 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/diesel oil de uso marino, reportado por la AMP para el período 2009-2017, 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/diesel 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/diesel 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 (1994-2008), 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 debido a la disposición de nuevos datos de actividad, lo cual generó diferencias en las emisiones con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Las diferencias entre los INGEI presentados (Tabla 3.34) se atribuyen principalmente a que el dato de 1994 del INGEI anterior no se incluyen las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, exclusión del consumo de lubricantes en el recálculo de 1994-2017 debido a que en el BEN se incluyen en el apartado «uso no energético», el uso de lubricantes para el recálculo se traspasó al sector IPPU; cambio en el factor de conversión de kbp a TJ desde la OLADE a la IEA, se determinó que este último se adapta mejor a la realidad del país; se corrigieron los factores de emisión utilizados para el fuelóleo, inclusión de *aviación civil* para los primeros INGEI, inclusión de la *navegación marítima y fluvial*. Además, para la desagregación de lo reportado bajo kerosene y jet fuel se utilizó información proporcionada por la DNH para 2005 a 2017, donde se incluyen datos que permitieron diferenciar el consumo de queroseno para motor a reacción y la gasolina para la aviación del otro queroseno.

**Tabla 3.34**

*Transporte: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	1,488.9	2,729.1	2,584.0	3,663.0	3,821.6				
INGEI actual	1,749.5	2,218.0	2,702.9	4,418.3	4,488.0	4,505.9	5,507.0	5,937.7	6,387.5
<b>Diferencia</b>	<b>260.6</b>	<b>-511.1</b>	<b>118.9</b>	<b>755.3</b>	<b>666.4</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>17.5%</b>	<b>-18.7%</b>	<b>4.6%</b>	<b>20.6%</b>	<b>17.4%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 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.
- 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.
- Estimación de los datos de consumo de combustible de la navegación marítima (1994-2008), utilizando técnicas de empalme de datos, como la extrapolación y correlación.

### 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*.

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

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 687.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 73 % desde 1994 y en un 8.4 % desde 2013, debido principalmente al aumento en el consumo de GLP en la actividad *residencial*, de amplio uso en el país para la cocción de alimentos. En esta actividad también se utiliza leña, principalmente en zonas aisladas y de pobreza (Tabla 3.35 y Figura 3.10).

Con respecto a las actividades, en 2017, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *residencial* con un 67.7 %, seguido por *comercial/institucional* con 25.7 % y *agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías* con 6.7 %.

**Tabla 3.35**

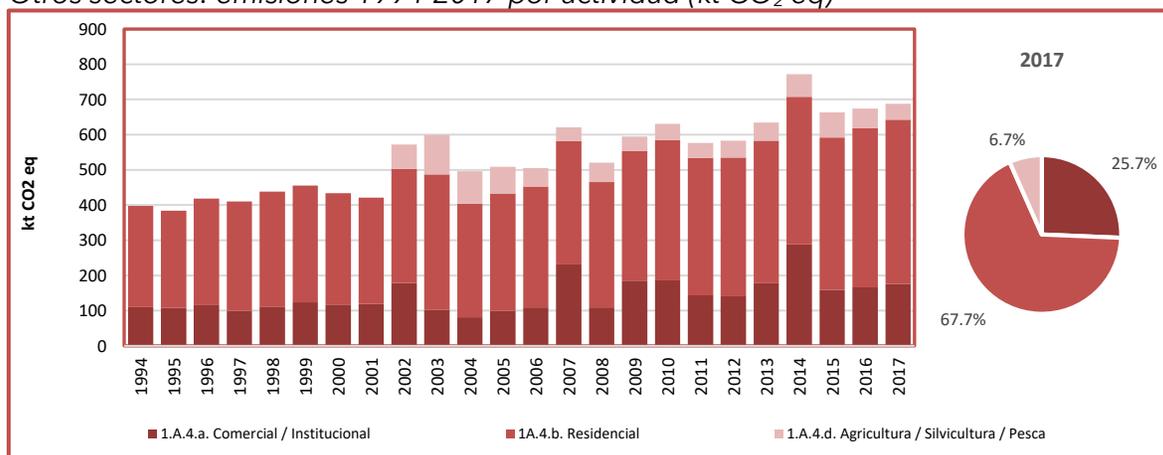
Otros sectores: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)

Actividad	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
1.A.4.a. Comercial / Institucional	109.9	117.8	99.1	186.3	177.9	166.0	176.5
1.A.4.b. Residencial	287.7	315.7	333.5	398.4	404.8	451.7	465.6
1.A.4.d. Agricultura / Silvicultura / Pesca	0.0	0.0	76.2	46.5	51.9	56.8	45.8
<b>Total</b>	<b>397.6</b>	<b>433.6</b>	<b>508.8</b>	<b>631.2</b>	<b>634.5</b>	<b>674.5</b>	<b>687.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 3.10**

Otros sectores: emisiones 1994-2017 por actividad (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 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
1.A.4. Otros sectores	T1	D	T1	D	T1	D
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	D	T1	D	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 2007, que proviene de información proporcionada por la DNH (Tabla 3.37). Para 2005 a 2017 se desagregó los datos de otro queroseno de la manera siguiente:

- Se obtuvo información proporcionada por la DNH para 2005 y 2017 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/diesel 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 (TJ), serie 1994-2017

Año	Madera/desechos de madera	GLP	Otro queroseno	Carbón vegetal	Gasolinas para motores	Gas/ diesel oil	Fuelóleo residual	Total
1994	8,996.1	3,638.7	367.3	160.8	–	676.5	55.9	13,895.4
1995	8,789.5	3,470.8	336.5	137.5	–	695.5	54.2	13,484.0
1996	8,587.2	4,009.1	374.0	118.0	–	681.4	60.3	13,829.9
1997	8,389.7	4,097.9	432.4	102.7	–	492.3	38.9	13,553.9
1998	8,196.6	4,369.6	547.7	88.0	–	547.0	38.9	13,787.7
1999	8,008.3	4,690.3	537.7	77.0	–	534.9	45.3	13,893.4
2000	7,855.5	4,717.5	322.1	64.8	–	443.7	51.8	13,455.3
2001	7,823.7	4,667.8	192.7	63.0	–	455.8	46.6	13,249.6
2002	7,792.5	4,694.8	427.8	63.6	32.2	2,252.6	0.7	15,264.2
2003	7,761.3	6,055.2	414.9	61.8	92.6	1,416.4	–	15,802.2
2004	7,730.2	5,026.1	167.9	58.1	112.6	933.9	191.6	14,220.3
2005	7,699.6	5,362.4	85.6	56.2	326.8	659.7	234.5	14,424.9
2006	7,669.0	5,680.6	63.6	53.8	282.5	505.0	143.0	14,397.6
2007	7,637.9	5,872.1	15.3	53.2	1,067.6	1,303.9	57.1	16,007.1
2008	7,607.3	4,699.5	31.8	53.2	289.7	1,522.7	188.3	14,392.4
2009	7,577.3	5,619.4	90.2	50.7	363.1	1,789.2	26.9	15,516.9

Año	Madera/ desechos de madera	GLP	Otro queroseno	Carbón vegetal	Gasolinas para motores	Gas/ diesel oil	Fuelóleo residual	Total
2010	7,573.7	5,836.6	310.9	50.7	426.0	1,821.3	26.6	16,045.7
2011	7,544.9	5,040.3	92.6	49.5	501.9	1,911.3	28.3	15,168.8
2012	7,516.8	5,189.8	11.1	48.3	564.7	1,885.5	27.7	15,244.0
2013	7,488.7	5,370.9	9.7	47.7	553.8	2,410.2	59.8	15,940.7
2014	7,460.4	5,606.4	30.5	44.7	604.5	4,041.7	11.3	17,799.6
2015	7,431.9	5,821.4	2.3	42.5	610.6	2,431.6	9.4	16,349.8
2016	7,403.4	6,111.0	2.3	44.1	598.0	2,356.3	1.3	16,516.4
2017	7,376.4	6,321.6	1.6	41.3	635.7	2,327.7	-	16,704.3

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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
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
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
Carbón vegetal	112,000	kg CO <sub>2</sub> /TJ	200.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	1.0	kg N <sub>2</sub> O /TJ
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
Gas/diesel 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

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
Madera/Desechos de Madera	112 000	kg CO <sub>2</sub> /TJ	300.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	4.0	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
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
Carbón vegetal	112 000	kg CO <sub>2</sub> /TJ	200.0	kg CH <sub>4</sub> /TJ	1.0	kg N <sub>2</sub> O /TJ
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
Gas/diesel 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

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).

Las incertidumbres combinadas de las categorías de fuente de GEI de la subcategoría *otros sectores* varían desde  $\pm 11.5$  a 219.1 % 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 (%)

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	10.6%	2.7%	11.0%
Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	9.7%	97.4%	97.9%
Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	9.8%	149.4%	149.7%
Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	59.8%	149.4%	161.0%
Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	59.9%	274.6%	281.1%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 (1994-2017). 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 debido a la disposición de nuevos datos de actividad, lo cual generó diferencias en las emisiones con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Las diferencias entre los INGEI presentados (Tabla 3.41) se atribuyen principalmente a que los datos de 1994 del INGEI anterior no se incluyen las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, exclusión del consumo de lubricantes en 1994-2017 debido a que en el BEN se incluyen en el apartado «uso no energético», el uso de lubricantes para el recálculo se traspasó al sector IPPU; cambio en el factor de conversión de kbp a TJ desde la OLADE a la IEA, se determinó que este último se adapta mejor a la realidad del país; se corrigieron los factores de emisión utilizados para el fuelóleo. Además, para la desagregación de lo reportado bajo kerosene y jet fuel se utilizó información proporcionada por la DNH para 2005 a 2017, donde se incluyen datos que permitieron diferenciar el consumo de otro queroseno del queroseno para motor a reacción y gasolina para la aviación. Esto se incluía todo bajo otro queroseno en los INGEI anteriores.

**Tabla 3.41**

Otros sectores: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	493.8	300.4	307.4	540.5	594.1				
INGEI actual	397.6	433.6	508.8	631.2	634.5	772.0	663.6	674.5	687.9
<b>Diferencia</b>	<b>-96.2</b>	<b>133.1</b>	<b>201.4</b>	<b>90.7</b>	<b>40.4</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-19.5%</b>	<b>44.3%</b>	<b>65.5%</b>	<b>16.8%</b>	<b>6.8%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 por falta de información. Panamá avanzará en el levantamiento de información 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



La construcción es una de las actividades que más aporta a la economía del país, un motor productivo que se ha mantenido con un dinamismo notorio en la última década.

© Cementos Argos, República de 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), 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 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* y, por primera vez, se incluyen las categorías de *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. Las categorías *industria química*, *industria de los metales*, *industria electrónica* no ocurren en el país, mientras que la categoría *manufactura y utilización de otros productos* no fue estimada por falta de datos de actividad.

Según estudio elaborado por el Ministerio de Economía y Finanzas del sector de la construcción en Panamá, la construcción es una de las actividades que más aporta a la economía del país, un motor productivo que se ha mantenido con un dinamismo notorio en la última década que, desde 2014, se ha posicionado como la segunda actividad con mayor participación en la generación de valor agregado en el Producto Interno Bruto (PIB), alcanzando en 2016 el 14.9 %, según cifras publicadas por el INEC. La producción de materiales de construcción, como el concreto premezclado y el cemento, es un indicador de la demanda de materiales que generan las obras públicas y privadas. Normalmente un periodo con fuertes inversiones en obras de infraestructura o megaproyectos se traduce en fuertes incrementos de la producción de materiales de construcción. (MEF, 2017)

Por otra parte, varias disposiciones del Protocolo de Montreal aceleraron el mandato de eliminación del hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y las Partes han actuado para proteger el medio ambiente eligiendo sustitutos a estas SAO. En este sentido, la responsabilidad de los países se ha orientado a buscar HFC de bajo PCG o sustitutos sin HFC. Actualmente, como consecuencia de la reducción del consumo de HCFC ha sido la introducción de sustitutos de las SAO en el país. 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 destacar que Panamá no produce estas sustancias, por lo que su consumo depende de las importaciones (MINSA, 2017).

#### 4.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI del sector IPPU de Panamá de 2017, por tipo de GEI (Tabla 4.1 y Tabla 4.2) fueron 802,6 kt CO<sub>2</sub> y 454.2 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 2017

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>802.6</b>	<b>NA, NO</b>	<b>NA, NO</b>	<b>454.1</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	766.9							NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.A.1.	Producción de cemento	C										NE
2.A.2.	Producción de cal	C										
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	35.7	NA, NO	NA, NO					NO	NO	NE, NO	NO
2.D.1.	Uso de lubricantes	35.7							NO	NO	NE	NO
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	NE	NA	NA					NO	NO	NE	NO
2.D.3.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2.E.	Industria electrónica				NO	NO	NO	NO				
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores				NO	NO	NO	NO				
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT				NO	NO	NO	NO				

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.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				454.1	NO	NA	NO				
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado				454.1	NO	NA	NO				
2.F.2.	Agentes espumantes				NO	NO	NA	NO				
2.F.3.	Protección contra incendios				0.0	NO	NA	NO				
2.F.4.	Aerosoles				NE	NO	NA	NO				
2.F.5.	Solventes				NE	NO	NA	NO				
2.F.6.	Otras aplicaciones				NO	NO	NA	NO				
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	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					NO	NO					
2.G.3.	N <sub>2</sub> O de usos de productos			NO								
2.G.4.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla 4.2**  
**Sector IPPU: emisiones de HFC, categorías y sustancia (kt) para 2017**

Código	Categorías de fuente de GEI	HFC						
		HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-152A	HFC-125	HFC-143a	HFC-227ea
<b>2.</b>	<b>Procesos industriales y uso de productos</b>	<b>238.5</b>	<b>0.0</b>	<b>26.8</b>	<b>0.7</b>	<b>151.4</b>	<b>36.7</b>	<b>0.0</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	NO
2.B.1.	Producción de amoníaco							
2.B.2.	Producción de ácido nítrico							
2.B.3.	Producción de ácido adípico							
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico							
2.B.5.	Producción de carburo							
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio							
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa							
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo							
2.B.9.	Producción fluoroquímica	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10.	Otros (especificar)							
2.C.	Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.1.	Producción de hierro y acero							
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones							
2.C.3.	Producción de aluminio							
2.C.4.	Producción de magnesio	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.5.	Producción de plomo							
2.C.6.	Producción de cinc							
2.C.7.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes							
2.D.1.	Uso de lubricantes							
2.D.2.	Uso de la cera de parafina							
2.D.3.	Otros (especificar)							
2.E.	Industria electrónica	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Código	Categorías de fuente de GEI	HFC						HFC-227ea
		HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-152A	HFC-125	HFC-143a	
2.E.3.	Células fotovoltaicas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E.5.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO	238.5	0.0	26.8	0.7	151.4	36.7	0.0
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	238.5	0.0	26.8	0.7	151.4	36.7	NO
2.F.2.	Agentes espumantes	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.3.	Protección contra incendios	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.0
2.F.4.	Aerosoles	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5.	Solventes	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6.	Otras aplicaciones	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.1.	Equipos eléctricos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.2.	SF <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	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El sector IPPU representó un 2.8 % del balance nacional en 2017 (7.0 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,256.8 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un importante 619.3 % desde 1994 y en un 34.2 % desde 2013 (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.

Con respecto a las categorías que forman parte del sector, en 2017, un 61.0 % corresponde a *industria de los minerales*, un 36.1 % a *uso de productos sustitutos de las SAO*, y un 2.8 % corresponde a *productos no energéticos de combustibles y uso de solventes* (Tabla 4.4 y Figura 4.1). Esto demuestra la importancia que tiene la *industria de los minerales* en las emisiones total del sector.

**Tabla 4.3**

Sector IPPU: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)

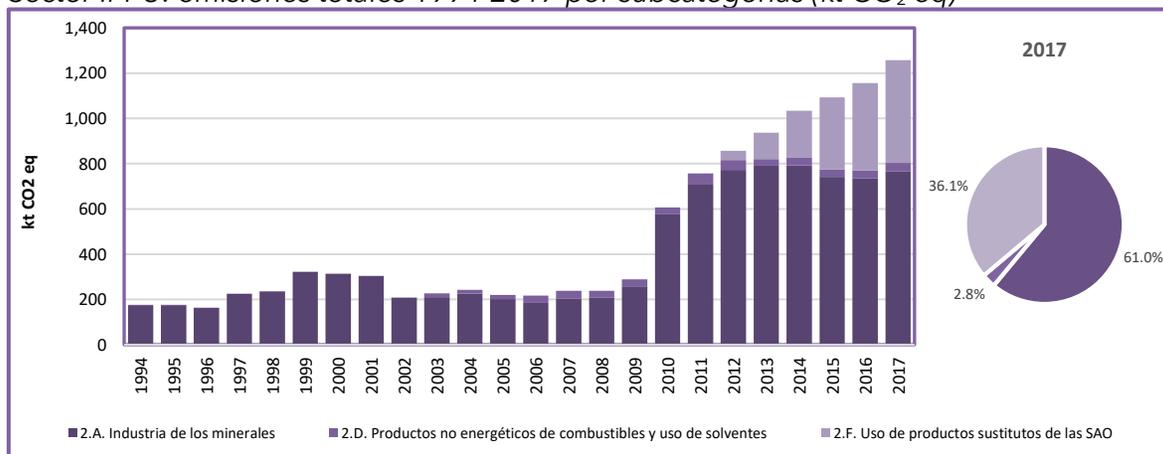
Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
2.A. Industria de los minerales	174.7	312.3	201.7	577.6	791.2	734.1	766.9
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	0.0	0.2	18.0	28.3	28.8	35.6	35.7
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	NO	NO	NO	NO	116.3	386.8	454.1
<b>Total</b>	<b>174.7</b>	<b>312.5</b>	<b>219.7</b>	<b>605.9</b>	<b>936.2</b>	<b>1,156.6</b>	<b>1,256.8</b>

Nota: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 4.1**

Sector IPPU: emisiones totales 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones del sector IPPU por tipo de GEI, en el 2017, estuvieron representadas por un 63.9 % de CO<sub>2</sub> y un 36.1 % de HFC (Tabla 4.4 y Figura 4.2). Se destaca el importante incremento de los HFC desde su ingreso 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, mientras que las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NF<sub>3</sub> y PFC no ocurren en el país. Los gases precursores no se estimaron por falta de tiempo para la aplicación la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 4.4**

Sector IPPU: emisiones totales 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

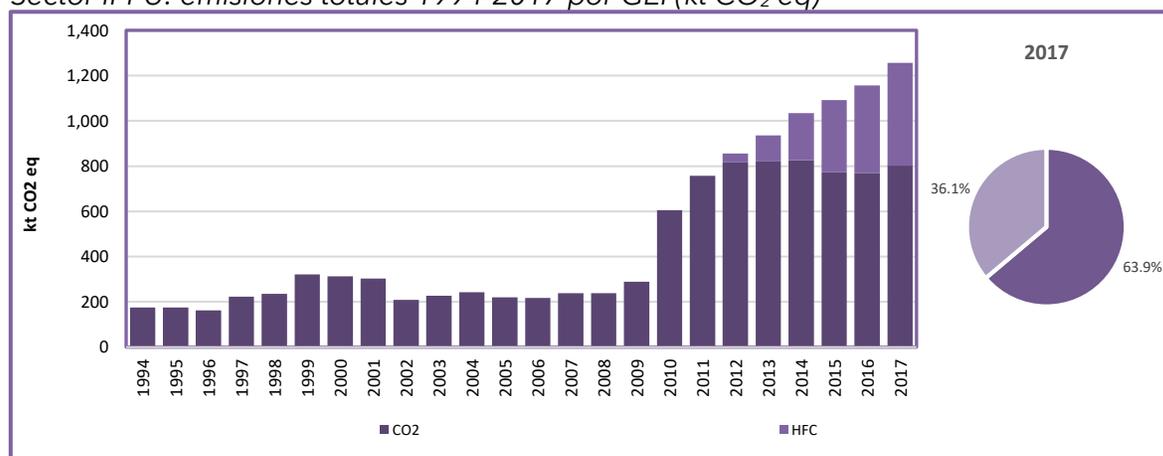
GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	174.7	312.5	219.7	605.9	820.0	769.8	802.6
HFC	NO	NO	NO	NO	116.3	386.8	454.1
<b>Total</b>	<b>174.7</b>	<b>312.5</b>	<b>219.7</b>	<b>605.9</b>	<b>936.2</b>	<b>1,156.6</b>	<b>1,256.8</b>

Nota: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 4.2**

Sector IPPU: emisiones totales 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

La estimación de las emisiones de HFC ha sido un logro importante 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 su consumo depende de las importaciones. Una consecuencia de la reducción del consumo de HCFC ha sido la introducción de estas sustancias, 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 1994-2017 por sustancia (kt CO<sub>2</sub> eq)

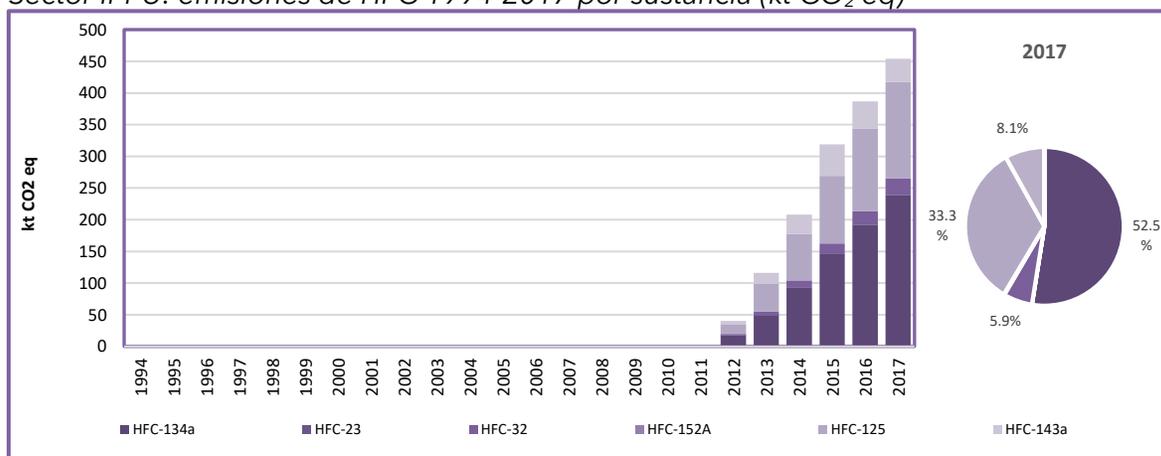
GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
HFC-134a	NO	NO	NO	NO	48.2	191.8	238.5
HFC-23	NO	NO	NO	NO	0.0	0.0	0.0
HFC-32	NO	NO	NO	NO	6.6	21.5	26.8
HFC-152A	NO	NO	NO	NO	0.2	0.6	0.7
HFC-125	NO	NO	NO	NO	43.3	130.3	151.4
HFC-143a	NO	NO	NO	NO	17.9	42.4	36.7
HFC-227ea	NO	NO	NO	NO	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>116.3</b>	<b>386.8</b>	<b>454.1</b>

Nota: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 4.3**

Sector IPPU: emisiones de HFC 1994-2017 por sustancia (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 4.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Las emisiones fueron estimadas de acuerdo con el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para la categoría, para el uso de productos sustitutos de las SAO se utilizó el método de Nivel 1a que consiste en la utilización de factores de emisión, mientras que el método de Nivel 2 se aplicó para *industria de los minerales*.

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 2017*

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	D, C, NE, NO												
2.B. Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Industria de los metales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, 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	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NE, NO	NE, NO	NO	NO
2.H. Otros (especificar)	NO	NO	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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las principales fuentes de datos de actividad utilizados son:

- Datos de producción de clínker: proporcionados directamente por las principales industrias productoras de cemento del país.
- Datos de producción de cal: proporcionados por industrias productoras del país por tipo de cal producida.
- Estadísticas publicadas del BEN: es fuente de datos de actividad del uso de lubricantes para en el presente INGEI. Es confeccionado por la SNE y se realiza siguiendo las pautas metodológicas de la OLADE en términos de energía final, donde los consumos de las diferentes fuentes de energía se presentan a nivel de sectores socioeconómicos.
- Datos de consumo de productos sustitutos de las SAO (sustancias puras y mezclas) obtenidos de la data levantada por la UNO basada en información suministrada por la Autoridad Nacional de Aduanas para el *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO*.

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 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.

## 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 y la producción de cal*. 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 de desarrolla de manera artesanal.

#### 4.2.2. Tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *industria de los minerales* es la principal categoría emisora de GEI del sector IPPU. En 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 766.9 kt CO<sub>2</sub> eq (61.0 % del total del sector), incrementándose en un 339.1 % desde 1994 y reduciéndose en un 3.1 % desde 2013 (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 y de construcción del Metro de Panamá y Panamá Pacífico que luego disminuye a partir de 2014 con la culminación de estos, pero con la construcción de nuevos proyectos como la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de Tocumen y el Puente Atlántico vuelve a aumentar en 2017. Adicional, se integraron las emisiones de GEI generadas por la *producción de cal* en este nuevo INGEI.

#### 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 específicos del país desagregados 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 para 2017*

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	D, C
2.A.2. Producción de cal	T2, C	D, C
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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Actualmente, Panamá cuenta con una única industria productora de clínker. En relación con la producción de cal, de igual manera, existe una única industria de magnitud y una serie de pequeños productores. Para este INGEI se tuvo acceso a los datos de producción y de parámetros de fabricación de las plantas de cemento y de la principal productora de cal. Sin embargo, no fue posible obtener información sobre los pequeños productores de cal ni tampoco sobre el uso final que le dan a este producto. 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 2 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.

Por lo tanto, las emisiones de las *producciones de cemento y producción de cal* son reportadas en conjunto como *industria de los minerales*.

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.
- Datos de producción de cal: proporcionados por industria productora del país por tipo de cal producida.

Pese a que la *producción de cemento y producción de cal* están siendo reportadas de manera agregada como *industria de los minerales*, sus aspectos metodológicos serán desagregados por subcategoría para tener mayor entendimiento de la metodología utilizada para la estimación de emisiones como se muestra a continuación.

### **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

### **Producción de cal**

El CO<sub>2</sub> se libera al calentar la piedra caliza o el carbonato de calcio para descomponer los carbonatos, esto se hace generalmente en hornos de caña u hornos rotatorios a altas temperaturas. Para la estimación de emisiones de la *producción de cal* se aplicó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006*, basado en los datos de la producción nacional de cal por tipo. En este nivel se requiere información específica del país sobre la proporción de cal hidratada que se produce. Se deben obtener las proporciones por tipo de cal respecto de producción de polvo de horno de cal (LKD) al nivel de planta como se muestra en la ecuación siguiente.

## Ecuación 4.2

*Emissiones basadas en los datos de producción nacional de cal, por tipos*

$$Emissiones\ de\ CO_2 = M_{cal,i} \times EF_{cal,i} \times CF_{lkd,i} \times C_{h,i}$$

Fuente: Ecuación 2.6, Capítulo 2, Volumen 3, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- Emissiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la producción de cal, toneladas de CO<sub>2</sub>
- M<sub>cal,i</sub> = producción de cal de tipo i, toneladas
- EF<sub>cal,i</sub> = factor de emisión para la cal tipo i, toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de cal
- CF<sub>lkd,i</sub> = factor de corrección para las emisiones del LKD para la cal de tipo i, sin dimensión
- C<sub>h,i</sub> = factor corrector para la cal hidratada del tipo de cal i, sin dimensión
- i = tipo de cal

### 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 y cal en el territorio nacional pero tal y como se detalló en la Sección 4.2.3, estos datos serán tratados como confidenciales.

#### **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 desde 1995 y con base en información histórica se decide utilizar el mismo dato de actividad para 1994 puesto que el comportamiento de la industria fue muy similar para estos dos años. La serie temporal logró incluir a los todos los productores de cemento responsables de producir clínker, los cuales son Cemex Panamá (<https://www.cemexpanama.com>) y Argos (<https://www.argos.com.pa>) antes conocido como Cemento Panamá, este último produjo clínker entre 1997 y 2001, lo que significa una mejora significativa para esta categoría.

#### **Producción de cal**

Los datos fueron proporcionados por la única planta productora de cal a nivel nacional, Calizas Finas Chiriquí S.A. (<http://calizasfinas.com>) y en donde únicamente se produce cal dolomita. Se cuenta con datos de producción de cal dolomita desde 2016. No fue posible obtener información de los pequeños productores.

### 4.2.3.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de emisiones de esta categoría se utiliza como base factores por defecto para *producción de cemento* como para la *producción de cal*, según lo señalado en la *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 2.2.1.2, Capítulo 2, Volumen 3).

#### **Producción de cemento**

Para derivar un factor de emisión en la *producción de cemento* para el clínker se requiere conocer el contenido de CaO del clínker, así como la fracción de CaO que se haya derivado de una fuente de carbonato (generalmente el CaCO<sub>3</sub>). Debido a la falta de disposición de suficientes datos específicos de país se asume que el clínker está

contenido por un 65 % de CaO, es completamente derivado de CaCO<sub>3</sub> y que se alcanza un 100 % de calcinación en el horno tal como se recomienda en las *Directrices del IPCC del 2006* para el Nivel 1.

Dado que los datos sobre la cantidad de emisiones de CKD producidos son escasos, se asumen un 2 % de corrección al CO<sub>2</sub> calculado para el clínker y se utiliza como base un factor por defecto de según lo señalado en la *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 2.2.1.2, Capítulo 2, Volumen 3).

### **Producción de cal**

En la *producción de cal* el factor de emisión de CO<sub>2</sub> depende de la relación estequiométrica entre el CO<sub>2</sub> y el CaO (SRCaO). Se utilizaron valores por defecto al no contar con valores país específicos. De acuerdo con lo señalado en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 2.4, Capítulo 2, Volumen 3). El factor de emisión por tipo de cal en este caso es 0.77 para cal dolomita y adicionalmente también se consideran factores correctores para el LKD de 1.02 y cal hidratada de 0.97 que, debido a la falta de información, ambos factores son por defecto. En la Tabla 4.8 se presentan los factores de emisión utilizados.

**Tabla 4.8**

*Industria de los minerales: factores de emisión aplicados*

Subcategoría/fuente	FE - CO <sub>2</sub>	
	Valor	Unidad
2.A.1. Producción de cemento	0.51	t CO <sub>2</sub> / t clínker
2.A.2. Producción de cal	0.77	t CO <sub>2</sub> / t cal dolomita

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Capítulo 2, Volumen 3, *Directrices del IPCC de 2006*.

#### **4.2.4. 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 2.2.2 y Sección 2.3.2 de las *Directrices del IPCC de 2006* (Capítulo 2, Volumen 3).

La incertidumbre combinada de las categorías de fuente de GEI de *industria de los minerales* es de ±36.1 % dominada principalmente por el uso de factores de emisión por defecto, más que por los datos de actividad utilizados (Tabla 4.9). La mayor fuente de incertidumbre de la *producción de cemento* está asociada a la adopción del factor de corrección CKD por defecto que, de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006*. En el caso de la *producción de cal* el grupo compilador de INGEl identificó la existencia otras industrias que utilizan cal viva como materia prima (papel, pan, lácteos). Esto coincide con otra información que indica la comercialización de CaCO<sub>3</sub> sin uso final informado. Por esta razón se considera la existencia de otros productores de cal cuya actividad no fue identificada al momento de realizar el presente informe. Esto fue tomado en consideración por lo que se aumentó la incertidumbre asociada al dato de actividad de producción de cal. Es importante mencionar que, por temas de confidencialidad, se presentan los valores de incertidumbre agrupados en la categoría.

**Tabla 4.9**

*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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para toda la serie de la *producción de cemento* se utilizó la misma fuente de datos proveniente de la industria nacional (CEMEX Panamá), la cual es consistente. Solo existió un vacío de información para 1994 el cual fue superado utilizando información histórica de la industria, dando como resultado el uso del mismo dato de actividad de 1995, dado el comportamiento similar en la producción para ambos años. Adicionalmente, para esta serie temporal fue considerada una nueva fuente de información (Argos Panamá) del cual no se tiene registro de ser incluida en INGEI previos.

En el caso de la *producción de cal*, se utilizaron datos provenientes directamente de la industria nacional (Calizas Finas Chiriquí) la cual es una fuente confiable.

#### **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 1.2.3. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales describen a continuación.

##### **4.2.5.1. Actividades específicas de garantía de la calidad**

Las estimaciones específicas y ajustes de los datos de actividad y el factor de emisión de la categoría fueron revisadas por Laura Dawidowski (experta del sector y miembro de los Equipos de Revisores Expertos que realizan los exámenes técnicos de los inventarios anuales de las Partes anexo I de la CMNUCC). Una vez el inventario sectorial fue sometido a las revisiones por un experto externo al Equipo técnico de IPPU, se realizaron consultas y se aclararon dudas respecto al manejo de la información de las industrias productoras de cemento y cal, el cual es un grupo muy reducido en el país. Como parte de las mejoras atendidas durante estas revisiones para este INGEI se encuentra el reforzar la transparencia del inventario sectorial al aclarar por qué se presentan las estimaciones en conjunto y se reportan como información confidencial.

##### **4.2.5.2. Actividades específicas de control de la calidad**

Desde la recepción de los datos, tanto para la *producción de cemento* y la *producción de cal*, 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 un control y comparación de estas utilizando el *Software del IPCC* y en donde no debieron obtenerse diferencias. Adicional, estos resultados fueron enviados a las industrias proveedoras de datos donde se

comprobó con ellos la calidad de estos y las estimaciones realizadas, puesto que la información proviene directamente de ellos.

#### 4.2.5.3. Actividades específicas de verificación

En el caso puntual de la *producción de cemento* de Argos Panamá, se realizó una validación a través de la plantilla de Excel del CSI-WBCSD (Cement Sustainability Initiative, hoy llamada GCCA –Global Cement and Concrete Association–, capítulo del sector cementero del World Business Council for Sustainability –WBCSD–). Esta es una herramienta de cálculo que le permite al sector cementero la aplicación práctica de la metodología para la contabilidad y reporte de la energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>.<sup>12</sup> Este ejercicio dio como resultado una leve variación de 3.0 % la cual radicó en el factor de emisión para el proceso de calcinación usado en cada uno de los cálculos.

En este proceso de comparación de resultados también se observó que el dato obtenido por Argos incluye el CO<sub>2</sub> del contenido de carbono orgánico de la harina cruda mientras que los cálculos del inventario no parecen incluir estas emisiones; sin embargo, vale la pena anotar que dichas emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al contenido de carbono orgánico de la harina cruda representaron tan solo el 2 % del total de emisiones de CO<sub>2</sub> de las materias primas.

No se realizaron actividades específicas de verificación para la *producción de cal*.

#### 4.2.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *industria de los minerales* debido a la disposición de nuevos datos de actividad para la *producción de cemento* y la inclusión de las emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de la *producción de cal*, lo cual generó diferencias en las emisiones con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

El INGEI 1994-2017 de *industria de los minerales* incluye las emisiones de *producción de cal* que había dejado de estimarse para los INGEI de 2005, 2010 y 2013. Sin embargo, solo se cuenta con datos desde 2016, puesto que no fue posible incluir las emisiones de los pequeños productores de cal. Adicionalmente, se incluye una nueva fuente de datos de actividad para la *producción de cemento* que anteriormente no había sido considerada (Argos Panamá).

Como se presenta en la Tabla 4.10, las emisiones de la categoría *industria de los minerales* para 1994 y 2000 son menores en el INGEI actual en comparación con los INGEI anteriores, mientras que en 2005 prácticamente no hay diferencias, y en 2010 y 2013 se presenta un muy menor aumento en el INGEI actual. La diferencia significativa para 1994 y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los factores de emisión por defecto aplicados, además, de los diferentes datos de actividades. Sin embargo, no se dispone de la

<sup>12</sup> La plantilla de cálculo y el documento que describe la metodología pueden encontrarse en <https://www.cement-co2-protocol.org/en/index.htm>

información de los INGEI anteriores, por lo que no es posible asegurar con certeza el origen de las diferencias resultantes.

**Tabla 4.10**

*Industria de los minerales: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	412.9	592.7	201.7	577.5	790.9				
INGEI actual	174.7	312.3	201.7	577.6	791.2	792.4	740.9	734.1	766.9
<b>Diferencia</b>	<b>-238.2</b>	<b>-280.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-57.7%</b>	<b>-47.3%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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 llegó 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.
- 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, se espera que esta plataforma este en marcha para los últimos meses del 2022.
- Robustecer la búsqueda de los datos de actividad que no fueron posible conseguir para estos nuevos cálculos. Principalmente la información referente a los pequeños productores de cal, producción de vidrios. Se tiene planificado trabajar de la mano con la Dirección de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias para poder identificar esta información una vez se ponga en marcha el SSINGEI.

#### 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 los primeros usos 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 a procesos o como 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 a veces constituyen fuentes sustanciales de emisiones de 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 de datos de actividad y tiempo para la aplicación la metodología sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*. Por primera vez esta categoría formará parte del INGEI.

### 4.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 35.7 kt CO<sub>2</sub> eq (2.8 % del total del sector) incrementándose de forma extrema desde 1994 y con incremento moderado de un 24.1 % desde 2013 (Tabla 4.3 y Figura 4.1), debido a las dificultades que presentó la economía nacional previo a 2002 y a la poca información que se lograba conseguir para esos entonces para levantar estadísticas nacionales.

### 4.5.3. Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para las estimaciones de GEI de la categoría se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, utilizando datos de actividad del país desagregados y 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*. En la Tabla 4.11 se presentan los métodos aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 4.11**

*Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: 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
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.D.1. Uso de lubricantes	T1	D				
2.D.2. Uso de la cera de parafina	NE	NE	NA	NA	NA	NA
2.D.3. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

La fuente de datos de actividad utilizada fue estadística publicada del BEN para datos de actividad del uso de lubricantes del presente INGEI. El BEN es confeccionado por la SNE y se realiza siguiendo las pautas metodológicas de la OLADE en términos de energía final, donde los consumos de las diferentes fuentes de energía se presentan a nivel de sectores socioeconómicos.

Para la estimación de emisiones de *uso de lubricantes* se utilizaron datos sobre el consumo de lubricantes a nivel nacional y un factor 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 4.3

*Estimación de emisiones por el uso de lubricantes - método de Nivel 1*

$$Emisiones\ de\ CO_2 = LC \times CC_{lub} \times ODU_{lub} \times 44/12$$

Fuente: Ecuación 5.2, Capítulo 5, Volumen 3, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- LC: consumo total de lubricantes, TJ
- CC<sub>lub</sub>: contenido de carbono de los lubricantes, por defecto, toneladas de C/TJ
- ODU<sub>lub</sub>: factor ODU (basado en la composición por defecto de lubricante), 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, estos fueron obtenidos del BEN de la SNE. Por primera vez esta categoría forma parte del INGEI.

Los datos de actividad del *uso de lubricantes* provienen de un balance entre la producción, las importaciones y exportaciones. Estos fueron adquiridos en base a la información del BEN, el cual cuenta datos para toda la serie temporal desde 1994 a 2017 y los cuales se pueden observar en la Tabla 4.12.

**Tabla 4.12**

*Uso de lubricantes: datos de actividad 1994-2017*

Año	Consumo de lubricantes (kbep)	Consumo de lubricantes (TJ)
1994	0.5	3.1
1995	0.4	2.2
1996	2.0	12.3
1997	2.0	12.2
1998	2.0	12.2
1999	3.0	18.3
2000	2.5	15.3
2001	1.6	9.8
2002	29.6	180.7
2003	197.6	1,207.2
2004	198.2	1,211.0
2005	200.4	1,224.2
2006	363.8	2,222.8
2007	374.9	2,290.6
2008	355.3	2,170.9
2009	382.4	2,336.5
2010	316.2	1,932.0
2011	520.9	3,182.7
2012	481.9	2,944.4
2013	321.0	1,961.3
2014	374.7	2,289.4
2015	360.1	2,200.2
2016	397.7	2,429.9
2017	398.3	2,433.9

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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.

Los datos de consumo de lubricantes son muy variables a 2002, esto se debe a las dificultades que presentó la economía nacional y a la poca información que se lograba conseguir para esos entonces. Esto se debe a que entre 1997 a 2004, la información en buena medida fue interpolada, debido a cambios históricos de los organismos a cargo de la confección del BEN. Esta es una característica de la estadística a nivel nacional para ese período.

#### **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 por defecto para el *uso de lubricantes*, de 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. 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).

Debido a que solo se dispone de datos sobre el consumo total de lubricantes (es decir, no hay datos separados para las grasas y los aceites), se emplea el promedio ponderado de los factores ODU, como valor por defecto. Suponiendo que el 90 % de la masa de los

lubricantes corresponde a aceites y que el 10 % corresponde a grasas, al aplicar esta ponderación a los factores ODU para aceites y grasas se obtiene el factor ODU general (redondeado) de 20,0 t C/TJ. El factor de emisión utilizado para estas estimaciones se encuentra 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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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  $\pm 53.9$  % (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 y 20 % para la incertidumbre relacionada con la dificultad para determinar la cantidad de productos no energéticos utilizados en los países individuales; 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>	20.0%	50.1%	53.9%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para este nuevo INGEI se incluyeron por primera vez las emisiones de *uso de lubricantes*. La 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. Pese a ser una fuente confiable de datos, para 1997 a 2004 la información 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.

Adicional, al ser la misma fuente utilizada para las estimaciones del sector Energía, decisiones como el cambio en el factor de conversión de kbp 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 1.2.3. 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**

Las estimaciones específicas y ajustes de los datos de actividad y el factor de emisión fueron revisadas por Laura Dawidowski (experta del sector y miembro de los Equipos de Revisores Expertos que realizan los exámenes técnicos de los inventarios anuales de las Partes anexo I de la CMNUCC). Una vez el inventario sectorial fue sometido a las revisiones por un experto externo al Equipo técnico de IPPU, se realizaron sugerencias al inventario para mejorar las conversiones de kbp a TJ que se adaptara más a las circunstancias del país. Como parte de las mejoras atendidas durante estas revisiones para este INGEI se encuentra el cambio del factor de conversión de la OLADE al de la IEA.

##### **4.5.5.2. Actividades específicas de control de la calidad**

Desde la recepción de los datos, 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 y en donde no debieron obtenerse diferencias. Adicional, estos resultados fueron enviados a las industrias proveedoras de datos donde se comprobó con ellos la calidad de estos y las estimaciones realizadas, puesto que la información proviene directamente de ellos.

##### **4.5.5.3. Actividades específicas de verificación**

No se realizaron actividades de verificación

#### **4.5.6. Nuevos cálculos de la categoría**

El INGEI 1994-2017 incluye por primera vez la categoría *uso no energético de combustibles y de solventes*, por lo que sus emisiones no pueden ser comparadas con los INGEI previos

#### 4.5.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

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

- Implementación del siePanamá y el BEU por parte de la SNE, los cuales ya están diseñados y pronto iniciará su implementación. Esto permitirá la mejora de los datos del BEN, por lo que se puede aspirar a desagregar el consumo de lubricantes por tipo.
- 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 es reportada por primera vez como parte del inventario e 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 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 454.2 kt CO<sub>2</sub> eq (36.1 % del total del sector) incrementándose en un 290.7 % desde 2013 (Tabla 4.3 y Figura 4.1), debido principalmente a la salida progresiva de los clorofluorocarbonos (CFC) del mercado de refrigerantes 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.

### 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 4.15 se observan los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI.

**Tabla 4.15**

*Sector IPPU: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2017*

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

La fuente de datos de actividad utilizada fue las estadísticas de consumo de productos sustitutos de las SAO levantada por la UNO para el *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO* (MINSA, 2017) en base a 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*.

La metodología Nivel 1a para la estimación de emisiones de esta categoría está basada 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.

#### Ecuación 4.4

*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<sub>PA</sub> 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<sub>B</sub> 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 4.16). Esta desagregación se realizó a partir de la tendencia observada para el uso de las sustancias puras levantada para este estudio.

**Tabla 4.16**

*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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en información de la UNO (MINSa, 2017).

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* (Tabla 4.17).

**Tabla 4.17**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: contenido de HFC de las mezclas*

Mezclas HFC	HFC-152A	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a
R-404A	13.0%	-	-	-	-
R-407C	-	23.0%	25.0%	52.0%	-
R-410A	-	50.0%	50.0%	-	-
R-507A	-	-	50.0%	-	50.0%
R-407A	-	20.0%	40.0%	40.0%	-
R-417A	-	-	46.6%	50.0%	-
R-422D	-	-	65.1%	31.5%	-
R-438	-	8.5%	45.0%	44.2%	-

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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 el *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO* (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.

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 a evidenciar 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 4.18). Hasta el 2017 hay evidencia de importación de sustancias puras y mezclas, sin embargo, estas últimas solo para uso en *refrigeración y aire acondicionado*.

**Tabla 4.18**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC 2012-2017 (toneladas)*

Año	HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-227ea	R-404A	R-407C	R-410A	R-507A	R-407A	R-417A	R-422D	R-438
2012	87.9	0.0	–	0.1	25.2	3.5	38.5	16.8	–	3.4	–	–
2013	168.4	–	–	–	52.3	2.3	93.9	35.5	–	0.2	–	–
2014	258.1	–	–	0.3	71.2	10.8	103.2	42.1	1.7	1.4	–	–
2015	345.8	–	–	–	61.6	2.8	118.0	66.4	–	0.3	0.0	0.3
2016	338.2	–	–	–	76.4	12.0	159.3	0.5	–	–	1.0	–
2017	384.7	–	0.1	–	54.2	1.3	165.7	1.7	–	0.0	–	3.3

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en información de la UNO (MINSAs, 2017).

### **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 4.17), lo cual es requerido por la metodología. Pese a que se importan ocho tipos de mezclas únicamente para uso de *refrigeración y aire acondicionado*, ninguna de las ingresadas al país está compuesta por PFC.

**Tabla 4.19**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC para refrigeración y aire acondicionado 2012-2017 (toneladas)*

Año	HFC-134a	HFC-23	HFC-32	HFC-152A	HFC-125	HFC-143a
2012	91.4	0.03	20.1	3.3	30.2	8.4
2013	169.7	–	47.5	6.8	65.4	17.7
2014	265.1	–	54.4	9.3	76.7	21.1
2015	347.6	–	59.7	8.0	93.2	33.2
2016	344.8	–	82.4	9.9	83.6	0.2
2017	386.9	–	83.5	7.0	85.5	0.9

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en información de la UNO (MINSAs, 2017).

### **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 y 2014 (Tabla 4.20).

**Tabla 4.20**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: importación de HFC para protección contra incendios 2012-2017 (toneladas)*

Año	HFC-227ea
2012	0.080
2013	–
2014	0.320
2015	–
2016	–
2017	–

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en información de la UNO (MINSa, 2017).

#### 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 crecimiento de venta de nuevos equipos y porcentajes de destrucción (Tabla 4.21).

**Tabla 4.21**

*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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 4.22), 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 *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO* (MINSa, 2017) y la importación de estas sustancias reportada por la Autoridad Nacional de Aduanas, dando como resultado una incertidumbre de  $29.9$  % 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 4.22**

*Uso de productos sustitutos de las SAO: incertidumbre combinada (%)*

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC	29.9%	100.0%	104.4%
2.F.3. Protección contra incendios	HFC	0.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Respecto a la consistencia de la serie temporal, para este nuevo INGEI se incluyeron por primera vez las emisiones de *uso de productos sustitutos de las SAO*. La fuente de datos de esta categoría proviene del *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO* (MINSAs, 2017), los cuales compilan la información con la Autoridad Nacional de Aduanas y es validada a través de encuestas de uso estimado con los mismos importadores, un grupo muy reducido y 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 tiene previsto trabajar en la compilación de la data estadística previa al 2012, directamente de la Autoridad Nacional de Aduanas y que la misma sea validada por la UNO y dado que el *Estudio sobre el uso de alternativas a las SAO* no es actualizado anualmente, esto será clave para la estimación de emisiones.

Debido a que es la primera vez que esta categoría es incluida en el INGEI, las decisiones para las estimaciones fueron tomadas a través de mesas de trabajo conformadas por un equipo experto interinstitucional conformado por la UNO, Autoridad Nacional de Aduanas y un grupo de importadores de estas sustancias, de manera tal que el INGEI fuera levantado sobre la información más certera.

#### **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 1.2.3. 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**

Las estimaciones específicas y ajustes de los datos de actividad y el factor de emisión de la categoría fueron revisadas por Laura Dawidowski (experta del sector y miembro de los Equipos de Revisores Expertos que realizan los exámenes técnicos de los inventarios anuales de las Partes anexo I de la CMNUCC). Una vez el inventario sectorial fue sometido a las revisiones por un experto externo al Equipo técnico de IPPU, se recibieron sugerencias al inventario referente a la compilación de la data estadística previa al 2012 independientemente de lo pequeña que pueda ser. Como parte de las mejoras atendidas durante estas revisiones para este inventario se encuentra la definición de valores de incertidumbre de acuerdo con las circunstancias del país y aclaración de información referente a las espumas, puesto que, por confirmación de la UNO, demostró una tendencia directa de CFC a hidrofuroolefinas (HFO).

#### 4.7.5.2. Actividades específicas de control de la calidad

Desde la recepción de los datos, 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 y en donde no debieron obtenerse diferencias. Adicional, estos resultados fueron presentados a la UNO, proveedores de datos donde se comprobó con ellos la calidad de estos y las estimaciones realizadas.

Por otra parte, a través de juico 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

El INGEI 1994-2017 incluye por primera vez la categoría *uso de productos sustitutos de las SAO*, por lo que sus emisiones no pueden ser comparadas con INGEI previos.

#### 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.
- Robustecer la búsqueda de los datos de actividad que no fueron posible conseguir para estos nuevos cálculos. Principalmente la información de los sustitutos de las SAO previa a 2012. Esto entrará en ejecución junto con la implementación del SSINGEI.
- 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, esta es una actividad no planeada pero que se espera tener a corto plazo debido a la importancia de esta categoría en la tendencia del INGEI.
- 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.*

#### **4.8. Manufactura y utilización de otros productos (FCR 2.G)**

Esta categoría no ocurre en el país.

# 5 SECTOR AGRICULTURA

El sector agricultura aborda las emisiones derivadas de actividades agropecuarias que llevan un proceso de gestión, producción de alimentos, manejo de suelos y animales, entre otros.

© Ministerio de Ambiente, 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 2017, las emisiones de GEI del sector Agricultura, por tipo de GEI, fueron 6.4 kt CO<sub>2</sub>, 97.5 kt CH<sub>4</sub> y 2.7 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 0.3 kt NO<sub>x</sub> y 10.8 kt CO.

**Tabla 5.1**

Sector Agricultura: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2017

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>6.4</b>	<b>97.5</b>	<b>2.7</b>					<b>0.3</b>	<b>10.8</b>	<b>NO</b>	
3.A.	Fermentación entérica		90.2									
3.A.1.	Vacunos		87.6									
3.A.1.a.	Vacas lecheras		10.5									
3.A.1.b.	Otros vacunos		77.2									
3.A.2.	Ovinos		0.1									
3.A.3.	Porcinos		0.4									
3.A.4.	Otro ganado		2.1									
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		1.9									
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		3.2	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		0.8	0.0							NO	
3.B.4.	Otro ganado		0.7	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		0.5	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		3.8								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		1.6								NO	
3.C.2.	Alimentadas a lluvia		2.2								NO	
3.C.3.	Aguas profundas		NO								NO	
3.C.4.	Otros (especificar)		NO								NO	
3.D.	Suelos agrícolas			2.5							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		0.3	0.0					0.3	10.8	NO	
3.F.1.	Cereales		0.0	0.0					0.0	0.1	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		0.3	0.0					0.3	10.7	NO	
3.F.3.	Otros (especificar)		NO	NO					NO	NO	NO	
3.G.	Encalado	0.3										
3.G.1.	Caliza	0.3										
3.G.2.	Dolomita	0.1										
3.H.	Aplicación de urea	6.1										
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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El sector Agricultura representó un 7.6 % del balance nacional en 2017 (19.4 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En el mismo año, sus emisiones alcanzaron 3,463.2 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 5.3 % desde 1994 y disminuyendo en un 10.1 % con respecto al 2013 (Tabla 5.2 y Figura 5.1). El sector de manera general presenta un incremento insignificante 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 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 2017, un 72.9 % corresponde a la *fermentación entérica*, un 19.0 % a *suelos agrícolas*, y 4.5 % a *gestión del estiércol* y en menor proporción las demás categorías, las cuales en conjunto alcanzan solo el 3.6 %. 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**

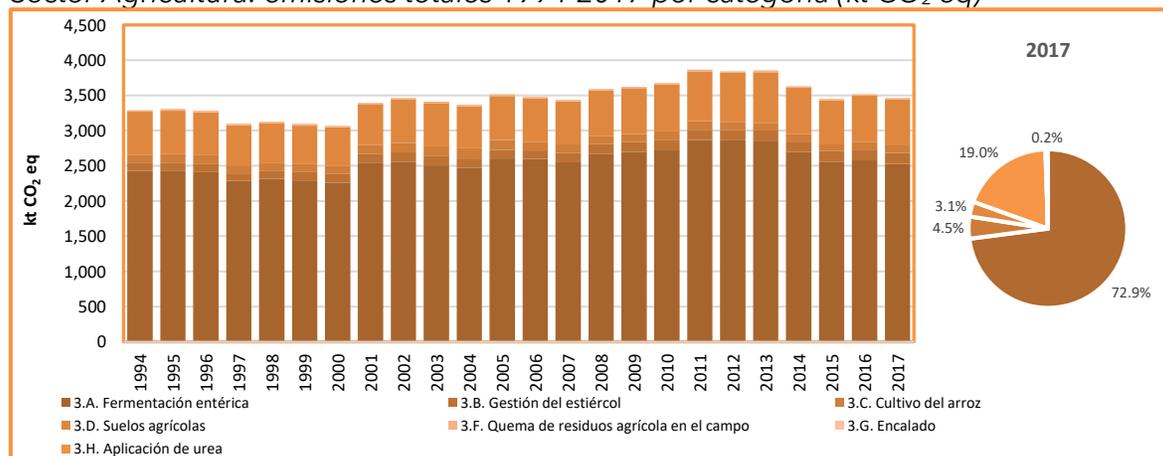
Sector Agricultura: emisiones totales 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.A. Fermentación entérica	2,429.3	2,260.7	2,605.1	2,733.0	2,856.5	2,577.5	2,526.3
3.B. Gestión del estiércol	114.5	121.6	120.0	138.4	145.8	153.0	156.1
3.C. Cultivo del arroz	113.2	111.9	139.2	118.1	109.2	104.2	105.8
3.D. Suelos agrícolas	610.8	552.7	626.8	666.3	718.7	660.7	657.6
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	14.8	15.1	15.4	15.4	16.6	12.1	11.0
3.G. Encalado	0.1	0.0	0.6	0.6	0.4	0.2	0.3
3.H. Aplicación de urea	5.5	3.4	4.5	5.2	5.7	5.4	6.1
<b>Total</b>	<b>3,288.1</b>	<b>3,065.5</b>	<b>3,511.6</b>	<b>3,677.0</b>	<b>3,852.9</b>	<b>3,513.2</b>	<b>3,463.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.1**

Sector Agricultura: emisiones totales 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

En 2017, 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 78.8 %, seguido por un 21.0 % del N<sub>2</sub>O, y un 0.2 % 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**

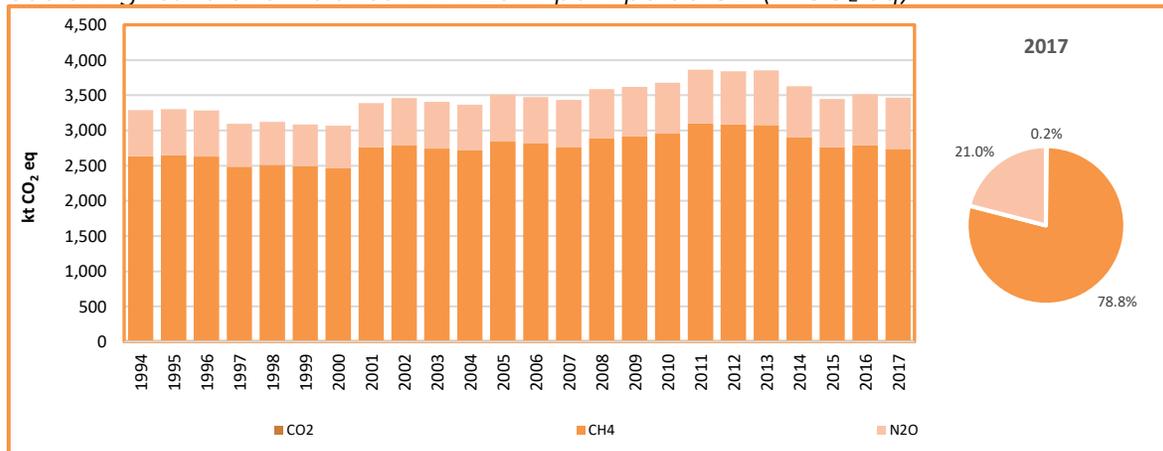
Sector Agricultura: emisiones 1994-2017 por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	5.6	3.5	5.1	5.8	6.1	5.6	6.4
CH <sub>4</sub>	2,628.4	2,459.2	2,838.4	2,947.9	3,068.6	2,780.3	2,730.2
N <sub>2</sub> O	654.1	602.9	668.1	723.3	778.3	727.3	726.6
<b>Total</b>	<b>3,288.1</b>	<b>3,065.5</b>	<b>3,511.6</b>	<b>3,677.0</b>	<b>3,852.9</b>	<b>3,513.2</b>	<b>3,463.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.2**

Sector Agricultura: emisiones 1994-2017 por tipo de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 5.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

El inventario del sector Agricultura, serie temporal 1994-2017, 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 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
3. Agricultura	T1, NO	D, NO	T1, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, 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

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.F. Quema de residuos agrícola en el campo			T1, NE, NO	D, NE, 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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.

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 de la actividad agropecuaria en la que el ganado realiza el proceso digestivo por el cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo. 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 72.9 %. En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 2,526.3 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 4.0 % desde 1994 y reduciéndose en un 11.6 % desde 2013 (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 1992-1993, 1997-1998, 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). Por otro lado, el sector pecuario se ha visto beneficiado por las distintas leyes y programas que ejecuta el MIDA que han impulsado la productividad en sus distintas actividades, especialmente entre 2001-2013. Con respecto a las subcategorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 85.5 %, seguido por *vacas lecheras* con 11.6 %, *equinos* con 2.1 %, y el resto de las categorías animales representan solo el 0.8 %.

**Tabla 5.5**

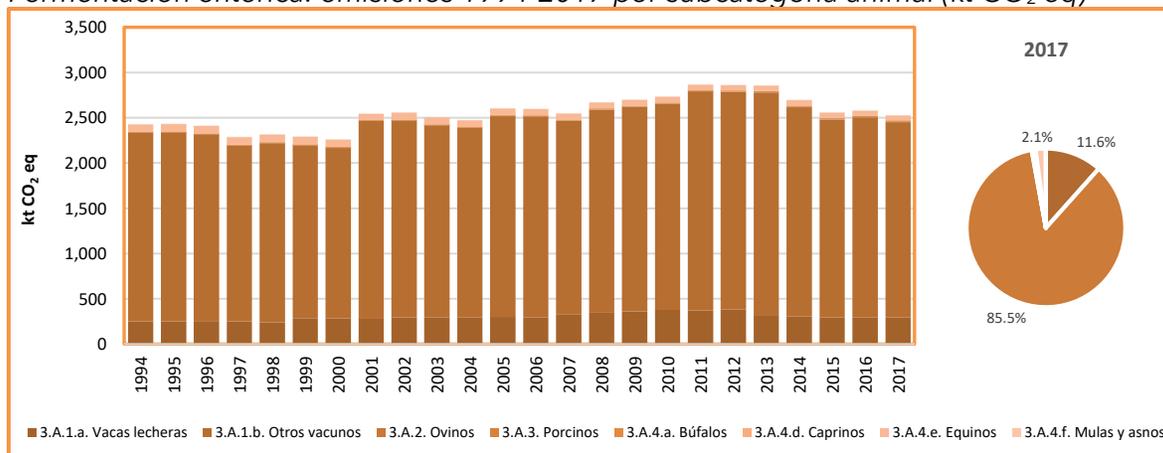
*Fermentación entérica: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategoría animal	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.A.1.a. Vacas lecheras	252.0	282.2	299.4	378.0	322.9	297.3	292.8
3.A.1.b. Otros vacunos	2,083.4	1,885.4	2,220.4	2,278.9	2,457.3	2,205.7	2,160.3
3.A.2. Ovinos	0.6	0.8	1.6	2.4	3.0	3.5	3.6
3.A.3. Porcinos	7.2	7.8	8.0	7.7	9.6	10.9	11.2
3.A.4.a. Búfalos	1.5	1.5	2.5	3.5	3.7	3.7	3.7
3.A.4.d. Caprinos	0.7	0.7	1.0	1.1	1.5	1.9	2.1
3.A.4.e. Equinos	82.8	81.1	71.1	60.5	58.0	53.8	52.0
3.A.4.f. Mulas y asnos	1.1	1.1	1.2	0.8	0.7	0.6	0.6
<b>Total</b>	<b>2,429.3</b>	<b>2,260.7</b>	<b>2,605.1</b>	<b>2,733.0</b>	<b>2,856.5</b>	<b>2,577.5</b>	<b>2,526.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.3**

*Fermentación entérica: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente

### 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 para 2017*

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 obedece a las especies ampliamente consumidas por la población y que a su vez se encuentran relacionadas con las actividades económicas; las emisiones totales de la *fermentación entérica* se obtienen sumando el total de datos generados para cada especie, tal como se indica en la Ecuación 10.20, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

#### 5.2.3.1. Datos de actividad específicos de la categoría

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 1994-2017, 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). El dato de *vacas lecheras* para 1995 fue generado por juicio de expertos. Además, 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 de 1994-2000 y el 2004 se utilizaron porcentajes promedios que provienen de los censos oficiales (1991, 2001 y 2011).

### **Ovinos**

Para obtener los datos de 1995-2000, 2002-2010, 2012-2016 se procedió a realizar interpolaciones utilizando datos de los censos 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, los datos de 1994-1999 y 2012-2017 fueron obtenidos por porcentajes promedio, mientras los datos de 2001-2010 son juicio de expertos con base en que la población de búfalos para esos años no ha cambiado, por lo tanto, el valor se repite.

### **Caprinos**

Los datos para 2000, 2001 y 2011 son datos oficiales nacionales y los datos de 1994-1999, 2002-2010 son estadísticas de FAOSTAT. El 2017 es obtenido mediante el juicio de experto, y 2012 y 2016 se obtuvieron por interpolación.

### **Equinos**

Se utilizaron datos del INEC (censos agropecuarios del 2001 y 2011) y FAOSTAT.

## 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
1994	93,946	31,054	1,328,700	4,000	257,400	1,000	5,200	164,220	3,800	10,767,600
1995	94,322	31,178	1,330,100	4,289	261,200	1,000	5,200	165,000	4,000	10,601,800
1996	94,697	31,303	1,316,100	4,578	244,000	1,000	5,200	165,000	4,000	9,679,600
1997	93,946	31,054	1,237,200	4,867	239,900	1,000	5,200	165,000	4,000	9,470,100
1998	90,188	29,812	1,262,200	5,157	251,800	1,000	5,200	165,000	4,000	12,774,100
1999	106,723	35,277	1,217,800	5,446	278,300	1,000	5,300	166,000	4,000	12,017,500
2000	105,219	34,781	1,202,400	5,735	277,700	1,000	5,200	161,000	4,000	14,666,300
2001	104,468	34,532	1,392,716	6,024	312,189	1,127	6,165	134,781	3,254	15,004,690
2002	109,879	36,321	1,386,300	7,293	303,000	1,255	6,165	153,000	4,100	15,994,538
2003	110,781	36,619	1,351,000	8,562	312,100	1,382	6,405	149,000	4,150	15,588,811
2004	110,480	36,520	1,333,400	9,831	291,100	1,509	6,645	145,000	4,200	16,166,646
2005	111,608	36,892	1,416,100	11,100	286,200	1,637	6,885	141,000	4,200	17,415,048
2006	110,105	36,395	1,415,100	12,369	277,700	1,764	7,125	138,000	4,200	17,849,578
2007	121,754	40,246	1,364,200	13,637	325,200	1,892	7,365	133,000	4,200	18,148,007
2008	128,518	42,482	1,432,100	14,906	317,900	2,019	7,605	130,000	3,750	19,249,337
2009	134,531	44,469	1,442,100	16,175	273,200	2,146	7,845	125,000	3,300	18,848,667
2010	140,919	46,581	1,453,400	17,444	276,400	2,274	8,085	120,000	2,850	20,179,297
2011	138,288	45,712	1,544,748	18,713	322,121	2,401	8,354	114,395	2,396	18,919,658
2012	142,798	47,202	1,532,500	19,928	320,600	2,401	9,462	115,000	2,400	20,568,400
2013	120,382	39,793	1,567,125	21,142	341,800	2,401	10,569	115,000	2,400	19,970,100
2014	115,150	38,063	1,471,987	22,357	345,700	2,401	11,677	116,000	2,450	22,954,900
2015	110,047	36,376	1,394,077	23,571	365,000	2,401	12,785	112,955	2,421	24,049,000
2016	110,852	36,643	1,406,705	24,786	389,000	2,401	13,892	106,842	2,114	24,018,600
2017	109,161	36,084	1,377,755	26,000	400,700	2,401	15,000	103,108	1,976	25,563,200

(\*): 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 nacional y tiene un amplio respaldo por los agricultores. La subcategoría de mayor impacto es el ganado vacuno (*otros vacunos* y las *vacas lecheras*), las demás especies aportan, pero son menos significativas. Por tanto, en términos de emisiones, esta es una de las principales categorías en el sector. 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>	6.0%	30.0%	30.6%
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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para la *fermentación entérica* se han logrado importantes avances con respecto a INGEI anteriores, ya que por primera vez se cuenta con una serie temporal 1994-2017 que fue llevada a cabo bajo 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. Se incluyó la especie de búfalos por primera vez. Además, se mejoró los datos de ovinos y caprinos al incluirlos de manera desagregada, esto se logró mediante consulta a los técnicos de la Dirección de Ganadería del MIDA, además se realizaron interpolaciones a partir de los datos estadísticos de los censos agropecuarios disponibles en el INEC (1990, 2001, 2011).

#### 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 1.2.3. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales de 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 una revisión por un consultor externo (miembro de los Equipos de Revisores Expertos que realizan los exámenes técnicos de los inventarios anuales de las Partes anexo I de la CMNUCC) para evaluar los procedimientos y resultados. Las sugerencias realizadas por el experto 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:

- Se identificó que la población de búfalos usada (proveniente de FAO) es menor que la proveniente de estadísticas nacionales, en consulta con los expertos sectoriales del MIDA se determina que la población de las estadísticas nacionales sería más apropiada. En el presente INGEI no se pudo utilizar la información nacional ya que no estuvo disponible en los plazos acordados, por lo tanto, en el próximo INGEI se incluirá.
- Se solicitó la revisión de los datos de actividad de los *equinos y mulas y asnos* de 2001, en respuesta a la observación se explicó que este dato es un dato estadístico del censo nacional, mientras que el resto de los datos corresponden a datos estimados en FAOSTAT ya que el país no cuenta con información año a año.

### 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 partes de técnicos sectoriales de agricultura. 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. Las nuevas estimaciones reportadas tienden a ser mayores que las presentadas por FAOSTAT para toda la serie 1994-2017, 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

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *fermentación entérica* debido, principalmente, a la disposición de nuevos datos de actividad, los cuales generaron diferencias en las emisiones de GEI con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Respecto a los datos de actividad, la información referente a *ganado lechero* y *otros vacunos* fue mejorada al obtener información de datos de actividad que sustentan una población de *otros vacunos* superior a la de *ganado lechero*. Los datos de ganado lechero fueron obtenidos de FAOSTAT tomando en cuenta el argumento del experto sectorial, el cual considera que dicha fuente se ajusta a las circunstancias nacionales. Las estimaciones de las emisiones de *gestión del estiércol* fueron estimadas para todas las subcategorías, ya que para este INGEI se contó con los datos de actividad para los *búfalos*, datos con que anteriormente no se contaba, de igual forma se pudo mejorar la información sobre *ovinos* y *caprinos*, esto fue logrado mediante consultas a los técnicos que manejan el programa ovino-caprino de la Dirección de Ganadería del MIDA, datos con que anteriormente no se contaba.

Como se presenta en la Tabla 5.10, las emisiones de la categoría *fermentación entérica* para 1994 y 2000 son mayores en el actual INGEI en comparación con los anteriores, mientras que, en 2005, 2010 y 2013, se presenta una reducción. La diferencia para 1994 y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los factores de emisión por defecto aplicados, además, de los diferentes datos de actividades. En el caso de 2005, 2010 y 2013 se aplicaron las mismas directrices metodológicas, sin embargo, no se cuenta con la fuente de los datos de actividad y factores de emisión, por lo que no es posible sustentar el comportamiento de las variaciones resultantes al comparar con los nuevos cálculos.

**Tabla 5.10**

*Fermentación entérica: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	1,714.9	1,706.0	2,956.8	3,086.4	3,244.6				
INGEI actual	2,429.3	2,260.7	2,605.1	2,733.0	2,856.5	2,694.2	2,557.7	2,577.5	2,526.3
<b>Diferencia</b>	<b>714.4</b>	<b>554.7</b>	<b>-351.7</b>	<b>-353.4</b>	<b>-388.1</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>41.7%</b>	<b>32.5%</b>	<b>-11.9%</b>	<b>-11.5%</b>	<b>-12.0%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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*. 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 cada una de las subcategorías del *ganado vacuno* se estará consultando con las asociaciones de productores y empresas asociadas al sector para identificar si los valores aplicados a las categorías son los más apropiados o si consideran realizar ajustes. Así mismo, se recurrirá a una revisión de fuentes secundarias y conformación de un equipo trabajo que pueden aportar mejoras.

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

### 5.3.1. Descripción de la categoría

Esta categoría aborda las emisiones de  $\text{CH}_4$  y las *emisiones directas e indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$*  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  $\text{CH}_4$  son producidas en el almacenamiento y el tratamiento del estiércol, así como del estiércol depositado en las pasturas, de igual forma el  $\text{CH}_4$  se produce bajo condiciones anaeróbicas. Los principales factores que influyen en las emisiones de  $\text{CH}_4$  son la cantidad del estiércol que se produce, así como la porción que se descompone anaeróticamente (IPCC, 2006).

Las *emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$*  se producen a través de la *nitrificación y desnitrificación* combinadas del nitrógeno (N) contenido en el estiércol. Las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  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  $\text{N}_2\text{O}$*  son el resultado de las pérdidas de N volátil que se produce en forma de amoníaco y  $\text{NO}_x$ . La fracción de N orgánico excretado que se mineraliza a N amoniacal durante el almacenamiento y recolección va a depender mucho del tiempo y menor grado de la temperatura (IPCC, 2006). Por último, *las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  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  $\text{N}_2\text{O}$*  generadas de la descomposición del estiércol en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, en el país se contemplan los siguientes sistemas de gestión del estiércol (SGE):

- Distribución diaria; almacenaje de sólidos; y líquido y fango sin cobertura de costra natural para *vacas lecheras*.
- Corral de engorde para *ovinos* y *caprinos*.
- Almacenaje de sólidos; líquido y fango sin cobertura de costra natural; y laguna anaeróbica no cubierta para *porcinos*.
- Cama profunda sin mezclado para *equinos*.
- Pila estática; y estiércol de aves de corral con hojarasca para *aves de corral*.

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*, *equipos*, y *mulas y asnos*.

### 5.3.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2017, las emisiones de la categoría *gestión del estiércol* contabilizaron 156.1 kt CO<sub>2</sub> eq (4.5 % del sector), incrementándose en 36.3 % desde 1994 y en un 7.0 % desde 2013 (Tabla 5.11 y Figura 5.4), debido al aumento en la demanda de productos como cerdos y aves, las cuales son influenciadas por el precio de la carne, ya que al aumentar el precio de la carne de vacunos, el consumidor busca abaratar costo y consume otro tipo de carne, como la de cerdo y aves de corral (ACODECO, s.f.). La mayor contribución a las emisiones de esta categoría proviene de las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O (representando un 29.4 % del total). Con respecto a las categorías animales, el mayor porcentaje de emisiones corresponde a *otros vacunos* con un 24.7 %, seguido de *aves de corral* con 16.5 %, y *porcinos* con 15.8 %. El resto de las categorías animales alcanzan el restante 13.5 %. Algunos otros factores que han influido en las tendencias de las emisiones son los incentivos a la producción agropecuaria en Panamá y los fenómenos climáticos (más detalle en la Sección 0).

**Tabla 5.11**

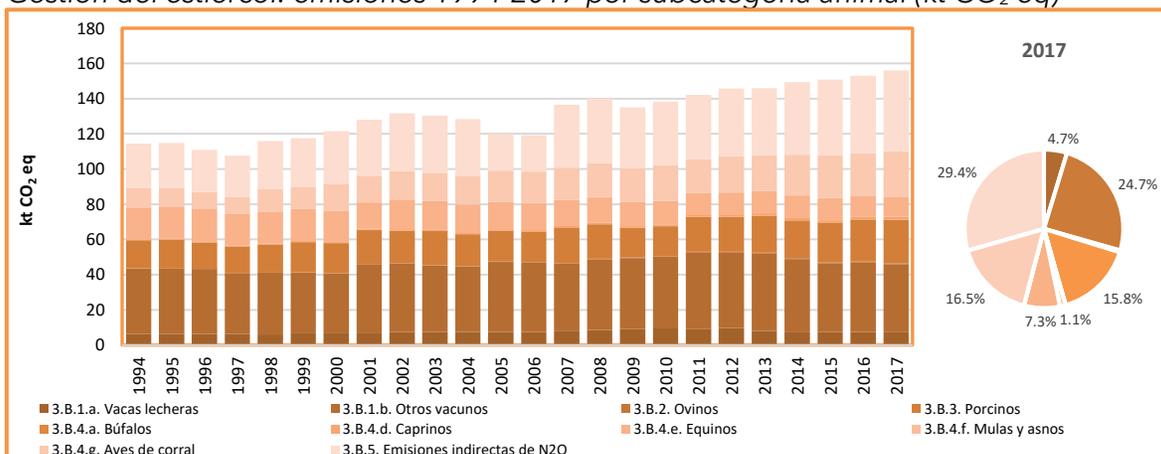
*Gestión del estiércol: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategoría animal	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.B.1.a. Vacas lecheras	6.3	7.1	7.5	9.5	8.1	7.4	7.3
3.B.1.b. Otros vacunos	37.2	33.7	39.7	40.7	43.9	39.4	38.6
3.B.2. Ovinos	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6
3.B.3. Porcinos	15.9	17.1	17.6	17.0	21.1	24.0	24.7
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	0.6	0.8	0.9	1.2	1.6	1.7
3.B.4.e. Equinos	18.1	17.8	15.5	13.2	12.7	11.8	11.4
3.B.4.f. Mulas y asnos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.B.4.g. Aves de corral	10.9	14.8	17.6	20.4	20.1	24.2	25.8
3.B.5. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	25.3	30.3	20.8	36.1	38.1	43.9	45.9
<b>Total</b>	<b>114.5</b>	<b>121.6</b>	<b>120.0</b>	<b>138.4</b>	<b>145.8</b>	<b>153.0</b>	<b>156.1</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.4**

Gestión del estiércol: emisiones 1994-2017 por subcategoría animal (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 para 2017

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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*

$$CH_4_{Estiércol} = \sum_{(T)} \left( \frac{EF_{(T)} \times N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Fuente: Ecuación 10.22, Capítulo 10, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- CH<sub>4</sub><sub>Estiércol</sub> = emisiones de CH<sub>4</sub> por la *gestión del estiércol*, para la población definida
- 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.

### **Emisiones directas de N<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O 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<sub>2</sub>O<sub>D(mm)</sub> = emisiones directas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol del país, kg N<sub>2</sub>O año<sup>-1</sup>
- N<sub>(T)</sub> = cantidad de cabezas de ganado de la especie o categoría
- Nex<sub>(T)</sub> = 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<sub>(T,S)</sub> = 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<sub>3(s)</sub> = factor de emisión para las emisiones directas de N<sub>2</sub>O del sistema de gestión del estiércol S en el país, kg N<sub>2</sub>O-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<sub>2</sub>O-N)<sub>(mm)</sub> a emisiones de N<sub>2</sub>O<sub>(mm)</sub>.

### **Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol**

El cálculo de Nivel 1 de la volatilización del N en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>) y NO<sub>x</sub> 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  $NH_3$  y  $NO_x$ , kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- $N_{(T)}$  = 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<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 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  $NH_3$  y  $NO_x$  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  $N_2O$  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  $N_2O$  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  $N_2O$  debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg  $N_2O$  año<sup>-1</sup>
- $EF_4$  = factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, kg  $N_2O-N$  (kg  $NH_3-N$  +  $NO_x-N$  volatilizado)<sup>-1</sup>; el valor por defecto es 0.01 kg  $N_2O-N$  (kg  $NH_3-N$  +  $NO_x-N$  volatilizado)<sup>-1</sup>

#### 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.

### 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* y *ovinos*, mientras que para *equinos*, *mulas y asnos*, *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

$$N_{ex(T)} = N_{\text{índice}(T)} \times \frac{TAM}{1000} \times 365$$

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>
- $N_{\text{índice}(T)}$  = 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> ) $N_{\text{índice}(T)}$	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

(\*) = el valor de TAM de *vacas lecheras*, *otros vacunos*, *porcinos*, *caprinos* y *ovinos* fue determinado por juicio de expertos del MIDA.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el juicio de expertos del MIDA.

### **Porcentaje de N del estiércol que se volatiliza como NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> en los SGE (Frac<sub>GasMS</sub>)**

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 fue obtenido del *Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006*<sup>13</sup> actualizada 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 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.

<sup>13</sup> Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

**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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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<sub>2</sub>O 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 (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
3.B.1.a. Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	6.0%	30.0%	30.6%
3.B.1.a. Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	57.1%	75.0%	94.3%
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>	13.8%	30.0%	33.0%
3.B.4. Otro ganado	N <sub>2</sub> O	64.6%	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	84.8%	240.0%	254.6%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para la *gestión del estiércol* se han logrado grandes avances con respecto a INGEI anteriores, ya que por primera vez se cuenta con una serie temporal 1994-2017 que fue llevada a cabo bajo 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. Se incluyó la especie de búfalos que anteriormente no se había incluido. Se mejoraron los datos de ovinos y caprinos al incluirlos de manera desagregada, esto se logró mediante consulta a los técnicos de la Dirección de Ganadería del MIDA, además se realizaron interpolaciones a partir de los datos estadísticos de los censos agropecuarios disponibles en el INEC (1990, 2001, 2010).

En comparación con los INGEI anteriores, el proceso de nuevos cálculos de la serie temporal cuenta con una desagregación más completa de los SGE para todas las subcategorías animales, lo cual fue logrado mediante consultas con los expertos del sector.

### 5.3.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.3, 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 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:

- En el porcentaje de N del estiércol del ganado gestionado que se volatiliza» no se había incluido el porcentaje de otros vacunos en línea con el Cuadro 10.22 de las Directrices del IPCC de 2006, de igual forma no se había incluido los caprinos y aves de corral, sin embargo, en este último caso las Directrices del IPCC de 2006 no cuentan con valores por defecto, lo que se procedió a realizar fue la utilización de los valores del Refinamiento de 2019 del IPCC. En respuesta, el equipo procedió a incluir esta nueva información en el libro de cálculo correspondiente.
- El experto identificó que no se habían incluido el porcentaje de la cantidad de N 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 juicio de expertos se consideró utilizar los mismos valores de las subcategorías otros vacunos para los ovinos, y para los caprinos el mismo valor de las vacas lecheras. Esta decisión se basa en que el IPCC 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, las emisiones de GEI fueron comparadas con las emisiones reportadas por 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, sin embargo, se asume que las diferencias se deberían a los ajustes realizados a los datos de actividad.

### 5.3.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría gestión del estiércol debido, principalmente, a la disposición de nuevos datos de actividad, los cuales generaron diferencias en las emisiones de GEI con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Como se presenta en la Tabla 5.20, las emisiones de la categoría gestión del estiércol para 1994 y 2000 son mayores en el INGEI actual en comparación con los anteriores, mientras que, en 2005, 2010 y 2013, se presenta una reducción. La diferencia para 1994

y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los factores de emisión por defecto aplicados, además, de los diferentes datos de actividad. En el caso de 2005, 2010 y 2013 se aplicaron las mismas directrices metodológicas, sin embargo, no se cuenta con la fuente de los datos de actividad y factores de emisión, por lo que no es posible sustentar el comportamiento de las variaciones resultantes al comparar con los nuevos cálculos.

**Tabla 5.20**

*Gestión del estiércol: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores		78.5	289.4	269.0	329.5				
INGEI actual	114.5	121.6	120.0	138.4	145.8	149.4	150.8	153.0	156.1
<b>Diferencia</b>		<b>43.1</b>	<b>-169.4</b>	<b>-130.6</b>	<b>-183.6</b>				
<b>Diferencia %</b>		<b>54.9%</b>	<b>-58.5%</b>	<b>-48.6%</b>	<b>-55.7%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 identificó 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).

## 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 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 (*irrigadas*), y chuzo y secano (*alimentadas a lluvia*).

#### 5.4.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2017, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 105.8 kt CO<sub>2</sub> eq (3.1 % del sector), reduciéndose en 6.5 % desde 1994 y en un 3.2 % desde 2013 (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)– lo que conlleva al abandono de la actividad por parte de los productores, sumado a la insostenibilidad de las importaciones.

Si bien el sistema inundado y riego genera mucho más CH<sub>4</sub> por hectárea que el chuzo y secano, en el país la producción de arroz de este último sistema es mucho mayor, es decir los productores dependen mucho de las lluvias para producir, mientras que el sistema de inundado y riego requiere de mayor inversión económica, disponibilidad y acceso al agua. Con respecto a las subcategorías, *alimentadas a lluvia* aporta un 58.1 % a las emisiones de CH<sub>4</sub>, mientras que *irrigadas* aporta un 41.9 %.

**Tabla 5.21**

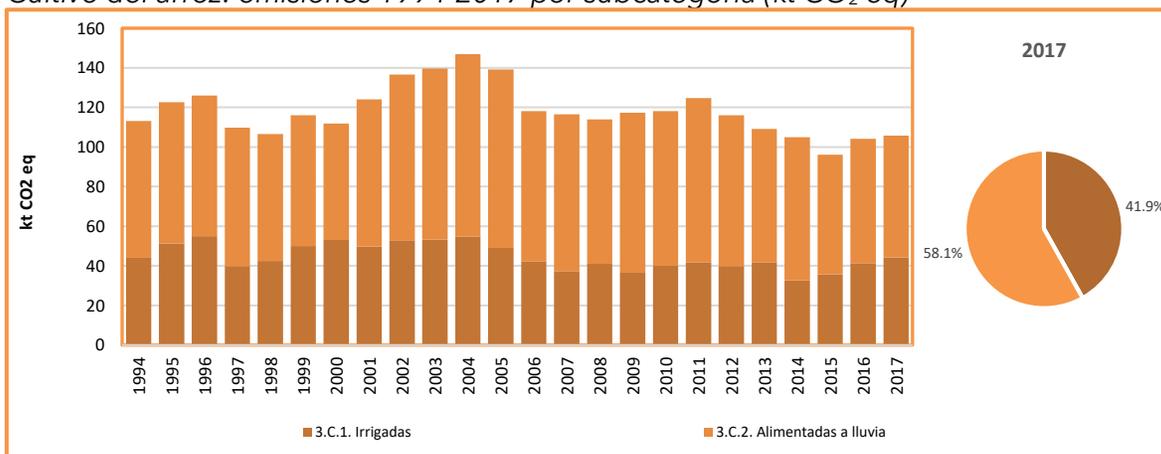
*Cultivo del arroz: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.C.1. Irrigadas	44.1	53.1	49.0	40.1	41.9	41.4	44.3
3.C.2. Alimentadas a lluvia	69.1	58.8	90.2	78.0	67.3	62.9	61.5
<b>Total</b>	<b>113.2</b>	<b>111.9</b>	<b>139.2</b>	<b>118.1</b>	<b>109.2</b>	<b>104.2</b>	<b>105.8</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.5**

Cultivo del arroz: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 2017

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 cosechada (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 1994-2017 por subcategoría (hectáreas)*

Años	Irrigadas (ha)	Alimentadas lluvias (ha)
1994	10,582	90,638
1995	12,306	93,724
1996	13,202	93,158
1997	9,573	91,747
1998	10,190	84,200
1999	12,028	86,642
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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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:

- $EF_i$  = factor de emisión diario ajustado para una superficie de cosecha dada
- $EF_c$  = factor de emisión básico para las tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos
- $SF_w$  = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo
- $SF_p$  = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo
- $SF_o$  = factor de ajuste el cual varía según el tipo y a cantidad de abono orgánico
- $SF_{s,r}$  = factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar de arroz etc. Si está disponible

Para las emisiones de  $CH_4$  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 $CH_4$ ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
Inundadas intermitentemente (aireación múltiple)	1.30
Alimentación regular por lluvia	1.30

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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  $64.0\%$  (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	$CH_4$	10.0%	60.5%	61.3%
3.C.2. Alimentadas a lluvia	$CH_4$	10.0%	63.2%	64.0%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para el *cultivo del arroz* se han logrado grandes avances con respecto a INGEI anteriores, ya que por primera vez se cuenta con una serie temporal 1994-2017 que fue llevada a cabo bajo 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, destacando que a diferencia de los INGEI anteriores solo fue utilizada una fuente de dato (*Mapatón 2017*).

#### **5.4.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría**

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.3, 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 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:

- En la hoja de cálculo se identificó un error en la descripción del factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo de arroz «inundadas intermitentemente (aireación simple)», con el equipo se identificó que el error había sido en la escritura del nombre, sin embargo, el valor era el correcto por lo que se procedió a corregir.

##### **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 *gestión del estiércol*, las emisiones de GEI fueron comparadas con las emisiones reportadas por FAOSTAT. En el caso del *cultivo de arroz* las nuevas estimaciones son mayores en los nuevos cálculos que las estimaciones presentadas por FAOSTAT para toda la serie temporal 1994-2017. Sin embargo, 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 *cultivo de arroz* debido, principalmente, a la disposición de nuevos datos de actividad, y revisión de los factores de ajuste los cuales generaron diferencias en las emisiones de GEI con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Respecto a los datos de actividad, la información fue revisada y se consultaron a los expertos sectoriales que validaron la información, en comparación con el INGEI anterior el ciclo de cultivo fue de 150 días, mientras que para el recálculo de la serie temporal 1994-2017 se utilizaron 110 días para el sistema de producción *alimentadas a lluvias* (secano) y 220 para *inundadas* (2 ciclos en un año).

Los factores de ajuste para estimar la emisión diaria fueron revisados por el equipo y el mismo determinó que el factor de régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo es de 0.52 para *irrigado* y de 0.28 para *alimentado por lluvia*. Por otro lado, el factor de ajuste de regímenes hídricos previo al período de cultivo es de 1.0 para *irrigado* y 0.68 para *alimentado por lluvias*. Ambos factores de emisión por defecto cambiaron con relación a los seleccionados para el INGEI 2013.

Como se presenta en la Tabla 5.27, las emisiones de la categoría *cultivo de arroz* para 1994 y 2000 son menores en el INGEI actual en comparación con los anteriores, mientras que, en 2005, 2010 y 2013, se presenta una reducción. La diferencia para 1994 y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los factores de emisión por defecto aplicados, además, de los diferentes datos de actividad. En el caso de 2005, 2010 y 2013 se aplicaron las mismas directrices metodológicas, sin embargo, no se cuenta con la fuente de los datos de actividad y factores de emisión, por lo que no es posible sustentar el comportamiento de las variaciones resultantes al comparar con los nuevos cálculos.

**Tabla 5.27**

*Cultivo de arroz: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	150.2	133.4	288.7	295.1	355.3				
INGEI actual	113.2	111.9	139.2	118.1	109.2	105.0	96.2	104.2	105.8
<b>Diferencia</b>	<b>-37.0</b>	<b>-21.5</b>	<b>-149.5</b>	<b>-177.0</b>	<b>-246.1</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-24.6%</b>	<b>-16.1%</b>	<b>-51.8%</b>	<b>-60.0%</b>	<b>-69.3%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 5.4.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Las emisiones de CH<sub>4</sub> del *cultivo del arroz* fueron identificadas como categoría principal en el INGEI incluido en el *Primer Informe Bienal de Actualización de Panamá*, por esta razón, para la presente actualización del INGEI se realizó una revisión detallada sobre los datos de actividad y de los valores del factor de emisión y los factores de ajuste con el objetivo de contar con información lo más acercada a las circunstancias nacionales.

Si bien, la categoría se mantiene como principal, el Equipo técnico de Agricultura ha determinado que la prioridad para su mejoramiento es baja, ya que solo representa el 3.1 % del sector. Sin embargo, la NAMA para el cultivo del arroz –ejecutada por el MIDA con fondos de EUROCLIMA– generará información útil que podrá ser utilizada para ajustar el factor de emisión en un próximo ciclo de actualización del INGEI.

## 5.5. Suelos agrícolas (FCR 3.D)

### 5.5.1. Descripción de la categoría

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 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<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. Además, se incluyen las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los agregados de N a la tierra a través de la volatilización del N (NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>), 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 2017, las emisiones de la categoría contabilizaron 657.6 kt CO<sub>2</sub> eq (19.0 % del total del sector), incrementándose en 7.7 % desde 1994 y disminuyendo en un 8.5 % desde 2013 (Tabla 5.28 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, sin embargo, se logra ver un comportamiento de cabezas de ganado hacia la baja, esto se debe a fenómenos climáticos como El Niño, pocos incentivos, precio de los mercados internacionales, entre otros. En Panamá, la cantidad de ganado por persona se estima es de aproximadamente 0,54 unidades (Wright and Samaniego, 2008). Al analizar las subcategorías que forman parte de *suelos agrícolas*, se aprecia que están dominadas significativamente por un 80.2 % proveniente de las *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*, mientras que el restante 19.8 % generada por las *emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas*.

**Tabla 5.28**

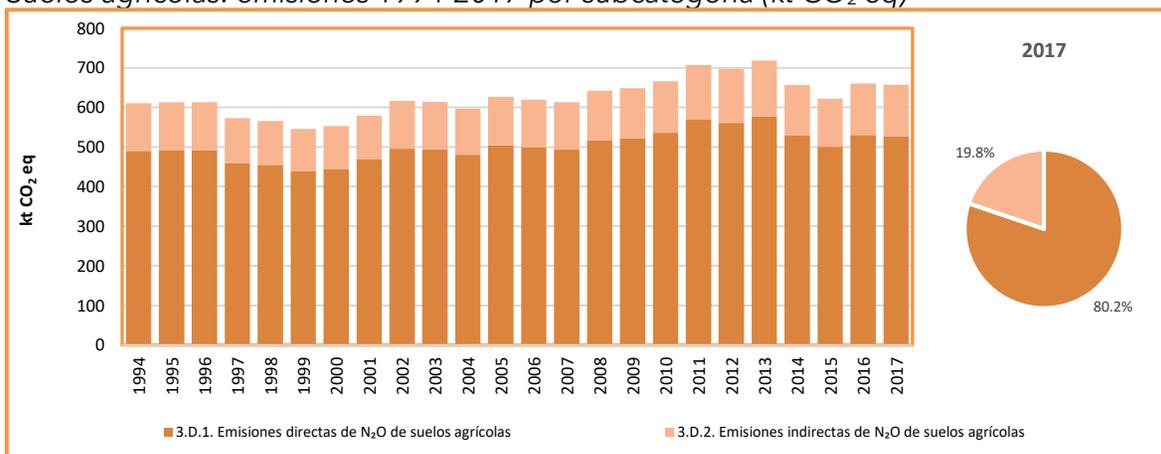
*Suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	490.4	443.6	504.8	535.8	577.8	530.5	527.4
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	120.4	109.1	122.0	130.4	140.8	130.2	130.1
<b>Total</b>	<b>610.8</b>	<b>552.7</b>	<b>626.8</b>	<b>666.3</b>	<b>718.7</b>	<b>660.7</b>	<b>657.6</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.6**

Suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Al analizar la subcategoría *emisiones directas de N<sub>2</sub>O de los suelos agrícolas*, esta contabilizó 527.4 kt CO<sub>2</sub> eq (Tabla 5.29). La principal fuente de N fue la *orina y estiércol depositado por animales de pastoreo*, representando un importante 81.4 %, le siguen los *fertilizantes inorgánicos* aplicado a los suelos con un 12.8 %, y finalmente, los *fertilizantes orgánicos* con un 5.8 % (Figura 5.7).

**Tabla 5.29**

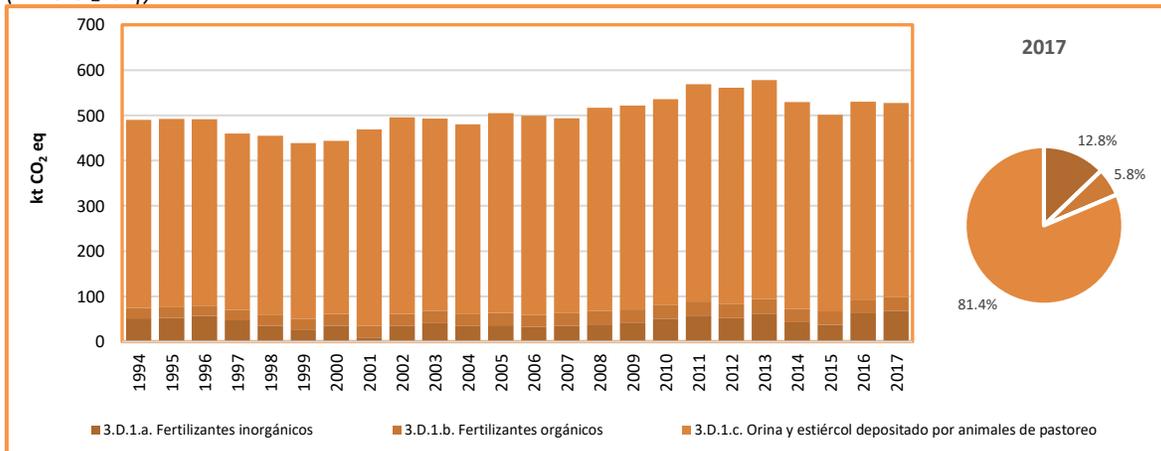
Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos	51.4	35.0	36.3	51.1	61.9	62.6	67.7
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos	23.4	25.9	27.1	30.5	32.3	30.3	30.6
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	415.5	382.6	441.4	454.3	483.6	437.6	429.2
<b>Total</b>	<b>490.4</b>	<b>443.6</b>	<b>504.8</b>	<b>535.8</b>	<b>577.8</b>	<b>530.5</b>	<b>527.4</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.7**

Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 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 130.1 kt CO<sub>2</sub> eq (Tabla 5.30). La principal fuente fue la *lixiviación y escurrimiento* aportando el 55.8 %, mientras que el restante 44.2 % lo aportó la *deposición atmosférica* (Figura 5.8).

**Tabla 5.30**

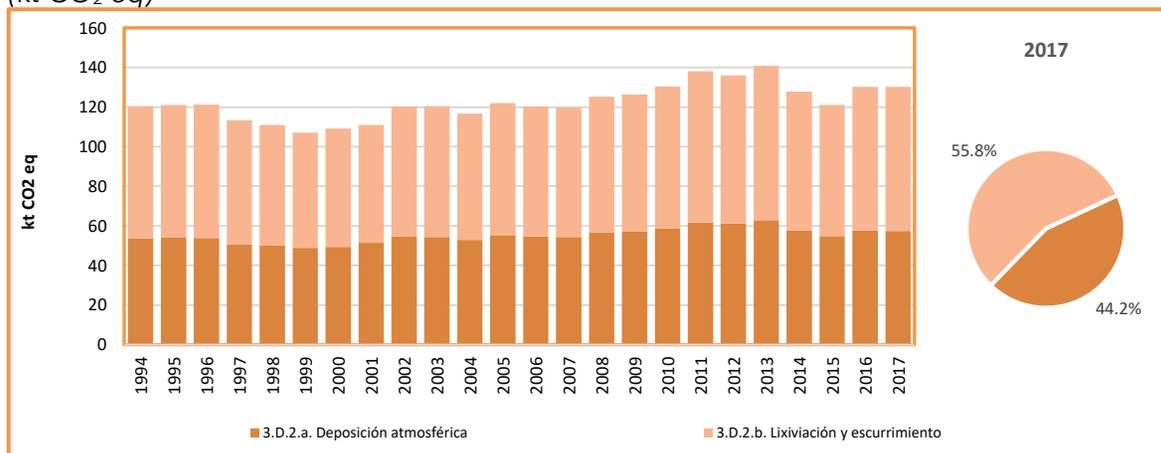
*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.D.2.a. Deposición atmosférica	53.8	49.3	55.3	58.5	62.8	57.8	57.5
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	66.6	59.8	66.7	71.9	78.0	72.4	72.6
<b>Total</b>	<b>120.4</b>	<b>109.1</b>	<b>122.0</b>	<b>130.4</b>	<b>140.8</b>	<b>130.2</b>	<b>130.1</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.8**

*Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 5.31 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.31**

*Suelos agrícolas: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2017*

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

Categorías de fuente de GEI	N <sub>2</sub> O	
	Método aplicado	Factor de emisión
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	T1	D
3.D.2.a. Deposición atmosférica	T1	D
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	T1	D

Nota: T1 = método de Nivel 1; D = valor por defecto; NE = no estimado; NO = no ocurre.  
Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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-N</sub> = 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 N</sub> = 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>

- $EF_{3PRP}$  = factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo,  $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$

### Emisiones indirectas de $N_2O$ 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  $N_2O$  de suelos agrícolas*. Las emisiones de  $N_2O$  por *deposición atmosférica* de N volatilizado de suelos gestionados se estimó aplicando la Ecuación 5.10.

#### Ecuación 5.10

$N_2O$  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:

- $N_2O_{(ATD)}-N$  = cantidad anual de  $N_2O$ -N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados,  $kg\ N_2O-N\ año^{-1}$
- $F_{SN}$  = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicado a los suelos,  $kg\ N\ año^{-1}$
- $Frac_{GASF}$  = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como  $NH_3$  y  $NO_x$ ,  $kg\ N\ volatilizado\ (kg\ de\ N\ aplicado)^{-1}$
- $F_{ON}$  = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos,  $kg\ N\ año^{-1}$
- $F_{PRP}$  = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas,  $kg\ N\ año^{-1}$
- $Frac_{GASM}$  = fracción de materiales  $F_{ON}$  y de  $F_{PRP}$  que se volatiliza  $NH_3$  y  $NO_x$ ,  $kg\ N\ volatilizado\ (kg\ de\ N\ aplicado\ o\ depositado)^{-1}$
- $EF_4$  = factor de emisión correspondiente a las emisiones de  $N_2O$  de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [ $kg\ N-N_2O(kg\ NH_3-N + NO_x-N\ volatilizado)^{-1}$ ]

Las emisiones de  $N_2O$  por *lixiviación y escurrimiento* se estimaron empleando la Ecuación 5.11.

#### Ecuación 5.11

Emisiones de  $N_2O$  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:

- $N_2O_{(L)}-N$  = cantidad anual de  $N_2O$ -N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados,  $kg\ N_2O-N\ año^{-1}$
- $F_{SN}$  = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicado a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, ( $kg\ N\ año^{-1}$ )
- $F_{ON}$  = 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,  $kg\ N\ año^{-1}$
- $F_{PRP}$  = 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,  $kg\ N\ año^{-1}$
- $F_{CR}$  = 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/escurrimiento,  $kg\ N\ año^{-1}$

- $F_{SOM}$  = 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/escurrimiento,  $\text{kg N año}^{-1}$
- $\text{Frac}_{\text{Lixiviación-(H)}}$  = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento,  $\text{kg N (kg de agregados de N)}^{-1}$
- $\text{EF}_5$  = factor de emisión para emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  por lixiviación y escurrimiento de N,  $\text{kg N}_2\text{O-N (kg N por lixiviación y escurrido)}^{-1}$

### 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 datos de actividad nacionales, 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 5.32.

**Tabla 5.32**

*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)
1994	18,917,786.5	1,618,565.1	8,826,639.0	74,421,172.8	7,966,976.9
1995	19,402,081.1	1,665,993.7	8,875,367.3	74,527,843.3	8,016,869.0
1996	20,894,531.9	1,690,659.3	8,666,949.2	73,711,954.4	8,020,017.7
1997	17,393,086.0	1,590,812.1	8,579,346.4	69,517,653.3	8,023,166.4
1998	12,804,138.8	1,607,776.9	8,741,995.9	70,769,619.3	8,026,315.1
1999	9,035,003.4	1,658,341.7	9,716,702.3	69,133,755.0	8,076,700.8
2000	12,720,291.2	1,678,381.3	9,781,137.9	68,270,641.0	7,844,564.5
2001	3,031,252.6	1,655,477.8	9,906,719.2	78,439,880.1	6,579,701.0
2002	12,422,104.3	1,677,341.8	10,276,468.5	78,240,450.6	7,492,643.7
2003	15,010,145.7	1,679,333.3	10,350,646.2	76,470,035.4	7,321,472.3
2004	12,624,802.8	1,690,128.6	10,148,464.2	75,427,405.4	7,150,300.9
2005	13,208,724.3	1,651,111.2	10,210,954.8	79,791,215.2	6,976,610.9
2006	11,733,339.9	1,607,241.7	10,070,387.3	79,648,057.6	6,849,933.0
2007	12,796,511.1	1,574,458.7	11,047,178.6	77,625,354.4	6,629,231.1
2008	14,016,208.2	1,598,605.2	11,345,006.1	81,387,562.5	6,479,886.7
2009	15,359,389.7	1,569,090.4	11,135,039.5	81,879,829.0	6,236,518.3
2010	18,795,664.4	1,592,448.8	11,515,788.7	82,711,094.4	5,993,149.9
2011	21,342,627.3	1,604,129.7	11,706,427.4	87,676,014.7	5,721,203.0
2012	19,130,489.7	1,590,533.8	12,027,253.1	87,175,438.4	5,765,564.9
2013	22,879,941.3	1,604,231.7	12,186,610.4	88,357,092.3	5,781,283.0
2014	15,786,882.3	1,543,786.2	11,179,852.8	83,202,007.0	5,846,531.6
2015	13,602,777.8	1,562,931.8	11,189,768.5	79,039,730.7	5,717,637.5
2016	23,130,065.8	1,600,756.7	11,418,397.7	79,859,801.2	5,430,507.7
2017	25,049,867.7	1,620,180.8	11,538,597.9	78,344,457.0	5,263,731.9

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 1994-2017 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 y aquellos que se aplican 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.3.1.1 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*

$$N_{MMS\_Avb} = \sum_S \left\{ \sum_{(T)} \left[ \left[ (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \times \left( 1 - \frac{Frac_{PérdidaMS}}{100} \right) \right] + \right] \right\} \\ \left[ N_{(T)} \times MS_{(T,S)} \times N_{camaMS} \right]$$

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
- $Frac_{PérdidaMS}$  = cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se pierde en el SGE S, % (véase la Tabla 5.33 por los valores aplicados)

- $N_{\text{camaMS}}$  = cantidad de nitrógeno de las camas, kg N animal<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (no aplica en Panamá)

### Tabla 5.33

Suelos agrícolas: cantidad de N del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se pierde en el SGE ( $\text{Frac}_{\text{PérdidaMS}}$ )

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)

$$F_{AM} = N_{MMS\_Avb} \times [1 - (\text{Frac}_{ALIM} + \text{Frac}_{COMBUST} + \text{Frac}_{CNST})]$$

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 y para uso como alimento, combustible o en la construcción, kg N año<sup>-1</sup>
- $\text{Frac}_{ALIM}$  = fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento
- $\text{Frac}_{COMBUST}$  = fracción del estiércol gestionado utilizada para combustible
- $\text{Frac}_{CNST}$  = 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,  $\text{Frac}_{ALIM}$  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 5.34 y Tabla 5.35 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 5.34**

*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 5.35**

*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 escorrentía (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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 ±143.3 a 273.9 % (Tabla 5.36). 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 5.36**

*Suelos agrícolas: incertidumbre combinada (%)*

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad (± %)	Incertidumbre de los factores de emisión (± %)	Incertidumbre combinada (± %)
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	92.6%	135.0%	163.7%
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	N <sub>2</sub> O	61.6%	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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 grandes avances con respecto a INGEI anteriores, ya que por primera vez se cuenta con una serie temporal 1994-2017 que fue llevada a cabo bajo la misma metodología que se encuentra descrita en las *Directrices del IPCC de 2006*.

En el INGEI anterior, los datos de actividad para fertilizantes sintéticos fueron datos de FAOSTAT, en esta serie temporal se realizó una revisión más exhaustiva de fuentes como el INEC, SIECA, Autoridad Nacional de Aduanas.

Al mejorar la fracción de los distintos SGE para cada una de las categorías de animales se mejoró los datos sobre N aplicado a los suelos en forma de abonos, esto fue trabajando con juicio de expertos.

### 5.5.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.3, 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. Las principales observaciones realizadas y sus acciones de respuesta por parte del Equipo técnico de Agricultura fueron:

- En los datos de actividad de los fertilizantes sintéticos nitrogenados se identificó que la urea no se había incluido a la suma, por lo que se procedió a incluir el total de N de la urea dato con el cual se contaba y que es utilizado en las estimaciones de la categoría *aplicación de urea*, además, por sugerencia del consultor se procedió a automatizar las hojas de cálculo en cuanto al porcentaje de N de cada uno de los fertilizantes utilizados.

- En la subcategoría abonos orgánicos aplicados a los suelos, se determinó por medio de juicio de experto, que para los SGE de las aves de corral (pila estática y estiércol de aves con hojarasca), un porcentaje es destinado para alimentación y otra parte es para abonos, por lo que se procedió a descontar del total estimado.

#### 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 reportadas por el Equipo técnico de Agricultura son menores a las presentadas por FAOSTAT.
- *Fertilizantes orgánicos*, los resultados presentados por FAOSTAT son mayores a los presentados en los nuevos cálculos de la serie temporal 1994-2017.
- *Nitrógeno aplicado como orina y estiércol depositado por animales en pastoreo*, las emisiones presentadas por FAOSTAT son mucho mayores que las presentados en el recálculo.

No fue posible atribuir las diferencias encontradas, ya que el Equipo técnico de Agricultura no tuvo acceso los datos y parámetros utilizados por FAOSTAT.

#### 5.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *suelos agrícolas* debido, principalmente, a la disposición y desagregación de nuevos datos de actividad, los cuales generaron diferencias en las emisiones de GEI con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Respecto a los datos de actividad, se realizó una revisión exhaustiva en distintas fuentes. Las estimaciones de las emisiones de la categoría *suelos agrícolas* no todas lograron ser estimadas, estas se estarán incluyendo en los próximos nuevos cálculos.

Como se presenta en la Tabla 5.37, las emisiones de la categoría *suelos agrícolas* para 1994 y 2000 son considerablemente menores en el INGEI actual en comparación con los anteriores, mientras que en 2005 y 2013, se presenta una reducción y para 2010 hay una reducción. La diferencia para 1994 y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los factores de emisión por defecto aplicados, además, de los diferentes datos de actividad. En el caso de 2005, 2010 y 2013 se aplicaron las mismas directrices metodológicas, sin embargo, no se cuenta con la fuente de los datos de actividad y factores de emisión, por lo que no es

posible sustentar el comportamiento de las variaciones resultantes al comparar con los nuevos cálculos.

**Tabla 5.37**

*Suelos agrícolas: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	2,737.3	1,280.3	678.4	641.3	776.5				
INGEI actual	610.8	552.7	626.8	666.3	718.7	657.0	622.1	660.7	657.6
<b>Diferencia</b>	<b>-2,126.5</b>	<b>-727.6</b>	<b>-51.6</b>	<b>25.0</b>	<b>-57.8</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-77.7%</b>	<b>-56.8%</b>	<b>-7.6%</b>	<b>3.9%</b>	<b>-7.4%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 realizarán las acciones pertinentes para estimar 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>)*.

Ambas fuentes de N<sub>2</sub>O no fueron incluidas en el presente INGEI por falta de tiempo, sin embargo, Panamá pretende reportarlas como parte de su 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.
- Se revisarán la base de datos suministrados por la Autoridad Nacional de Aduanas sobre importaciones de fertilizantes nitrogenados y se comparará con los datos de actividad que fueron utilizados para las estimaciones del INGEI con la intención de refinar la información que es usada para datos de actividad.
- Las acciones respecto a F<sub>ON</sub> serán cubiertas por las acciones incluidas en *fermentación entérica* (ver Sección 0) 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* 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. Por lo tanto, las emisiones de GEI han sido incluidas, pero no reportadas en la categoría apropiada.

Independiente de lo anterior, Panamá realizará los esfuerzos pertinentes para poder obtener la información específica de la superficie quemada de sabanas, estimar los GEI y reportarlos apropiadamente en la próxima presentación de su INGEI ante la CMNUCC.

## 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 caña de azúcar y otros cultivos 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 INGEI por falta de información.

### 5.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2017, las emisiones de la categoría contabilizaron 11.0 kt CO<sub>2</sub> eq (solo un 0.3 % del total del sector), reduciéndose en 26.9 % desde 1994 y en un 33.6 % desde 2013 (Tabla 5.38 y Figura 5.9). El mayor porcentaje de estas emisiones corresponde a la quema de residuos de *caña de azúcar* con un 99.4 %, 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 solamente un 0.6 %. 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, ya que es una práctica muy común en los cañaverales, por lo tanto, se espera que en los próximos años estas emisiones disminuyan aún más.

**Tabla 5.38**

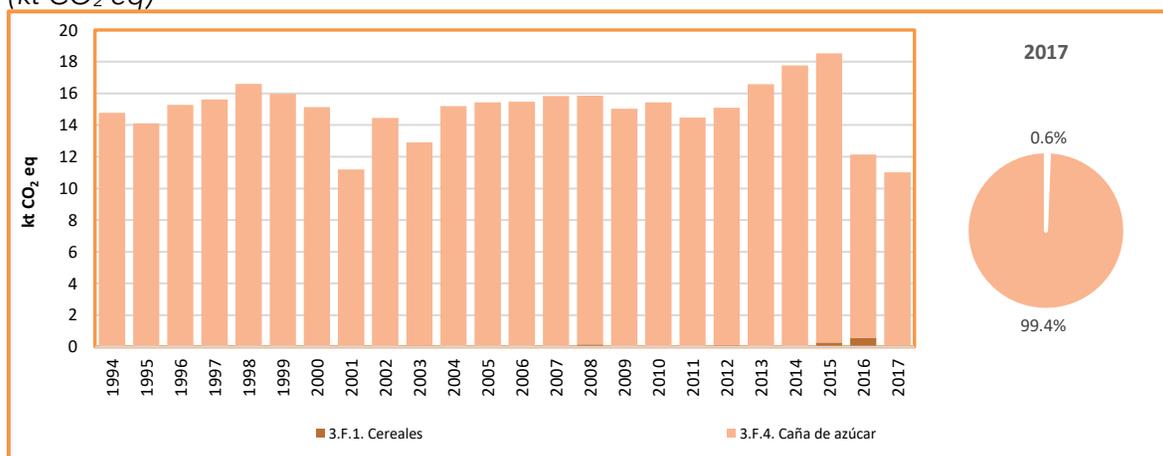
Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.F.1. Cereales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1
3.F.4. Caña de azúcar	14.8	15.1	15.4	15.4	16.5	11.6	11.0
<b>Total</b>	<b>14.8</b>	<b>15.1</b>	<b>15.4</b>	<b>15.4</b>	<b>16.6</b>	<b>12.1</b>	<b>11.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.9**

Quema de residuos agrícolas en campo: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 5.39 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.39**

Quema de residuos agrícola en el campo: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2017

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, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
3.F.1. Cereales	T1	D	T1	D
3.F.2. Legumbres	NE	NE	NE	NE
3.F.3. Tubérculos y raíces	NE	NE	NE	NE
3.F.4. Caña de azúcar	T1	D	T1	D
3.F.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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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:

- $L_{\text{fuego}}$  = cantidad de emisiones de GEI provocada por el fuego, t de cada GEI
- A = superficie quemada, hectáreas
- $M_B$  = masa de combustible disponible para la combustión, t ha<sup>-1</sup>
- $C_f$  = factor de combustión, sin dimensión
- $G_{ef}$  = 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 5.40). Los datos suministrados presentaron vacíos para 1994-2002 en el caso de los cultivos, los cuales fueron superados aplicando extrapolaciones a fin de contar con la serie continua. En el caso de los *cereales*, es importante mencionar que, según el juicio de expertos, el arroz corresponde a 80 %, 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 a este se le restó el 10 % considerado para semilla, y el resto se quema como parte de las actividades de la cosecha, para 2016 se ven reducidas las quemaduras producto de la aplicación de la Resolución No. DM-0020 de 20 de enero de 2017, la cual busca regular las quemaduras 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 5.41).

**Tabla 5.40**

Quema de residuos agrícolas en campo: superficie quemada 1994-2017 por subcategoría (ha)

Años	Cereales (ha)	Caña de azúcar (ha)	Total (ha)
1994	45	30,150	30,195
1995	20	28,800	28,820
1996	42	31,163	31,204
1997	75	31,815	31,890
1998	33	33,867	33,900
1999	31	32,589	32,620
2000	54	30,861	30,915
2001	53	22,844	22,897
2002	81	29,440	29,521
2003	160	26,210	26,370
2004	37	30,996	31,033
2005	105	31,420	31,525
2006	54	31,559	31,613
2007	140	32,222	32,362
2008	380	32,078	32,457
2009	79	30,627	30,706
2010	6	31,503	31,508
2011	0	29,564	29,564

Años	Cereales (ha)	Caña de azúcar (ha)	Total (ha)
2012	210	30,634	30,844
2013	94	33,796	33,890
2014	68	36,247	36,315
2015	674	37,281	37,955
2016	1,396	23,597	24,993
2017	161	22,374	22,535

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla 5.41**

*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> )
Cereales	5.50	0.80
Caña de azúcar	6.50	0.80

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 5.42).

**Tabla 5.42**

*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 5.43). 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 5.43**

*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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, para la *quema de residuos agrícolas en campo* se logró grandes avances con respecto a INGEI anteriores, ya que por primera vez se cuenta con una serie temporal 1994-2017 que fue llevada a cabo bajo 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 agregados de los cereales, le corresponde el 80 % de la quema al arroz y un 20 % al maíz, por tanto, se decidió trabajar con los valores de masa de combustible para la combustión ( $M_B$ ) y factor de combustión ( $C_f$ ) de cultivo de arroz debido a que representa un mayor porcentaje.

#### **5.7.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría**

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.3, 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 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:

- Las *Directrices del IPCC de 2006* solo brindan datos por defecto para ciertos grupos de cultivos. Se explicó al consultor que en cuanto a los datos de quemas no hay una desagregación por cultivos específicamente, por lo que con base en el criterio de expertos se determinó que el 80 % de las quemas reportados en cultivos correspondía al cultivo de arroz y el 20 % al cultivo del maíz, por lo que se utilizaron los factores por defecto asociados al cultivo de arroz.

##### **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 realizó una comparación de las estimaciones realizadas con los datos de FAOSTAT en donde los resultados presentan diferencias. En el caso de la *quema de residuos agrícolas en el campo*, las estimaciones del país son mayores en comparación con las estimaciones presentadas por FAOSTAT para toda la serie temporal 1994-2017, lo que se puede deber a que el país hizo una revisión exhaustiva y realizó las consultas a los responsables sectoriales.

#### **5.7.6. Nuevos cálculos de la categoría**

Se realizaron nuevos cálculos en la categoría *quema de residuos agrícolas en el campo* debido, principalmente, a la disposición de nuevos datos de actividad, los cuales

generaron diferencias en las emisiones de GEI con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Respecto a los datos de actividad, estos fueron revisados y validados por la DIVEDA, lo que permitió contar con datos para toda la serie temporal y específicos para esta categoría, ya que en los INGEI de 2005 y 2010 se reportó una categoría llamada *quemado de biomasa*, en donde no se especificaban las emisiones para la *quema prescrita de sabanas* y *quema de residuos agrícolas*. Sin embargo, para 2013 se reporta la categoría *emisiones no CO<sub>2</sub> por quema de biomasa* que de igual forma no separa ambas categorías.

Como se presenta en la Tabla 5.44, las emisiones de la *quema de residuos agrícolas en el campo* para 1994, 2000, 2005, 2010, 2013 son mayores en el INGEI actual en comparación con los INGEI anteriores. La diferencia para 1994 y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los factores de emisión por defecto aplicados, además, de los diferentes datos de actividad. En el caso de 2005, 2010 y 2013 se aplicaron las mismas directrices metodológicas, sin embargo, no se cuenta con la fuente de los datos de actividad y factores de emisión, por lo que no es posible sustentar el comportamiento de las variaciones resultantes al comparar con los nuevos cálculos.

**Tabla 5.44**

*Quema de residuos agrícolas en campo: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	28.4	21.0	92.3	23.2	102.3				
INGEI actual	14.8	15.1	15.4	15.4	16.6	17.8	18.5	12.1	11.0
<b>Diferencia</b>	<b>-13.6</b>	<b>-5.8</b>	<b>-76.9</b>	<b>-7.8</b>	<b>-85.7</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-48.0%</b>	<b>-27.8%</b>	<b>-83.3%</b>	<b>-33.6%</b>	<b>-83.8%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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. Sin embargo, Panamá avanzará en la revisión e incorporación de datos nacionales –en conjunto con la DIVEDA– con miras a incluir en su próximo INGEI los cultivos agrícolas que no fueron considerados en el presente ejercicio.

## 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 2017, las emisiones de la categoría contabilizaron 0.3 kt CO<sub>2</sub> eq (menos del 1 % del total del sector). Estas emisiones representaron un incremento de 219.1 % respecto a 1994. Por otro lado, comparando las emisiones de 2013 con 2017, se presentó una disminución del 15.9 % (Tabla 5.45 y Figura 5.10). Con respecto a los tipos de cal usadas, el mayor porcentaje de emisiones corresponde al uso de *caliza* con un 78.8 %, el restante 21.2 % lo aporta la *dolomita*.

**Tabla 5.45**

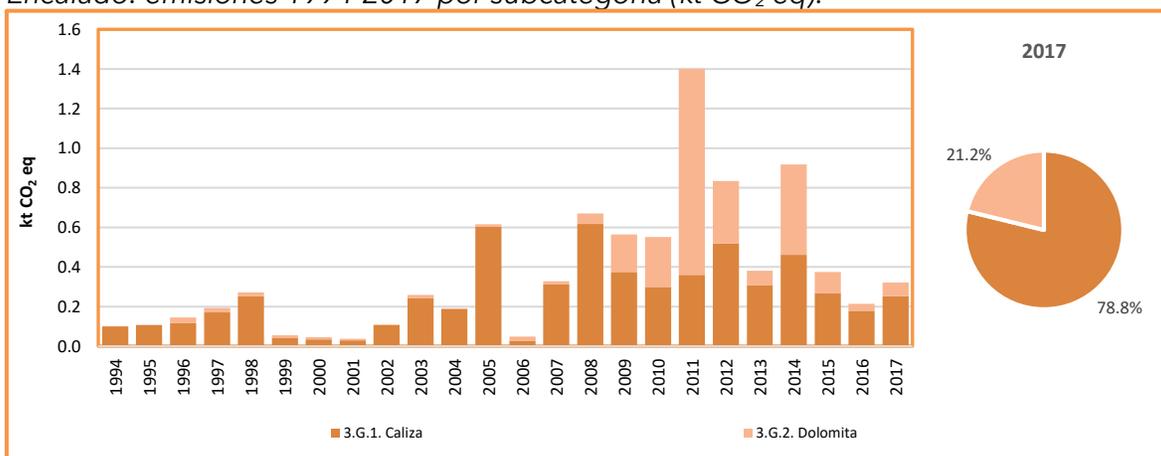
*Encalado: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.G.1. Caliza	0.1	0.0	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3
3.G.2. Dolomita	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1
<b>Total</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.10**

*Encalado: emisiones 1994-2017 por subcategoría (kt CO<sub>2</sub> eq).*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 5.46 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 5.46**

*Encalado: métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2017*

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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*

$$EmisiónCO_2 - C = (M_{caliza} \times EF_{caliza}) + (M_{dolomita} \times EF_{dolomita})$$

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 5.47). La información recabada no cubría la totalidad de los años de la serie temporal, por lo que fue necesario realizar interpolaciones para 1997-2001, 2005, y extrapolación para 1994, 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 5.47**

*Encalado: cantidad anual de cal aplicada 1994-2017 por subcategoría (toneladas)*

Años	Caliza (t)	Dolomita (t)	Total (t)
1994	833.6	3.7	837.3
1995	882.1	20.0	902.1
1996	984.6	198.5	1,183.1
1997	1,418.3	170.0	1,588.4
1998	2,108.9	141.5	2,250.4
1999	333.1	113.0	446.1
2000	289.0	84.5	373.5
2001	248.5	56.0	304.5
2002	881.6	27.5	909.1
2003	2,005.2	135.0	2,140.2
2004	1,564.3	28.0	1,592.3
2005	5,026.8	89.0	5,115.8
2006	235.0	150.0	385.1
2007	2,600.5	125.1	2,725.6
2008	5,141.1	405.8	5,546.9
2009	3,119.9	1,454.4	4,574.3
2010	2,494.5	1,935.7	4,430.3
2011	2,997.3	8,007.8	11,005.1
2012	4,308.8	2,439.4	6,748.1
2013	2,570.5	559.6	3,130.0
2014	3,838.9	3,513.7	7,352.5
2015	2,230.7	819.5	3,050.3
2016	1,491.3	270.1	1,761.3
2017	2,107.0	522.5	2,629.5

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 5.48).

**Tabla 5.48**

*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 5.49). 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 5.49**

*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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es la primera vez que se realiza una serie temporal 1994-2017, por lo tanto, se realizaron nuevas estimaciones utilizando una sola metodología de las *Directrices del IPCC de 2006*.

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 1.2.3, 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 *encalado* debido, principalmente, a la disposición de nuevos datos de actividad, los cuales generaron diferencias en las emisiones de GEI con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Respecto a los datos de actividad, se hizo una revisión y búsqueda de más fuentes de información, ya que en los INGEI anteriores se utilizaron datos de actividad de informes preliminares del Ministerio de Ambiente. Con base en esta revisión de datos, y en consenso con el Equipo técnico de Agricultura, se decidió tomar los nuevos valores de las distintas fuentes para la serie 1994-2017.

Como se presenta en la Tabla 5.50, las emisiones del *encalado* para 2005, 2010 y 2013 son menores en el INGEI actual en comparación con los INGEI anteriores. Para 1994 y 2000 la categoría no fue estimada. En el caso de 2005, 2010 y 2013, no se cuenta con la fuente de los datos de actividad y factores de emisión, por lo que no es posible sustentar el comportamiento de las variaciones resultantes al comparar con los nuevos cálculos.

**Tabla 5.50**

*Encalado: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores			33.9	34.0	34.0				
INGEI actual	0.1	0.0	0.6	0.6	0.4	0.9	0.4	0.2	0.3
<b>Diferencia</b>			<b>-33.3</b>	<b>-33.4</b>	<b>-33.6</b>				
<b>Diferencia %</b>			<b>-98.2%</b>	<b>-98.4%</b>	<b>-98.9%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 encima 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.

#### 5.9.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2017, las emisiones contabilizaron 6.1 kt CO<sub>2</sub> eq (menos del 1 % del total del sector Agricultura), incrementándose en 11.4 % desde 1994 y en un 7.7 % desde 2013 (Tabla 5.51 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 1997, 1998, 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 baja 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 5.51**

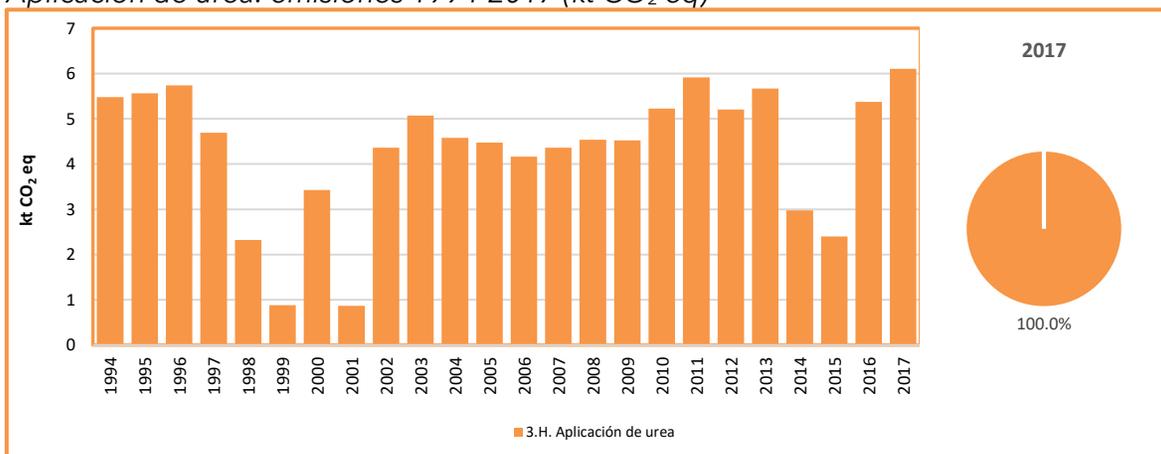
*Aplicación de urea: emisiones 1994-2017 (kt CO<sub>2</sub> eq).*

Categoría	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
3.H. Aplicación de urea	5.5	3.4	4.5	5.2	5.7	5.4	6.1
<b>Total</b>	<b>5.5</b>	<b>3.4</b>	<b>4.5</b>	<b>5.2</b>	<b>5.7</b>	<b>5.4</b>	<b>6.1</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 5.11**

Aplicación de urea: emisiones 1994-2017 (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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. El SIECA cuenta con datos históricos de importación desde 1995, por tanto, solo se realizó una extrapolación para el dato de 1994 (Tabla 5.52). 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. Como supuesto se asume que la urea utilizada en agricultura se utiliza en el mismo año. Es importante mencionar que los mismos datos de actividad de *aplicación de urea* se han utilizados para la estimación de las emisiones *directas e indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas*.

**Tabla 5.52**

*Aplicación de urea: cantidad anual de urea aplicada 1994-2017 (toneladas)*

Año	Urea (t)
1994	27,402
1995	27,825
1996	28,685
1997	23,449
1998	11,602
1999	4,401
2000	17,136
2001	4,327
2002	21,804
2003	25,338
2004	22,900
2005	22,372
2006	20,818
2007	21,790
2008	22,685
2009	22,617
2010	26,129
2011	29,581
2012	26,009
2013	28,347
2014	14,869
2015	12,010
2016	26,864
2017	30,515

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 5.53).

**Tabla 5.53**

*Aplicación de urea: factor de emisión aplicado*

Categoría	[t de C (t de urea) <sup>-1</sup> ]
Urea	0.20

Fuente: Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 5.54). 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 5.54**

*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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es la primera vez que se realiza una serie temporal 1994-2017, por lo tanto, se realizaron nuevas estimaciones utilizando un solo método de Nivel de las *Directrices del IPCC de 2006*.

### **5.9.5. Actividades específicas de GCCV de la categoría**

Además de las actividades generales de GCCV descritas en la Sección 1.2.3, 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 *aplicación de urea* debido, principalmente, a la disposición de nuevos datos de actividad, los cuales generaron diferencias en las emisiones de GEI con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Respecto a los datos de actividad, fueron mejorados en donde se realizó una revisión mucho más exhaustiva y se consultaron nuevas fuentes de datos como el INEC, SIECA y Autoridad Nacional de Aduanas.

Como se presenta en la Tabla 5.55, las emisiones de la *aplicación de urea* para 2005, 2010 y 2013 son menores en el INGEI actual en comparación con los INGEI anteriores. Para 1994 y 2000 la categoría no fue estimada. En el caso de 2005, 2010 y 2013, no se cuenta con la fuente de los datos de actividad y factores de emisión, por lo que no es posible sustentar el comportamiento de las variaciones resultantes al comparar con los nuevos cálculos.

**Tabla 5.55**

*Aplicación de urea: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores			17.3	20.2	21.9				
INGEI actual	5.5	3.4	4.5	5.2	5.7	3.0	2.4	5.4	6.1
<b>Diferencia</b>			<b>-12.8</b>	<b>-14.9</b>	<b>-16.2</b>				
<b>Diferencia %</b>			<b>-74.1%</b>	<b>-74.1%</b>	<b>-74.1%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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, dicha revisión no pudo realizarse por tiempo y debido a la pandemia de la COVID-19.

### 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



El sector UTCUTS aborda las emisiones y absorciones de GEI por actividades relacionadas con el uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y la silvicultura.

© 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.

Para este 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.

#### 6.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones y absorciones de GEI incluidas en el inventario del sector UTCUTS para 2017 (Tabla 6.1), fueron -27,711.9 kt CO<sub>2</sub>, 2.2 kt CH<sub>4</sub> y 0.1 kt 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 fueron 1.0 kt NO<sub>x</sub> y 37.3 kt CO.

**Tabla 6.1**

*Sector UTCUTS: emisiones y absorciones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2017*

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>4.</b>	<b>Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>-27,711.9</b>	<b>2.2</b>	<b>0.1</b>					<b>1.0</b>	<b>37.3</b>	<b>NA, NO</b>	
4.A.	Tierras forestales	-31,994.6	0.1	0.0					0.1	2.6	NA, NO	
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	-31,856.0	0.1	0.0					0.1	2.6	NA	
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	-138.6	NA, NO	NA, NO					NA, NO	NA, NO	NA, NO	
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.A.2.b.	Pastizales convertidos en tierras forestales	-138.6	NA	NA					NA	NA	NA	
4.A.2.c.	Humedales convertidos en tierras forestales	NO	NO	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	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.B.	Tierras de cultivo	647.3	0.3	0.0					0.2	5.3	NA	
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NA, NE	IE	IE					IE	IE	NA	
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	647.3	0.3	0.0					0.2	5.3	NA	
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	438.5	0.2	0.0					0.1	3.8	NA	
4.B.2.b.	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	208.7	0.1	0.0					0.1	1.5	NA	
4.B.2.c.	Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.B.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.B.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.C.	Pastizales	3,134.8	1.7	0.1					0.7	29.4	NA, NO	
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	NA	0.1	0.0					0.1	2.2	NA	
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	3,134.8	1.7	0.1					0.6	27.2	NA, NO	
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	3,134.8	1.7	0.1					0.6	27.2	NA	
4.C.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	NO	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	NO	NO					NO	NO	NO	
4.C.2.e.	Otras tierras convertidas en pastizales	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.D.	Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO					NE, NO	NE, NO	NA	
4.D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE					NE	NE	NA	
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.D.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.D.2.c.	Pastizales convertidos en humedales	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.D.2.d.	Asentamientos convertidos en humedales	NO	NO	NO					NO	NO	NA	
4.D.2.e.	Otras tierras convertidas en humedales	NO	NO	NO					NO	NO	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)	SO <sub>2</sub> (kt)
4.E.	Asentamientos	500.7	NA, NO	NA, NO					NA, NO	NA, NO	NA, NO	
4.E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NA	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	500.7	NA, NO	NA, NO					NA, NO	NA, NO	NA, NO	
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	460.6	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.E.2.c.	Pastizales convertidos en asentamientos	40.0	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.d.	Humedales convertidos en asentamientos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.E.2.e.	Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.F.	Otras tierras	NA, NO	NA, NO	NA, NO					NA, NO	NA, NO	NA, NO	
4.F.1.	Otras tierras que permanecen como tales	NA	NA	NA					NA	NA	NA	
4.F.2.	Tierras convertidas en otras tierras	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.F.2.a.	Tierras forestales convertidas en otras tierras	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.F.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en otras tierras	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.F.2.c.	Pastizales convertidos en otras tierras	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.F.2.d.	Humedales convertidos en otras tierras	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.F.2.e.	Asentamientos convertidos en otras tierras	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
4.G.	Productos de madera recolectada	NE										
4.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO					NO	NO	NO	

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

A nivel nacional, el sector UTCUTS posee una relevancia particular ya que es el único sector que absorbe CO<sub>2</sub> de la atmosfera, siendo un sumidero neto. Es así como el sector representa el 60.7 % del balance nacional de GEI en 2017. En el mismo año, su balance alcanzó los -27,629.2 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose favorablemente hacia la absorción neta en un 17.4 % desde 1994, pero disminuyendo en un 2.7 % desde 2013 (Tabla 6.2 y Figura 6.1). Esta leve disminución se debe al aumento de las emisiones brutas por la conversión de *tierras forestales* a *pastizales* en los últimos años. El incremento de las absorciones netas reflejado desde 1994 se debe en gran medida al aumento en la cobertura de *rastrojos* y *bosques secundarios* los cuales aportan al aumento de los depósitos de carbono debido, principalmente, al crecimiento de la biomasa. Con respecto a las categorías que aportan mayormente al balance, un 88.0 % corresponde a *tierras forestales*, un 8.8 % a *pastizales*, un 1.8 % a *tierras de cultivo* y un 1.4 % a *asentamientos*. No se registran emisiones en la categoría *humedales* debido a no hay conversión de diferentes tierras a humedales.

**Tabla 6.2**

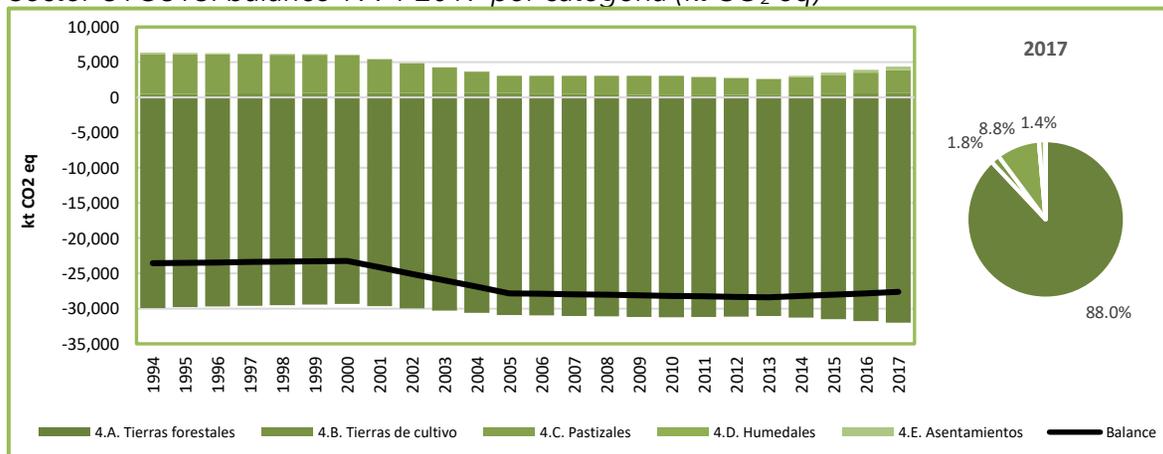
Sector UTCUTS: balance 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.A. Tierras forestales	-29,901.9	-29,314.9	-30,910.7	-31,245.1	-31,058.7	-31,756.6	-31,989.3
4.B. Tierras de cultivo	485.5	636.5	611.3	302.0	389.7	591.5	658.8
4.C. Pastizales	5,650.2	5,387.9	2,473.1	2,751.8	2,158.9	2,940.2	3,200.6
4.D. Humedales	39.5	NO, NE					
4.E. Asentamientos	188.0	56.5	NO	NO	112.9	403.7	500.7
<b>Balance</b>	<b>-23,538.7</b>	<b>-23,234.1</b>	<b>-27,826.3</b>	<b>-28,191.3</b>	<b>-28,397.2</b>	<b>-27,821.2</b>	<b>-27,629.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.1**

Sector UTCUTS: balance 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Respecto a participación de los GEI individuales, el CO<sub>2</sub> domina la contribución al balance de toda la serie temporal, representando un muy importante 99.7 % en 2017, mientras que el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en conjunto no superan el 0.3 % (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 quemadas de biomasa de *tierras forestales*, de *tierras de cultivo* y *pastizales*.

**Tabla 6.3**

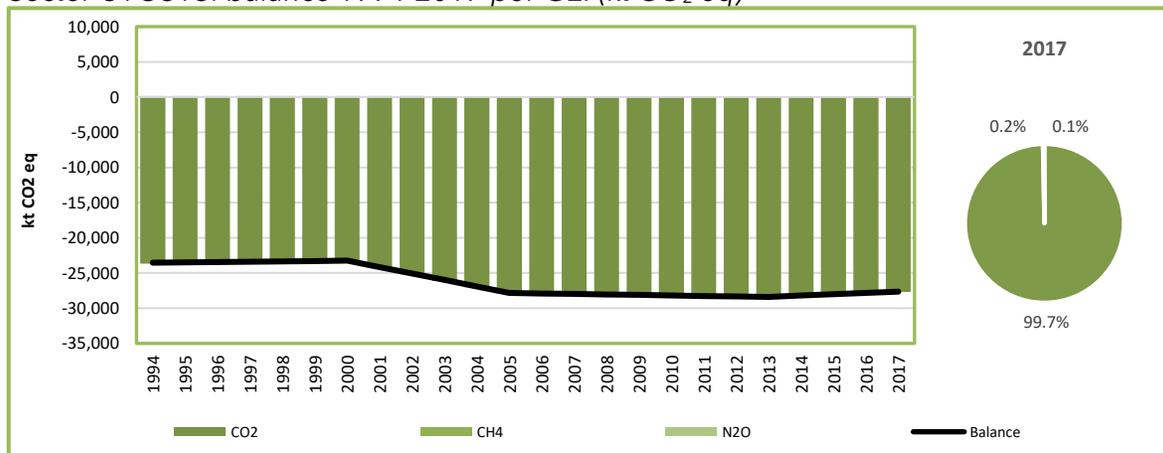
Sector UTCUTS: balance 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CO <sub>2</sub>	-23,674.2	-23,358.9	-27,909.4	-28,253.1	-28,464.0	-27,899.9	-27,711.9
CH <sub>4</sub>	105.1	95.9	62.5	46.6	46.9	57.1	60.5
N <sub>2</sub> O	30.4	29.0	20.6	15.3	19.8	21.6	22.2
<b>Balance</b>	<b>-23,538.7</b>	<b>-23,234.1</b>	<b>-27,826.3</b>	<b>-28,191.3</b>	<b>-28,397.2</b>	<b>-27,821.2</b>	<b>-27,629.2</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.2**

Sector UTCUTS: balance 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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, tipo de suelo, 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)

$$\text{Emisión} = A \times FE$$

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 para 2017

Categorías de fuente y sumidero 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>4. UTCUTS</b>	<b>T2, T1, NA, NE, NO</b>	<b>PE, OT, D, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>	<b>T2, T1, IE, NA, NE, NO</b>	<b>PE, D, IE, NA, NE, NO</b>
4.A. Tierras forestales	T2, T1, NO	PE, OT, D, NO	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO
4.B. Tierras de cultivo	T2, T1, NA, NE, NO	PE, D, NA, NE, NO	T2, T1, IE, NO	D, IE, NO	T2, T1, IE, NO	D, IE, NO
4.C. Pastizales	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO	T2, T1, NO	D, NO	T2, T1, NO	D, NO
4.D. Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
4.E. Asentamientos	T2, T1, NA, NO	PE, D, 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	NE				
4.H. Otros (especificar)	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; OT = otro.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 geoespaciales, 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, Autoridad Nacional de Aduanas, 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 y tipo de suelo (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. 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*

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> .	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.
		Bosque intervenido	Es aquel bosque maduro que ha sido objeto de acciones de extracción de productos forestales como madera, palmito y otros, provocando importantes alteraciones en su estructura y composición florística original. A este bosque también se le clasifica como <i>bosque degradado</i> .
		Plantación latifoliada	Bosque predominantemente compuesto por árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada. Puede ser formado por especies exóticas o nativas con fines de protección, restauración, conservación, producción, recreación y científicos.
		Plantación conífera	
		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.
Tierras de cultivo	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").
Pastizales	Incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran <i>tierras de cultivo</i> . También incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvopastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.	Pasto	Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.
Humedales	Incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de este (p. ej. las turberas) y que no está dentro de	Humedal	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

<b>Categoría de uso de la tierra según el IPCC</b>	<b>Definición IPCC</b>	<b>Subdivisión según Panamá</b>	<b>Definición de Panamá</b>
	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.		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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Cada categoría, subcategoría y subdivisión de uso de la tierra establecido por el país, a su vez fue desagregada de acuerdo con las regiones climáticas y tipos de suelo 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).

**Tabla 6.6**

*Segregación aplicada a las subcategorías de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra en el contexto nacional*

<b>Región climática</b>		<b>Tipos suelo</b>	
Tropical Montano (TM)		Suelo de arcilla de alta actividad (AA)	
Tropical muy húmedo (TMH)		Suelo de arcilla de baja actividad (BA)	
Tropical húmedo (TH)		Suelo volcánico (VOL)	
<b>Prácticas de laboreo</b>		<b>Entrada de materia orgánica</b>	
Laboreo total		Entrada alta	
Laboreo reducido		Entrada media	
Sin laboreo		Entrada baja	
<b>Tipos de pastos*</b>			
Pasto mejorado		Pasto moderadamente degradado	
Pasto no degradado		Pasto severamente degradado	

\*Se aplica para el Cambio anual en las reservas de C en suelos minerales

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

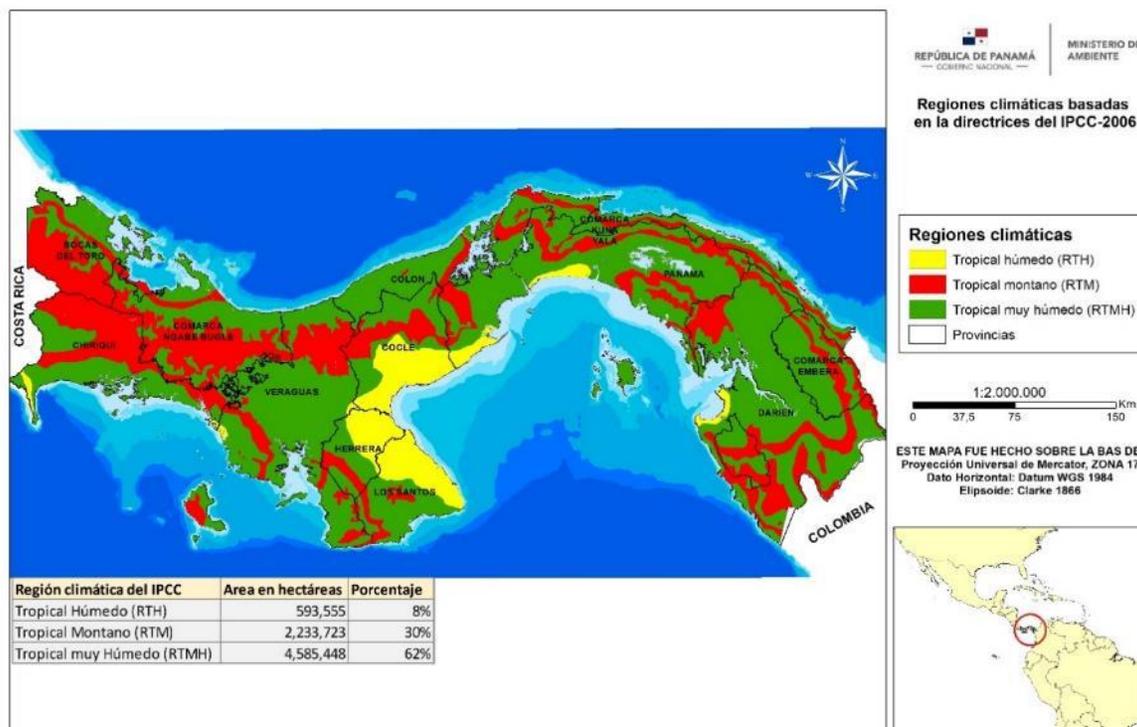
### 6.2.2. Clasificación de las regiones climáticas

Para agrupar los datos de actividad por región climática, el equipo de las direcciones de Cambio Climático, Información Ambiental y Forestal trabajaron en conjunto. 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, se observan en la Figura 6.3.

Las parcelas del Mapatón se proyectaron sobre el mapa y se usó la herramienta intersecar de ArcGis para que cada una de las parcelas del Mapatón se asociara a una región climática y tipo de suelo específico.

### Figura 6.3

Mapa de regiones climáticas de Panamá según las Directrices del IPCC de 2006



Fuente: Elaborado por la 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

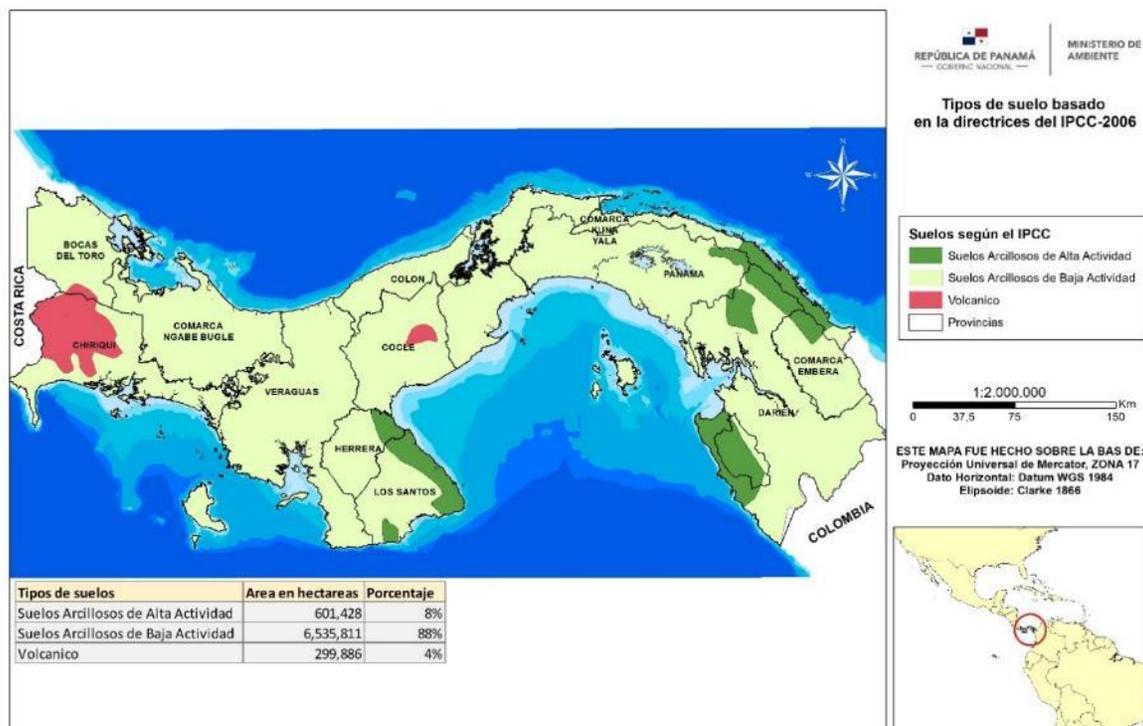
Se realizó una evaluación de las equivalencias de los suelos de Panamá con las categorías de suelos de las *Directrices del IPCC de 2006* que se utilizan para las estimaciones de las emisiones en los inventarios. Para esta evaluación, se realizaron consultas al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP). Este proceso se realizó con base en la siguiente información:

- Artículo del IDIAP «Clasificación de suelos de Panamá y sus equivalencias», elaborado por (Villareal et al, 2010)
- Mapa de clasificación de suelos de Panamá utilizando el sistema 2010 de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (WRB). (Villareal et al, 2013)
- Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la clasificación de la WRB (Capítulo 3, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*).
- Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la taxonomía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Capítulo 3, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*)

Finalmente, establecieron las equivalencias de suelo, y los resultados fueron sometidos a la consideración de expertos en suelo, como el investigador José Villareal. El mismo se observa en la Figura 6.4.

### Figura 6.4

Mapa de suelos de Panamá homologado con los tipos de suelo según las Directrices del IPCC de 2006



Fuente: Elaborado por la Dirección de Cambio Climático y la Dirección de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente, junio de 2020.

### 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 el caso de Panamá, estos datos se obtuvieron en su gran mayoría a través del *Mapatón 2017*.

Para la correcta representación de las tierras se consensó el uso de los datos de actividad, generados por el *Mapatón 2017*, para 2000, 2005, 2010, 2013 y 2017, los cuales 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>14</sup> Los datos de los demás años se estimaron realizando interpolaciones y extrapolaciones.

Los datos de actividad del *Mapatón 2017* provienen de una iniciativa nacional denominada *Proyecto Mapatón 2017*. Esta iniciativa fue ejecutada por el equipo técnico de Ministerio de Ambiente, con la asesoría técnica del PNUD y FAO (MiAMBIENTE, 2018b). Los datos de actividad del *Mapatón 2017* se obtuvieron mediante el uso de la herramienta Collect Earth Desktop.

La base de datos del *Mapatón 2017* consta de 13,796 parcelas distribuidas de forma sistemática en el país. La distancia entre parcelas es de 3,000 x 3,000 m. En las provincias de Colón y Darién se intensificó el muestreo y la distancia entre parcelas es de 1,500 x 1,500 m, esto se realizó para detectar la dinámica de cambio en estas provincias donde predomina el uso de las tierras forestales. En cada parcela de muestreo se registró el uso de la tierra que corresponde a una de las 32 categorías de uso de la tierra definidas por el *Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 de Panamá* (MiAMBIENTE, 2015).

Para estimar las superficies de uso de la tierra para 1994 (año de inicio de la serie temporal), se emplearon como referencia los datos de uso de la tierra de 2000 y los datos de 1990 reportados por el *Mapatón 2017*. Sin embargo, para 1990, únicamente se registró el uso de la tierra para las seis categorías de uso de la tierra definidas por el IPCC. Por lo tanto, los datos de actividad desagregados en las 13 categorías para el reporte del país, así como las transiciones entre categorías de uso de la tierra tuvieron que estimarse mediante criterios de expertos. Por ejemplo, si una parcela se registró como *tierra forestal* en 1990 y en 2000 se registró como bosque maduro, se consideró que esta parcela es un bosque maduro que permaneció como tal para el período 1990-2000 (Tabla 6.7).

**Tabla 6.7**

*Definición de categorías de uso de la tierra para el periodo 1990-2000*

Categoría 1990	Categoría 2000	Categoría de uso de la tierra para el período 1990-2000
Tierra forestal	Bosque maduro	Bosque maduro que permanece como bosque maduro
Tierra forestal	Bosque secundario	Bosque secundario que permanece como bosque secundario
Tierra forestal	Bosque intervenido	Bosque intervenido que permanece como bosque intervenido
Tierra forestal	Manglar	Manglar que permanece como manglar
Tierras de cultivo	Cultivo anual	Cultivo anual que permanece como cultivo anual
Tierras de cultivo	Cultivo perenne	Cultivo perenne que permanece como cultivo perenne
Pastizales	Rastrojo	Rastrojo que permanece como rastrojo
Pastizales	Pasto	Pasto que permanece como pasto
Humedales	Humedales	Humedales que permanecen como humedales
Asentamientos	Asentamientos	Asentamientos que permanecen como asentamientos
Otras tierras	Otras tierras	Otras tierras que permanecen como otras tierras

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El diseño de la muestra (la malla de parcelas donde se recoge la información) que se utilizó durante el *Mapatón 2017* está basado en el diseño de la muestra de las parcelas del INFC.

Para diseñar el muestreo inicial del INFC, se estableció primero un marco de muestra con puntos cada 3,000 x 3,000 m que cubriera todo el territorio nacional, dando como

<sup>14</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)

resultado una cuadrícula con un total de 8,327 puntos. Cada punto de la cuadrícula representa la ubicación potencial del centro de una unidad de muestreo (UM) y se le asignó un número único. El listado de los puntos enumerado fue luego utilizado para seleccionar las UM. La razón para establecer un marco de muestra tan denso fue permitir, en el futuro, hacer una estratificación más fina, incluyendo estratos con poca superficie, si así se decidiera.

En Collect Earth se generó a su vez una malla basada en el diseño del INFC (aunque ajustada al *shapefile* de las regiones de Panamá, lo que produce que el número de parcelas dentro de las provincias sea de 8,219), donde se conservan las coordenadas (punto central de la parcela en Collect Earth y del conglomerado en el INFC) y el identificativo del conglomerado al que hacen referencia. Además, se añaden una gran cantidad de variables que serán automáticamente incorporadas a la base de datos por Collect Earth.

Muchos métodos de evaluación de las superficies de uso de la tierra o de las conversiones en superficies de uso de la tierra confían en el muestreo. Mediante el muestreo, pueden estimarse las superficies y los cambios en ellas mediante la *estimación por medio de las proporciones* y la *estimación directa de la superficie*.

El primer 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 necesita conocer la superficie total. Ambos métodos requieren la evaluación de una cantidad determinada de UM ubicadas en la superficie del inventario. La selección de las UM puede llevarse a cabo empleando un muestreo aleatorio simple o uno sistemático. El muestreo sistemático normalmente mejora la precisión de las estimaciones de la superficie, en especial cuando coexisten diferentes clases de uso de la tierra en grandes áreas (MiAMBIENTE, 2018b).

La estimación de las superficies de las diferentes categorías de uso de la tierra puede basarse en las evaluaciones de las proporciones de superficie. Cuando se aplica este método, se cubre la superficie del inventario por un determinado número de parcelas y se determina el uso de la tierra para cada punto. Entonces, 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. 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

Finalmente, se generó una malla de parcelas distribuidas sistemáticamente a nivel de todo el país con un distanciamiento de 3,000 m, para las provincias de Darién y Colón la malla de puntos se intensificó cada 1,500 m debido a que ambas provincias son consideradas según expertos forestales de Panamá, las provincias con mayor tasa de deforestación del país, durante el periodo de levantamiento del *Mapatón 2017*. El número total de muestras/parcelas corresponden a 13,796 a nivel nacional, de las cuales 4,073 corresponden a Darién, 1,555 a la provincia de Colón.

## 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 5,322,518 ha en el país para 2017, de las cuales 99.3 % corresponden a tierras de bosque nativo y 0.69 % a plantaciones forestales. Los bosques nativos (5,289,314 ha) se subdivide en *bosque maduro, bosque secundario, bosque de manglares, bosque intervenido y rastrojo*. En cuanto a las plantaciones forestales (36,921 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.

### **Bosque intervenido**

Es aquel bosque maduro que ha sido objeto de acciones de extracción sin criterios técnicos de productos forestales como madera, palmito y otros, provocando importantes alteraciones en su estructura y composición florística original; generando también emisiones por la pérdida de C. La definición de degradación surge de un análisis de la legislatura forestal vigente en Panamá. Por lo tanto, siguiendo la definición de bosque para Panamá, por lo menos el 30 % del bosque intervenido se mantiene como bosque maduro en la parcela de muestreo equivalente a la definición de bosque. Para efecto de

cálculos de emisiones y absorciones, el 70 % restante se asume como bosque secundario dentro de la serie temporal 2000-2015.

### **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 %. Se considera también como bosque secundario a los rastrojos con altura menor a 5 m que hayan sido declarados para fines forestales.

### **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. 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 %.

## **6.4.2. Tendencia de los GEI de la categoría**

En 2017, el balance contabilizó -31,989.3 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementando la tendencia a la absorción neta en un 7.0 % desde 1994 y en un 3.0 % desde 2013 (Tabla 6.8 y Figura 6.5), esto se debe en gran parte al aporte que hacen las *tierras forestales* como *rastrojo* y *bosque secundario* al incremento anual de las existencias de C en la biomasa y, por lo tanto, a la absorción de CO<sub>2</sub>. La subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales* representa el 99.6 % del balance de la categoría, mientras que *tierras convertidas en tierras forestales* representan el restante muy menor 0.4 %.

**Tabla 6.8**

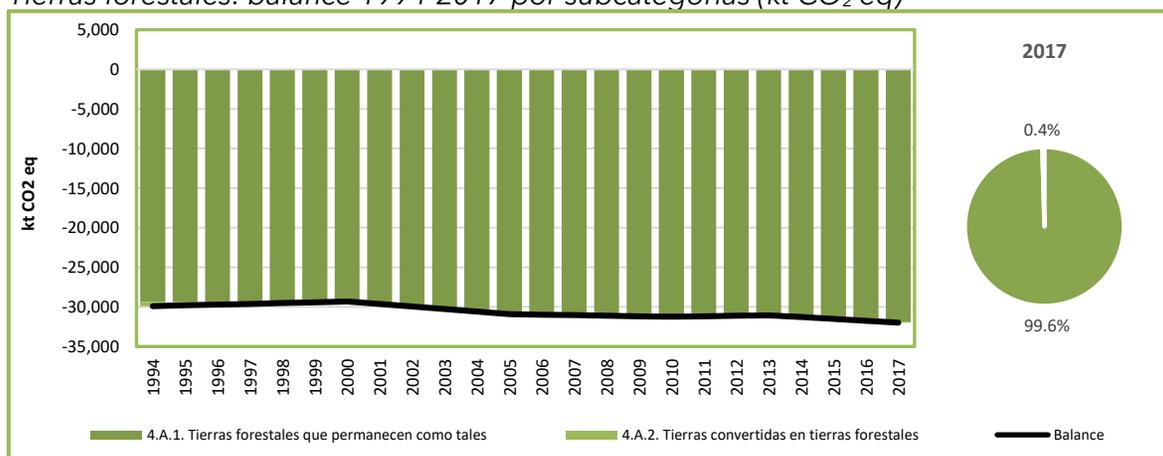
Tierras forestales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-29,339.3	-29,337.1	-30,865.3	-31,247.0	-30,931.0	-31,620.8	-31,850.7
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	-562.6	22.2	-45.4	1.9	-127.7	-135.9	-138.6
<b>Balance</b>	<b>-29,901.9</b>	<b>-29,314.9</b>	<b>-30,910.7</b>	<b>-31,245.1</b>	<b>-31,058.7</b>	<b>-31,756.6</b>	<b>-31,989.3</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.5**

Tierras forestales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Desde un punto de vista relacionado con los tipos de tierra forestal que aportan mayormente al balance de la categoría *tierras forestales* en 2017, un 67.3 % corresponde al balance de GEI para el *rastrojo*, un 24.8 % a *bosque secundario*, y un 3.7 % a bosques de *manglar*, seguidos por *plantaciones latifoliadas* y *coníferas* con un 2.8 % y un 0.5 %, respectivamente. El *bosque intervenido* registra un 0.9 % de emisiones netas en lugar de absorciones (Tabla 6.9 y Figura 6.6). Esto demuestra la relevancia significativa que tienen las subcategorías de rastrojos y bosques secundarios. En cuanto a los manglares, cabe resaltar que las remociones de CO<sub>2</sub> fueron estimadas con base en los cambios en las reservas de biomasa, sin considerar suelos o MOM. Debido a esto, no se estaría reflejando el aporte real de los *manglares*, sin embargo, se tiene contemplado en el plan de mejoramiento, el uso del *Suplemento del IPCC de 2013* sobre humedales costeros.

**Tabla 6.9**

*Tierras forestales: balance 1994-2017 por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)*

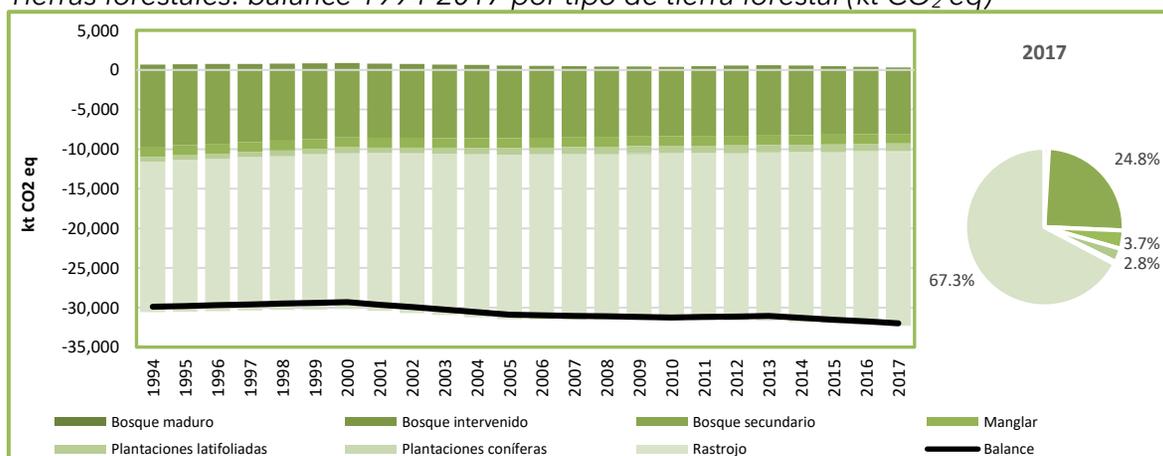
Tipo de tierra forestal	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Bosque maduro	90.7	4.2	1.6	0.3	19.6	4.9	NO
Bosque intervenido	601.2	853.1	551.8	379.2	592.0	376.6	304.8
Bosque secundario	-9,690.5	-8,542.7	-8,620.5	-8,350.9	-8,285.0	-8,124.3	-8,070.8
Manglar	-1,276.2	-1,235.2	-1,224.0	-1,224.0	-1,223.1	-1,220.9	-1,220.1
Plantaciones latifoliadas	-607.8	-675.9	-843.1	-923.0	-918.1	-918.4	-918.5
Plantaciones coníferas	-88.3	-117.2	-6.5	-172.8	-87.5	-141.3	-159.2
Rastrojo	-18,931.0	-19,601.3	-20,769.9	-20,953.8	-21,156.5	-21,733.2	-21,925.4
<b>Balance</b>	<b>-29,901.9</b>	<b>-29,314.9</b>	<b>-30,910.7</b>	<b>-31,245.1</b>	<b>-31,058.7</b>	<b>-31,756.6</b>	<b>-31,989.3</b>

Nota: en el caso de *bosque maduro que permanece como tal* se estima que encuentra en equilibrio, por lo tanto, no su emisión es igual a su absorción.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.6**

*Tierras forestales: balance 1994-2017 por tipo de tierra forestal (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 6.4.2.1. Tierras forestales que permanecen como tales (FCR 4.A.1)

En 2017, el balance de esta subcategoría contabilizó -31,850.7 kt CO<sub>2</sub> eq (un 99.6 % del balance de *tierras forestales*). Este valor representa un incremento de la absorción neta de un 8.6 % con respecto a 1994 y del 2.9 % con respecto a 2013 (Tabla 6.10). Este incremento en la absorción se debe principalmente al aporte que hacen las *tierras forestales de rastrojo y bosque secundario* en el incremento anual de las existencias de C en la biomasa. Respecto al balance de 2017, el *incremento anual de biomasa* representa un 93.5 %, seguido por la extracción de *leña* con un 2.9 %, las remociones de madera como *cosecha* (extracción de madera) con un 1.5 %, y el *cambio de vegetación* (CEC) con el 1.8 %, *incendios* con un 0.2 % y finalmente *materia orgánica muerta* con 0.01% (Figura 6.7).

**Tabla 6.10**

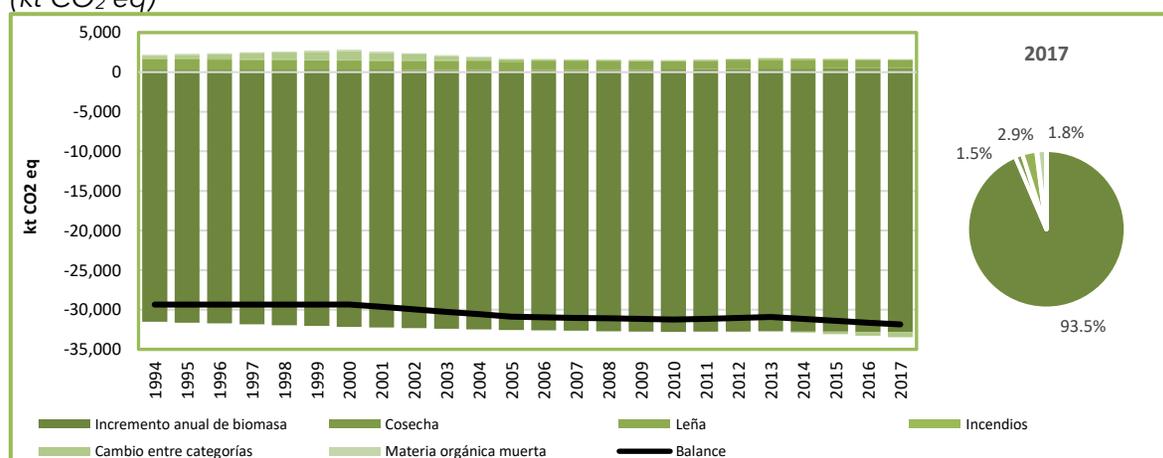
Tierras forestales que permanecen como tales: balance 1994-2017 por componente (kt CO<sub>2</sub> eq)

Componentes	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
Incremento anual de biomasa	-31,521.2	-32,150.7	-32,572.6	-32,790.6	-32,724.4	-32,797.3	-32,821.6
Cosecha	355.3	339.3	234.3	323.0	452.6	520.0	542.4
Leña	1,289.8	1,123.6	1,086.5	1,054.3	1,034.7	1,015.7	1,009.4
Incendios	146.1	50.0	230.9	30.1	217.0	104.3	66.7
Cambio entre categorías (CEC)	291.1	1,129.2	64.3	77.0	17.9	-477.8	-643.1
Materia orgánica muerta	99.6	171.6	91.2	59.1	71.2	14.4	-4.5
<b>Balance</b>	<b>-29,339.3</b>	<b>-29,337.1</b>	<b>-30,865.3</b>	<b>-31,247.0</b>	<b>-30,931.0</b>	<b>-31,620.8</b>	<b>-31,850.7</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.7**

Tierras forestales que permanecen como tales: balance 1994-2017 por componente (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 6.4.2.2. Tierras convertidas en tierras forestales (FCR 4.A.2)

En 2017, el balance de las *tierras convertidas en tierras forestales* contabilizó -138.6 kt CO<sub>2</sub> eq. Este valor representa una disminución de la absorción neta de 75.4 % con respecto a 1994, y un aumento de la absorción neta en un 7.9 % con respecto a 2013 (Tabla 6.11 y Figura 6.8). Este resultado se debe en parte a la gran contribución a la absorción por el cambio de *cultivos a tierras forestales* en 1994, y siendo este aporte nulo en 2017, ya que para este año el 100 % de las tierras que cambiaron a *tierras forestales* corresponde a *pastizales*. Cabe resaltar el aporte de a la absorción por parte de los *pastizales convertidos a tierras forestal* va aumentando a lo largo de la serie.

**Tabla 6.11**

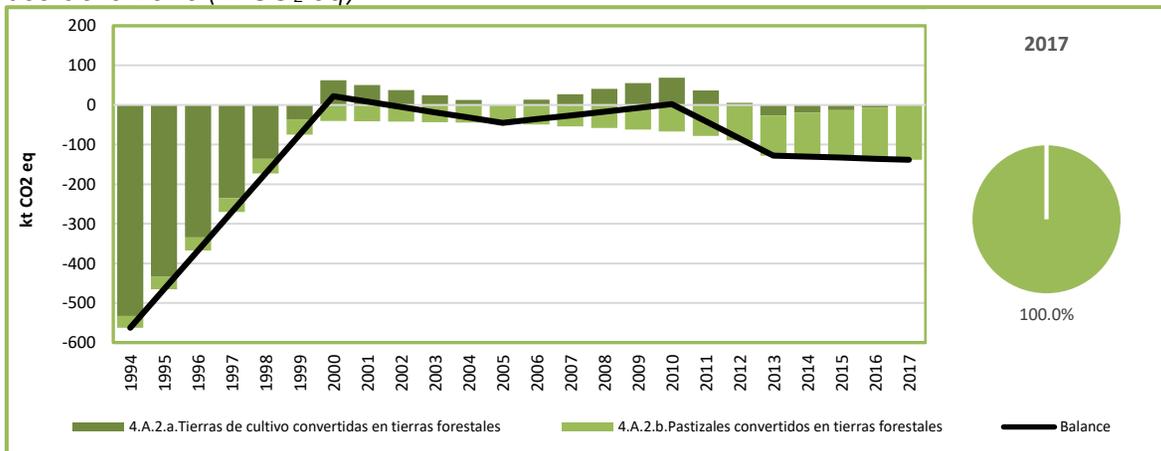
Tierras convertidas en tierras forestales: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categoría de cambio de uso de la tierra	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.A.2.a. Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-533.1	62.6	NO	68.6	-26.4	-6.6	NO
4.A.2.b. Pastizales convertidos en tierras forestales	-29.5	-40.4	-45.4	-66.6	-101.3	-129.3	-138.6
<b>Balance</b>	<b>-562.6</b>	<b>22.2</b>	<b>-45.4</b>	<b>1.9</b>	<b>-127.7</b>	<b>-135.9</b>	<b>-138.6</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.8**

Tierras convertidas en tierras forestales: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 6.12 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 6.12**

Tierras forestales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2017

Categorías de fuente y sumidero 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
4.A. Tierras forestales	T2, T1, NO	PE, OT, D, NO	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	T2, T1	PE, OT, D	T2, T1	PE, D	T2, T1	PE, D
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	T2, T1, NO	PE, D, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
4.A.2.a. Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.A.2.b. Pastizales convertidos en tierras forestales	T2, T1	PE, D	NA	NA	NA	NA
4.A.2.c. Humedales convertidos en tierras forestales	NO	NO	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	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = método de Nivel 1; T2 = método de Nivel 2; D = valor por defecto; PE = específico del país; NA = no aplica; NO = no ocurre; OT = otro.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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

$$\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$$

Fuente: Ecuación 2.11, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $\Delta C_L$  = reducción anual de las existencias de C debido a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de LU, t C año<sup>-1</sup>
- $L_{remoción-bosques}$  = pérdida anual de C debido a remoción de bosques, t C año<sup>-1</sup> (Ecuación 6.10)
- $L_{madera-combustible}$  = pérdida anual de C en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año<sup>-1</sup> (Ecuación 6.11)
- $L_{perturbación}$  = 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*

$$L_{remoción-bosques} = \{H \times BCEF_R \times (1 + R) \times CF\}$$

Fuente: Ecuación 2.12, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{remoción-bosques}$  = pérdida anual de C debido 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*

$$L_{madera-combustible} = \{[FG_{árboles} \times BCEF_R \times (1 + R)] + FG_{parte} \times D\} \times CF$$

Fuente: Ecuación 2.13, Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*.

Donde:

- $L_{madera-combustible}$  = pérdida anual de C en la biomasa debida a remoción de madera combustible, t C año<sup>-1</sup>
- $FG_{árboles}$  = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>
- $FG_{parte}$  = 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 la quema de la leña y 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*

$$L_{\text{fuego}} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

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
- $G_{ef}$  = 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 biomásas en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} - \Delta C_L$$

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>
- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$  = 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

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUES_i} - B_{ANTES_i}) \times \Delta A_{AOTRAS} \} \times CF$$

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:

- $\Delta C_{\text{minerales}}$  = 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 estadísticos de la categoría provienen de una revisión exhaustiva de información nacional disponible y que mejora la calidad de los datos presentados en INGEI anteriores. Para cada categoría de datos se utilizaron diferentes fuentes de información.

Los datos de actividad para *tierras forestales* provienen en su gran mayoría del proceso de levantamiento de datos geospaciales denominado *Mapatón 2017*; 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. 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 las diferentes tipos de bosques en este sistema de clasificación, se anexó a la encuesta de Collect Earth 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 1994-2017 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 6.13), 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 (2017)
- 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 6.13**

*Tierras forestales: volumen de madera aprovechado proveniente de bosque plantado (m<sup>3</sup>)*

Año	Plantaciones coníferas (m <sup>3</sup> )	Plantaciones latifoliadas (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
1994	SD	SD	SD
2000	463	8,929	9,391
2005	2,225	37,701	39,926
2010	4,890	72,378	77,268
2013	3,955	111,326	115,281
2017	3,706	157,048	160,753

Nota: SD = sin datos

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

En el caso de la madera de bosque natural: Para armar la serie temporal de datos de actividad referentes a bosque natural (Tabla 6.14), 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 (1994-2002) (FAO, 2006)
- Datos para 2003, 2004 y 2005 (interpolaciones)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (2006-2016)
- Ministerio de Ambiente (datos 2017)

**Tabla 6.14**

*Tierras forestales: volumen de madera aprovechado proveniente de bosque natural (m<sup>3</sup>)*

Año	Volumen de la fuente original (m <sup>3</sup> )	Volumen rollizo, con corteza (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
1994	50,342	110,752	161,094
2000	45,001	99,002	144,003
2005	29,898	44,330	74,228
2010	35,962	45,240	81,202
2013	45,975	57,745	103,720
2017	41,964	52,539	94,503

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### **Volumen anual de remoción de madera combustible (consumo de leña)**

El consumo anual de leña utilizado proviene de los valores presentados por la SNE de Panamá y los mismos se encuentran expresados en kbep. Estos valores totales para cada año fueron sometidos a un proceso de análisis y juicio de experto para determinar los valores porcentuales de procedencia de la leña, donde se determinó que la misma proviene de:

- Bosque intervenido (30 %)
- Bosque secundario (20 %)
- Rastrojo (50 %)

Estos porcentajes fueron multiplicados por el valor total en metros cúbicos de leña (1 t = 0.002594 kbep y una densidad de 0.57, esta última estimada con base en las densidades de diferentes especies utilizadas para leña en el país) (Tabla 6.15).

**Tabla 6.15**

*Tierras forestales: consumo anual de leña (m<sup>3</sup>)*

Año	Bosque intervenido (m <sup>3</sup> )	Bosque secundario (m <sup>3</sup> )	Rastrojo (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
1994	392,073	261,382	653,455	1,306,910
2000	341,534	227,689	569,223	1,138,446
2005	330,266	220,177	550,443	1,100,886
2010	320,468	213,645	534,113	1,068,226
2013	314,514	209,676	524,190	1,048,380
2017	306,812	204,541	511,353	1,022,706

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### **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 6.16), 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.

Debido a que no existía desagregación de incendios ocurridos por tipo de plantaciones forestales (coníferas y latifoliadas), se tomó la decisión de que, del total de la superficie reportada como quemada en plantaciones forestales, se consideraría que el 70 % ocurrió en plantaciones de coníferas y el 30 % restante en plantaciones latifoliadas. Esta decisión fue consultada con la DIVEDA del Ministerio de Ambiente.

**Tabla 6.16**

*Tierras forestales: superficie anual quemada (ha)*

Años	Número de incendios	Bosque maduro (ha)	Bosque secundario (ha)	Rastrojo (ha)	Manglar (ha)	Plantaciones (ha)	Total (ha)
1994	SD	1,128	152	171	SD	376	1,827
2000	43	53	353	239	SD	192	837
2005	355	20	543	889	SD	1,544	2,996
2010	264	4	48	582	SD	92	726
2013	179	244	136	1,834	23	1,186	3,423
2017	1,466	SD	51	1,528	1	171	1,751

Nota: SD = sin datos

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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  $\pm 16.9$  a  $49.8$  % (Tabla 6.17). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del CO<sub>2</sub> de *tierras convertidas en tierras forestales*.

**Tabla 6.17**

*Tierras forestales: incertidumbre combinada (%)*

Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ( $\pm$ %)	Incertidumbre de los factores de emisión ( $\pm$ %)	Incertidumbre combinada ( $\pm$ %)
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	IE	16.9%	16.9%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	IE	27.0%	27.0%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	IE	23.5%	23.5%
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	IE	49.8%	49.8%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 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 1.2.3. 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, consistió en una revisión externa por Alejandra Guevara (experta del sector UTCUTS) para evaluar los procedimientos y resultados. Las sugerencias realizadas 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 agregó información sobre los supuestos en las hojas de cálculo para una mayor transparencia. El equipo colocó los supuestos debajo de cada pestaña de hoja de trabajo donde lo ameritan. Adicional, existe un documento con la recopilación de los supuestos de estas hojas de trabajo.
- Sobre el valor de fracción de C de la materia seca: se corrigió el valor 0.49 por 0.47, que corresponde a todas las partes del árbol.
- Sobre el valor del factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen comerciable a remociones totales de biomasa, se sugirió colocar en comentarios el valor de nivel de existencias en crecimiento utilizado, por lo que se procedió a incluir esta información en las hojas de trabajo.
- Para el cálculo del cambio anual de las existencias de biomasa de las tierras convertidas en *tierras forestales*. Se sugirió (si consideran que los factores de emisión utilizados cuentan con alta incertidumbre), utilizar el supuesto de Nivel 1 en el cual no se requiere la estimación de  $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ . El Equipo técnico de UTCUTS consideró que para el incremento de plantaciones latifoliadas y coníferas estos datos están en línea con las circunstancias nacionales. Constituye una buena práctica utilizar factores de emisión del país. El Nivel 2 incluye uso de factores de emisión del país, así como valores por defecto del IPCC.
- Sobre el tiempo o periodo de transición de la vieja a la nueva categoría de LU para determinar el cambio anual de las existencias de C en la MOM: El valor por defecto es 20, mientras que se utilizaba 1 año en el INGEI, debido a que «el valor

por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de C». Debido a que el cambio de 1 a 20 años implica un cambio drástico en el resultado de  $t C/año$ . Se hizo el ejemplo con 2017 y de un valor de más de 96,000 se pasa a un valor de 4,000. El Equipo decidió que para el cambio a rastrojos asumiríamos 5 años en virtud de que existe una definición nacional de rastrojo en la cual se asigna una edad promedio de 5 años ( $T = 5$ ). Para plantaciones forestales y bosques secundarios se asumen 20 años debido a que el contenido de hojarasca estable se alcanza a los 20 años ( $T = 20$ ).

- Se hizo la observación de que en algunas hojas donde se calculan pérdidas de C (remoción de bosques, leña, perturbaciones) se está colocando la notación NO (no ocurre), se recomendó revisar la pertinencia de utilizar en su lugar la notación IE (incluido en otra parte). Se procedieron a corregir las pestañas de las hojas de trabajo correspondientes.
- Se detectó una irregularidad en el cuadro resumen y la tabla de reporte, los valores en  $t C$  debían convertirse a  $CO_2$ . Se hizo la corrección en la pestaña «Resumen» de las hojas de trabajo.
- Se recomendó comparar los resultados generales y por categorías con países de la región como parte del proceso de control de calidad. Se recibió la recomendación, sin embargo, por falta de tiempo para este año no se ha contemplado realizar este proceso.

#### **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**

Control de calidad por superficie total. Los datos originales del *Mapatón 2017* reportan un total de 13,796 parcelas que se clasificaron en 32 categorías de LU establecidos en el INFC. El área total del país que calcula el *Mapatón 2017* es de 7,690,262 hectáreas. Por lo tanto, cuando se realizaron reagrupaciones de los datos originales del *Mapatón* la superficie total tiene que ser la misma. Con lo anterior se garantiza que no haya cambios accidentales de superficie que puedan afectar los cálculos del INGEI. Esto es importante ya que las 32 categorías originales se reagruparon en las 13 categorías de reporte del país. También se realizó una reagrupación de los datos de actividad en 8 posibles combinaciones de región climática y suelo.

Control de calidad por transiciones ilógicas. Cuando se realiza el seguimiento al uso de la tierra registrado en cada parcela del *Mapatón 2017* se tiene que el uso de la tierra puede cambiar de un año a otro. Lo anterior permite calcular los usos de la tierra que cambian a otros usos de la tierra para un período de inventario específico. Las transiciones entre usos de la tierra reportadas por el *Mapatón 2017*, que fueron usadas para la elaboración de los Niveles de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) (MiAMBIENTE, 2018b), fueron sometidas a un protocolo de control de calidad para

descartar el reporte de transiciones que no son posibles; por ejemplo que un bosque maduro cambie a un bosque secundario (esta transición no es posible ecológicamente); que un pastizal cambie a bosque secundario de un año a otro (error de interpretación). Este control de calidad fue realizado por un panel conformado por expertos forestales, y técnicos en teledetección.

### **Gestión de los datos derivados del INFC**

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 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. Sin embargo, se tiene contemplado que el próximo ciclo de INGEI se realizarán las actividades de verificación pertinente.

#### **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; lo anterior se logró reclasificando los usos de la tierra por región climática y tipo de suelos (ver Sección 6.3). Se utilizaron factores de emisión propios del país provenientes del INFC, lo que permitió implementar un método de Nivel 2.

Estas mejoras metodológicas se tradujeron en cambios significativos en la estimación de emisiones/absorciones que implican absorciones netas de relevancia para este sector. Los valores del INGEI actual solo se pudieron comparar con los valores de 2005, 2010 y 2013 de los INGEI anteriores, ya que fueron los únicos años con información desagregada por tipo de *tierras forestales*, es decir, para 1994, y 2000 la información relacionada a este sector no se encuentra desagregada, además de que se aplicaron metodologías distintas (Tabla 6.18). 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 2013 la diferencia asciende a -27,871.8 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto a los INGEI anteriores, representando un aumento en la absorción de un 874.6 % en el INGEI actual.

**Tabla 6.18**

*Tierras forestales: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores			-5,127.4	-3,694.0	-3,186.9				
INGEI actual	-29,901.9	-29,314.9	-30,910.7	-31,245.1	-31,058.7	-31,291.3	-31,524.0	-31,756.6	-31,989.3
<b>Diferencia</b>			<b>-25,783.3</b>	<b>-27,551.1</b>	<b>-27,871.8</b>				
<b>Diferencia %</b>			<b>502.9%</b>	<b>745.8%</b>	<b>874.6%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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 asesoramiento por parte de una experta externa. Se logró abordar puntos específicos relacionados a las estimaciones en las hojas de trabajo, y se aclararon dudas relacionadas a las aplicaciones de las *Directrices del IPCC de 2006*. 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 2013, presentado en el *Primer Informe Bienal de Actualización de Cambio Climático de Panamá*. Para la construcción de la serie temporal, se realizaron nuevos cálculos para 1994, 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017 con una misma metodología aplicable para cada uno de estos años, lo cual hace estos comparables entre sí. Adicionalmente, para el INGEI actual, incluido además en el *Segundo Informe Bienal de Actualización 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 el levantamiento de datos de actividad geoespaciales año a año. De modo que no se subestimen emisiones o sobreestimen absorciones por cambios de categorías que fueron omitidos. Para esto, se pretende realizar un análisis estadístico exhaustivo y completo de las parcelas para así poder asegurar que todas las categorías tengan la misma probabilidad de poder ser muestreada.
- Realizar la colecta de datos de actividad con Collect Earth Online, ya que a juicio de los expertos de la Dirección de Información Ambiental (DIAM), esta herramienta presenta más herramientas para poder asegurar la calidad de los datos. Para este fin, se realizó una consultoría para mejorar la representatividad de las categorías de uso de la tierra que fueron escasamente representadas en el muestreo del *Mapatón 2017*. El diseño final propone un muestreo del territorio nacional por medio de cuatro estratos. En este diseño se incrementó el número de parcelas a muestrear en áreas donde se presentan cambios entre categorías

de uso de la tierra y se disminuyó el número de muestras en áreas donde el uso de la tierra permanece como tal (bosque maduro). Este diseño se aplicará para el *Mapatón* a implementarse con el uso de la herramienta Collect Earth online.

- Realizar las actividades de verificación con los valores para factores de emisión por defecto y comparar con los resultados de los datos nacionales. Además de implementar una verificación con respecto a la información disponible a nivel internacional, como FAOSTAT.

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 impulsará la planificación para incluir 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.

## 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 2017, el balance de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* contabilizó 658.8 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 35.7 % desde 1994 y en un 69.1 % desde 2013 (Tabla 6.19 y Figura 6.9), esto guarda relación con el incremento poblacional y por ende el aumento de la demanda de productos alimenticios que provienen de actividades agrícola en el país. Para ese año en particular, todos los cambios de uso que se registran son de tierras a cultivos anuales.

**Tabla 6.19**

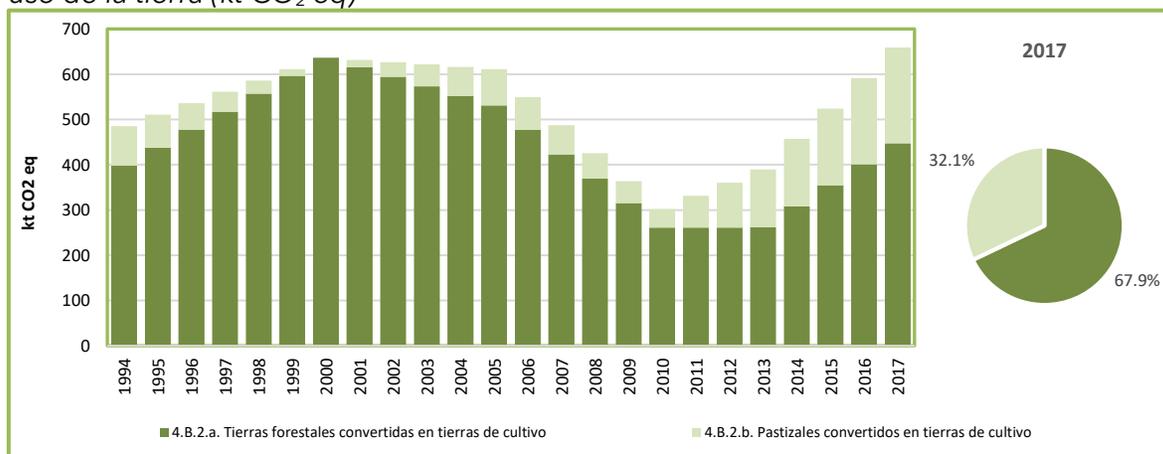
*Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.B.2.b. Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	397.8	636.5	530.6	261.3	261.4	400.8	447.3
4.B.2.c. Pastizales convertidos en tierras de cultivo	87.7	0.0	80.6	40.6	128.2	190.7	211.5
<b>Balance</b>	<b>485.5</b>	<b>636.5</b>	<b>611.3</b>	<b>302.0</b>	<b>389.7</b>	<b>591.5</b>	<b>658.8</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.9**

*Tierras convertidas en tierras de cultivo: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 6.20 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 6.20**

*Tierras de cultivo: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2017*

Categorías de fuente y sumidero 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
4.B. Tierras de cultivo	T2, T1, NA, NE, NO	PE, D, NA, NE, NO	T2, T1, IE, NO	D, IE, NO	T2, T1, IE, NO	D, IE, NO
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	NA, NE	NA, NE	IE	IE	IE	IE
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	T2, T1, NO	PE, D, NO	T2, T1, NO	D, NO	T2, T1, NO	D, NO
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	T2, T1	PE, D	T2, T1	D	T2, T1	D
4.B.2.b. Pastizales convertidos en tierras de cultivo	T2, T1	PE, D	T2, T1	D	T2, T1	D
4.B.2.c. Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO
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

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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  $T_{on}$  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* (ANEXO 3.2.3).

### 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 6.21).

**Tabla 6.21**

*Tierras de cultivo: superficie anual quemada (ha)*

Año	Cultivos (ha)	Caña de azúcar (ha)	Total (ha)
1994	45	30,150	30,195
2000	54	30,861	30,915
2005	105	31,420	31,525
2010	6	31,503	31,509
2013	94	33,796	33,890
2017	161	22,374	22,535

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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).

### 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*. 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  $\pm 34.6$  a 53.1 % (Tabla 6.22). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del CH<sub>4</sub> de *tierras convertidas en tierras de cultivo*.

**Tabla 6.22**

*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	34.6%	34.6%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH <sub>4</sub>	IE	53.1%	53.1%
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	N <sub>2</sub> O	IE	45.9%	45.9%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Con respecto 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 (1994-2017). 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*. Para los datos de 1994 al 2017 el mismo criterio de experto se le aplico a los datos de cultivos, lo que permite tener una coherencia temporal efectiva.

### 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 1.2.3. Además, se realizaron actividades específicas para la categoría, las cuales de 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. Sin embargo, se tiene contemplado que el próximo ciclo de INGEI se realizarán las actividades de verificación pertinente.

### 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; lo anterior se logró reclasificando los usos de la tierra por región climática y tipo de suelos (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.

Los valores del INGEI actual solo se pudieron comparar con los valores de 2005, 2010 y 2013 del INGEI anterior, ya que fueron los únicos años con información desagregada por tipo de *tierras de cultivo*, es decir, para 1994, y 2000 la información relacionada a este

sector no se encuentra desagregada (Tabla 6.23). En la categoría *tierras de cultivos* existe una diferencia tendiente al aumento de emisiones de GEI, por ejemplo, en 2013 la diferencia es 318.2 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto los INGEI anteriores, representando un aumento en la emisión de 445.3 % en el INGEI actual.

**Tabla 6.23**

*Tierras de cultivo: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores			-385.6	-367.5	71.5				
INGEI actual	485.5	636.5	611.3	302.0	389.7	456.9	524.2	591.5	658.8
<b>Diferencia</b>			<b>996.9</b>	<b>669.5</b>	<b>318.2</b>				
<b>Diferencia %</b>			<b>-258.5%</b>	<b>-182.2%</b>	<b>445.3%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 quemaduras de pastizales (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones provenientes de los cambios en la biomasa, MOM y suelos minerales de *tierras convertidas en pastizales*. Para el país los pastos son tierras utilizadas para producir forraje herbáceo, ya sea que este crezca de manera natural o que sea cultivado. Es importante señalar que, de acuerdo con la clasificación del país, los rastrojos se encuentran dentro de *tierras forestales* y no en *pastizales*, por lo que en este sector se registran emisiones netas en lugar de absorciones. También se estiman las emisiones a partir del quemado de biomasa de *pastizales que permanecen como tales*, el país asume que dentro de esta subcategoría se incluyen las emisiones del sector Agricultura de la subcategoría *quemaduras prescritas de sabanas*, debido a que no existe una definición clara de «savana» en el contexto nacional, por lo que no se podrían desagregar.

### 6.6.2. Tendencia de los GEI de la categoría

En 2017, el balance contabilizó 3,200.6 kt CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo en un 43.4 % desde 1994 pero aumentando en un 48.3 % desde 2013 (Tabla 6.24 y Figura 6.10), 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 refleja la tendencia a la baja desde 1994 a 2005, de allí se registra un aumento a 2010, disminuyendo en 2013 y volviendo a aumentar en 2017. No obstante, se ha incluido en el 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 sin inferir en base a interpolaciones.

**Tabla 6.24**

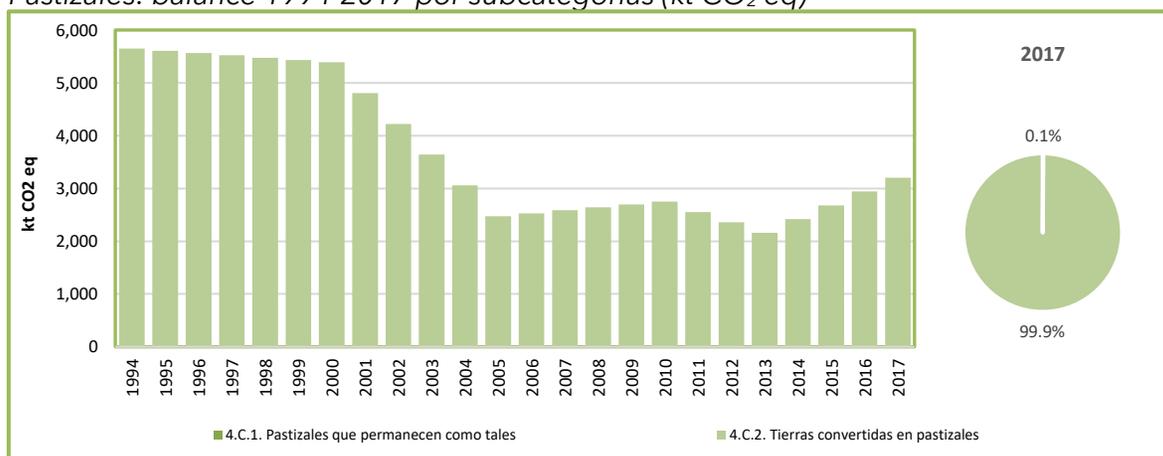
*Pastizales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	1.2	1.0	1.6	0.9	0.9	3.2	4.0
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	5,649.0	5,386.9	2,471.5	2,750.9	2,158.0	2,937.0	3,196.7
<b>Balance</b>	<b>5,650.2</b>	<b>5,387.9</b>	<b>2,473.1</b>	<b>2,751.8</b>	<b>2,158.9</b>	<b>2,940.2</b>	<b>3,200.6</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.10**

*Pastizales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El desglose de las emisiones para *tierras convertidas en pastizales* se observa en la Tabla 6.25 y Figura 6.11, donde básicamente a lo largo del periodo analizado, las tierras forestales contribuyeron mayormente al crecimiento de los pastizales en el país.

**Tabla 6.25**

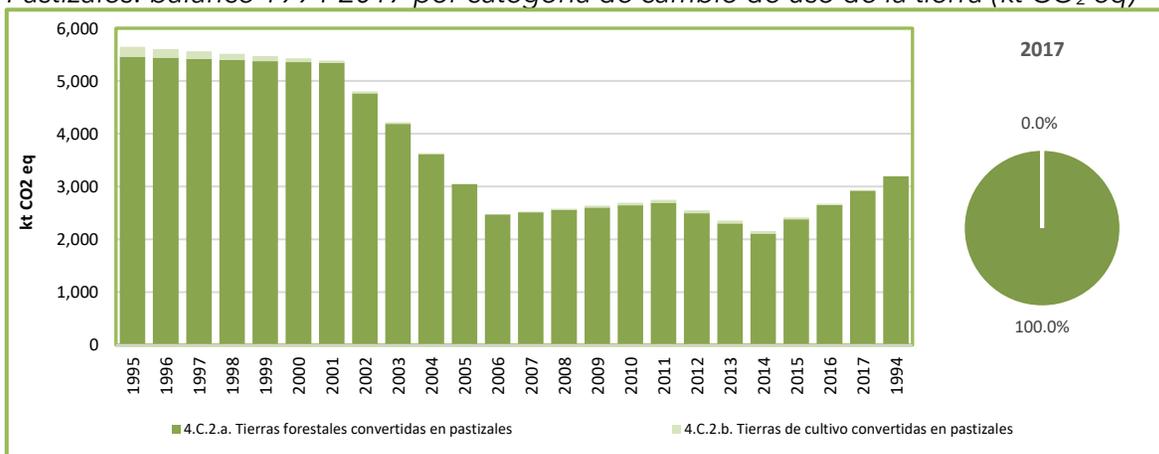
*Pastizales: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas en pastizales	5,461.2	5,338.6	2,471.5	2,692.5	2,111.3	2,925.3	3,196.7
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas en pastizales	187.8	48.3	NO	58.4	46.7	11.7	NO
<b>Balance</b>	<b>5,649.0</b>	<b>5,386.9</b>	<b>2,471.5</b>	<b>2,750.9</b>	<b>2,158.0</b>	<b>2,937.0</b>	<b>3,196.7</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.11**

Pastizales: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 6.26 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 6.26**

Pastizales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2017

Categorías de fuente y sumidero 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
4.C. Pastizales	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO	T2, T1, NO	D, NO	T2, T1, NO	D, NO
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	NA	NA	T2, T1	D	T2, T1	D
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	T2, T1, NO	PE, D, NO	T2, T1, NO	D, NO	T2, T1, NO	D, NO
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas en pastizales	T2, T1	PE, D	T2, T1	D	T2, T1	D
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas en pastizales	NO	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	NO	NO	NO	NO	NO
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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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.

## **B. 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.

### **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* (ANEXO 3.2.4).

## **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  $\pm 15.6$  a  $54.4$  % (Tabla 6.27). Destaca que la incertidumbre de la categoría está dominada por la incertidumbre del CH<sub>4</sub> de *tierras convertidas en pastizales*.

**Tabla 6.27**

*Pastizales: 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.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	IE	26.8%	26.8%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	IE	27.2%	27.2%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	IE	15.6%	15.6%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CH <sub>4</sub>	IE	54.4%	54.4%
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	N <sub>2</sub> O	IE	53.1%	53.1%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 (1994-2017). 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 1.2.3.

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 recomendó utilizar la notación IE (incluido en otra parte) en las pestañas de las hojas de trabajo de incremento anual de las reservas de carbono en la biomasa de pastizales que permanecen como tales. Se adicionó esta explicación en la hoja de supuestos.
- 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.
- Con relación a la estimación de los cambios anuales en las reservas de carbono de los suelos de las *tierras que cambian a pastizales*, se recomendó revisar las condiciones en las que se da esta transición dado que los resultados muestran que hay una absorción en el cambio de bosque a pasto. Se observa si en esta transición el pasto es «no degradado». El Equipo técnico de UTCUTS revisó dichos cálculos y determinó que, en efecto, se da una absorción ya que la conversión se da de *rastrojo* a pasto; y los *rastrojos* es una formación que se ha desarrollado en suelos que ya han tenido un impacto por actividades antropogénicas y han conllevado pérdidas de carbono anteriormente.

#### **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; lo anterior se logró reclasificando los usos de la tierra por región climática y tipo de suelos (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.

Los valores del INGEI actual solo se pudieron comparar con el valor de 2013 de los INGEI anteriores, ya que fue el único año con información (Tabla 6.28). En la categoría *pastizales* existe una disminución de emisiones de GEI. En 2013 la diferencia es de -1,489.0 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto los INGEI anteriores, representando una disminución en la emisión de -40.8 % en el INGEI actual.

**Tabla 6.28**

*Pastizales: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores			SD	SD	3,647.9				
INGEI actual	5,650.2	5,387.9	2,473.1	2,751.8	2,158.9	2,419.4	2,679.8	2,940.2	3,200.6
<b>Diferencia</b>					<b>-1,489.0</b>				
<b>Diferencia %</b>					<b>-40.8%</b>				

Nota: SD = sin dato

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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–, sin embargo, debido a falta de información desagregada proveniente de los datos de actividad geoespaciales no se pudo determinar las emisiones de CH<sub>4</sub> para este INGEI.

### 6.7.2. Tendencia de los GEI de la categoría

Para 2000, 2005, 2010, 2013, y 2017 no se observan cambios de categorías de *tierras convertidas en humedales*. Sin embargo, se observan cambios de *tierras forestales y pastizales a humedales* (tierras inundadas) para 1994 debido a que, este año en especial, engloba cambios de uso de 1990 a 2000 que se aplicaron 1994 (Tabla 6.29) (ver más información en la Sección 6.3). 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 6.29**

*Humedales: balance 1994-2017 por subcategorías (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Subcategorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.D.1. Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	39.5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Balance</b>	<b>39.5</b>	<b>NE, NO</b>					

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2017*

Categorías de fuente y sumidero 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
4.D. Humedales	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
4.D.1. Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.a. Tierras forestales convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.b. Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.c. Pastizales convertidos en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.d. Asentamientos convertidos en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.e. Otras tierras convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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). Se observa que en 1994 hubo *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 2017 no se registraron cambios de tierras a *humedales*, esta categoría no contribuye con incertidumbre a la varianza de 2017. Sin embargo, para los años en que sí se generan emisiones/absorciones de GEI, se reporta una incertidumbre combinada de  $\pm 70.0\%$ .

Con respecto 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 (1994-2017). 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 1.2.3. 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

La categoría *humedales* no registraron emisiones para 1994, 2000, 2005, 2010, y 2013 en ninguno de los INGEI anteriores, 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 tiene la intención de aplicar el Capítulo 4 del *Suplemento de humedales del IPCC de 2013* como parte de sus compromisos que forman parte de la Primera Contribución Determina a Nivel Nacional (CDN1) Actualizada de Panamá. Se pretende definir –juntos con expertos de la DIAM, DIFOR y la Dirección de Áreas Protegidas– cuáles son los polígonos o límites de esas zonas de humedales de interés para el país. Una vez definido estos límites, se incluirá en el análisis de datos de actividad y poder desagregarlos y saber qué ocurre en esas áreas a través del tiempo.
- Segregar las tierras inundadas con el fin de poder determinar las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de las masas de agua en las que las actividades humanas han causado cambios en el tamaño de la superficie cubierta por agua, ya que para esta serie temporal 1994-2017 no se logró estimar debido a falta de información segregada.

## 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 geoespaciales 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 geoespaciales 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 2017, el balance de las *tierras convertidas en asentamientos* contabilizó 500.7 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en 166.4 %

desde 1994 y en un 343.5 % desde 2013 (Tabla 6.31 y Figura 6.12). Las matrices de cambio preparadas para el análisis de cambio y uso de suelo muestran que este aumento de emisiones proviene 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 6.31**

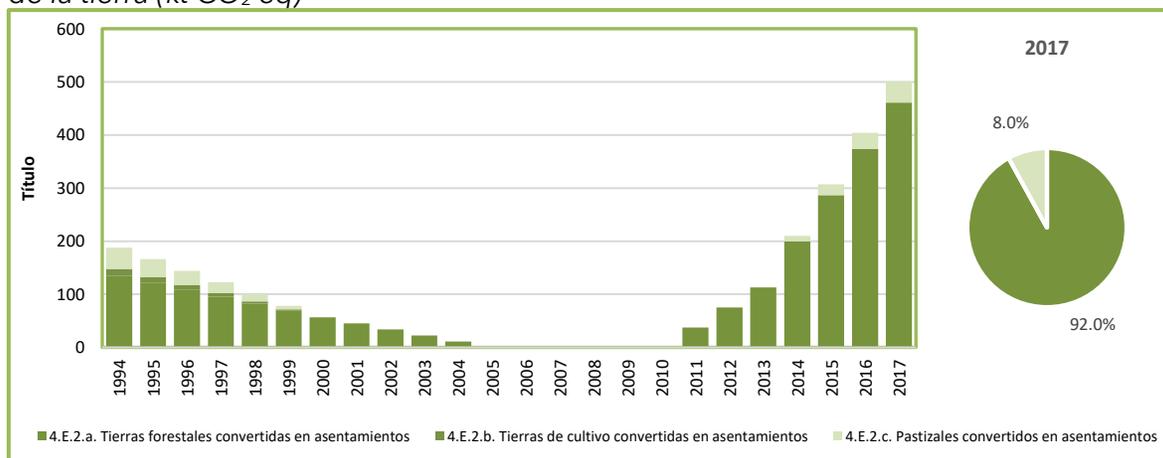
*Tierras convertidas en asentamientos: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*

Categoría de cambio de uso de la tierra	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas en asentamientos	134.2	56.5	NO	NO	112.9	373.7	460.6
4.E.2.b. Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	13.2	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2.c. Pastizales convertidos en asentamientos	40.6	NO	NO	NO	NO	30.0	40.0
<b>Balance</b>	<b>188.0</b>	<b>56.5</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>112.9</b>	<b>403.7</b>	<b>500.7</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 6.12**

*Tierras convertidas en asentamientos: balance 1994-2017 por categoría de cambio de uso de la tierra (kt CO<sub>2</sub> eq)*



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 6.32 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 6.32**

*Asentamientos: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2017*

Categorías de fuente y sumidero 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
4.E. Asentamientos	T2, T1, NA, NO	PE, D, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	T2, T1, NO	PE, D, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas en asentamientos	T2, T1	PE, D	NA	NA	NA	NA
4.E.2.b. Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Categorías de fuente y sumidero 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
4.E.2.c. Pastizales convertidos en asentamientos	T1, T2	D, PE	NA	NA	NA	NA
4.E.2.d. Humedales convertidos en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2.e. Otras tierras convertidas en asentamientos	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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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<sub>on</sub> 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). Se observa que en 1994 hubo *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* varían desde  $\pm 40.4\%$ .

Con respecto a la consistencia de la serie temporal, es importante resaltar que al recalcular todos los INGEI presentados por Panamá se utilizaron los mismos factores de emisiones y los mismos datos de actividad. También se utilizaron datos desagregados a través de criterios de expertos en toda la serie temporal (1994-2017). 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 1.2.3. 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 reclassificando los usos de la tierra por región climática y tipo de suelos (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 solo se pudieron comparar con el valor de 2013 de los INGEI anteriores, ya que fue el único año con información (Tabla 6.33). En la categoría *asentamiento* existe una disminución de emisiones de GEI. En 2013 la diferencia es

de -108.6 kt CO<sub>2</sub> eq con respecto los INGEI anteriores, representando una disminución en la emisión de -49.0 % en el INGEI actual.

**Tabla 6.33**

*Asentamientos: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores			SD	SD	221.5				
INGEI actual	188.0	56.5	NO	NO	112.9	209.8	306.8	403.7	500.7
<b>Diferencia</b>					<b>-108.6</b>				
<b>Diferencia %</b>					<b>-49.0%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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.

### 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. 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.

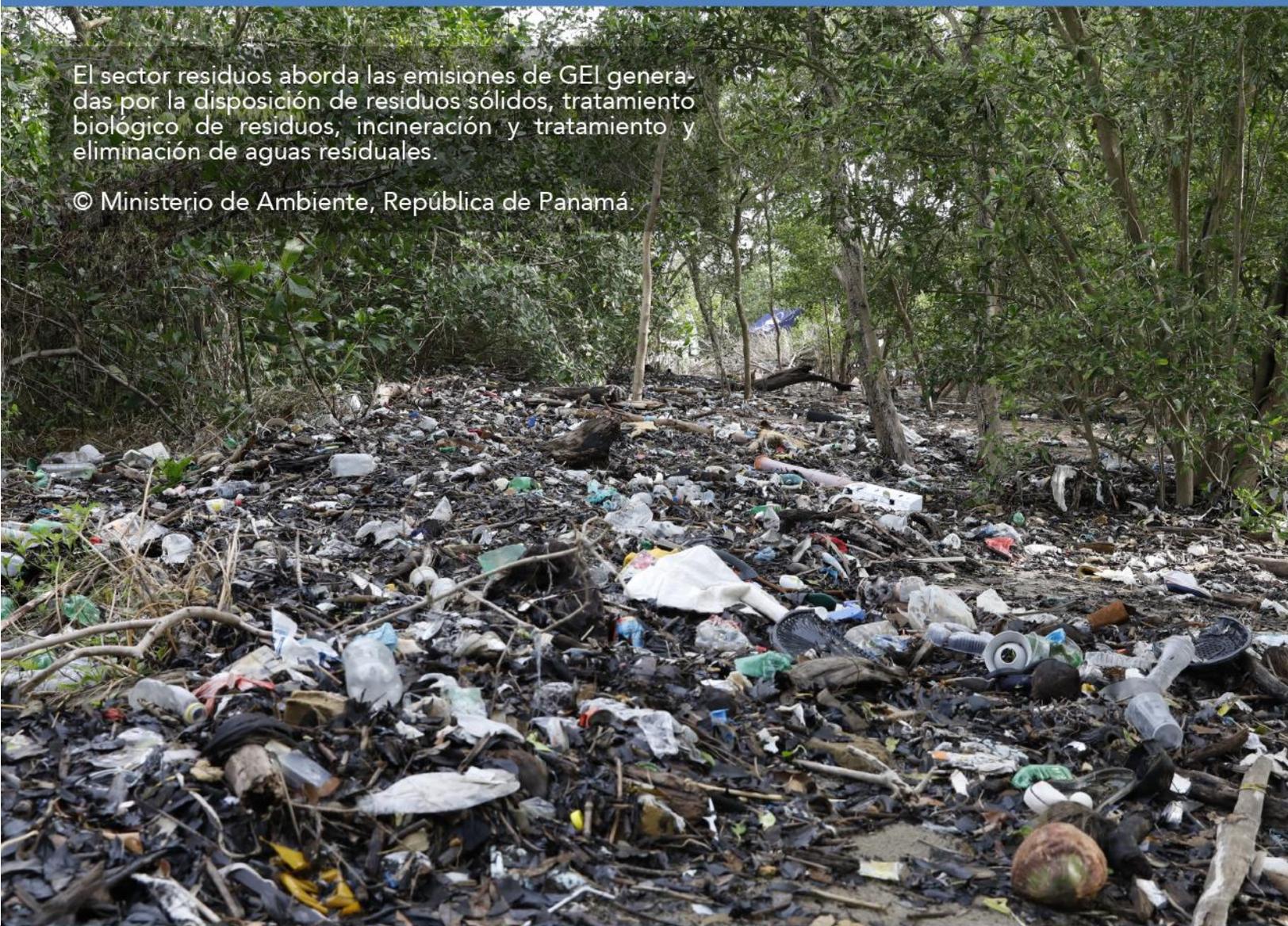
---

# 7

## SECTOR RESIDUOS

El sector residuos aborda las emisiones de GEI generadas por la disposición de residuos sólidos, tratamiento biológico de residuos, incineración y tratamiento y eliminación de aguas residuales.

© Ministerio de Ambiente, República de Panamá.



## 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 GEI por la generadas por la disposición y tratamiento de residuos, esto incluye el CH<sub>4</sub> en la disposición de los residuos sólidos; CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del tratamiento biológico de los residuos sólidos; CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por la incineración e incineración abierta de residuos; y 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 el *tratamiento y eliminación de aguas residuales*. Se realizaron las gestiones para incluir por primera vez la categoría de *incineración e incineración abierta de residuos*, sin embargo, no se recibió la información requerida sobre la cantidad de residuos llevados a disposición final en plantas de incineración. Igualmente, la categoría de *tratamiento biológico de residuos sólidos* no fue incluida –pese a la identificación de pequeños proyectos a nivel nacional– por falta de tiempo para compilar los datos de actividad. 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, 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, 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, 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, a partir de 2013 se inició la operación de la Planta de Tratamiento de Juan Díaz, por la Empresa Pública de Saneamiento de Panamá S.A. Esta empresa estatal tiene como función principal proveer el servicio de saneamiento adecuado a gran parte del área metropolitana.

### **7.1.2. Tendencia de los GEI del sector**

Las emisiones de GEI incluidas en el inventario del sector Residuos de 2017, por tipo de GEI (Tabla 7.1), fueron 65.4 kt CH<sub>4</sub> y 0.3 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 composición de residuos. 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 aplicarla metodología específica sugerida por las *Directrices del IPCC de 2006*.

**Tabla 7.1**

*Sector Residuos: emisiones por GEI, categorías y subcategorías (kt) para 2017*

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>65.4</b>	<b>0.3</b>					<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>	<b>NE, NO</b>
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NE	47.6						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	47.6						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		17.8	0.3					NE, NO	NE, NO	NE, NO	
5.D.1.	Aguas residuales domésticas		17.8	0.3					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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El sector Residuos representó un 4.2 % del balance nacional en 2017 (10.7 % de las emisiones totales, sin incluir UTCUTS). En ese mismo año, sus emisiones alcanzaron 1,904.9 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 166.0 % desde 1994 y en un 13.3 % desde 2013 (Tabla 7.2). La tendencia observada (Figura 7.1) indica que existe un incremento en las emisiones que puede atribuirse al crecimiento poblacional que incide proporcionalmente con la generación de residuos sólidos y 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 reducir 1.5 kt CH<sub>4</sub> que equivale a 43.5 kt CO<sub>2</sub> eq atribuidas a la disposición de residuos sólidos.

Con respecto a las categorías que forman parte del sector, en 2017, un 70.0 % corresponde a *disposición de residuos sólidos* y un 30.0% a *tratamiento y eliminación 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.

**Tabla 7.2**

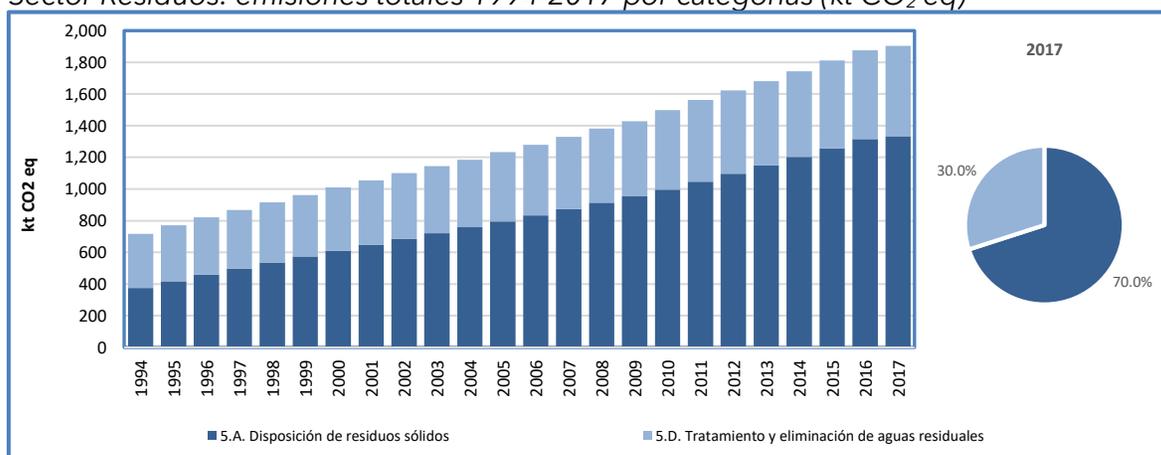
Sector Residuos: emisiones totales 1994-2017 por categoría (kt CO<sub>2</sub> eq)

Categorías	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
5.A. Disposición de residuos sólidos	374.7	610.8	796.2	995.3	1,149.1	1,314.8	1,334.0
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	341.3	400.1	436.9	502.4	531.8	561.6	570.9
<b>Total</b>	<b>716.0</b>	<b>1,010.9</b>	<b>1,233.1</b>	<b>1,497.7</b>	<b>1,680.9</b>	<b>1,876.4</b>	<b>1,904.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 7.1**

Sector Residuos: emisiones totales 1994-2017 por categorías (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Las emisiones del sector Residuos por tipo de GEI, en el 2017, estuvieron representadas por un 96.2 % de CH<sub>4</sub>, y un 3.8 % de N<sub>2</sub>O (Tabla 7.3 y Figura 7.2). Para las categorías que corresponden, no se contabilizaron las emisiones de CO<sub>2</sub> por falta de datos de actividad o debido a que no aplican. 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**

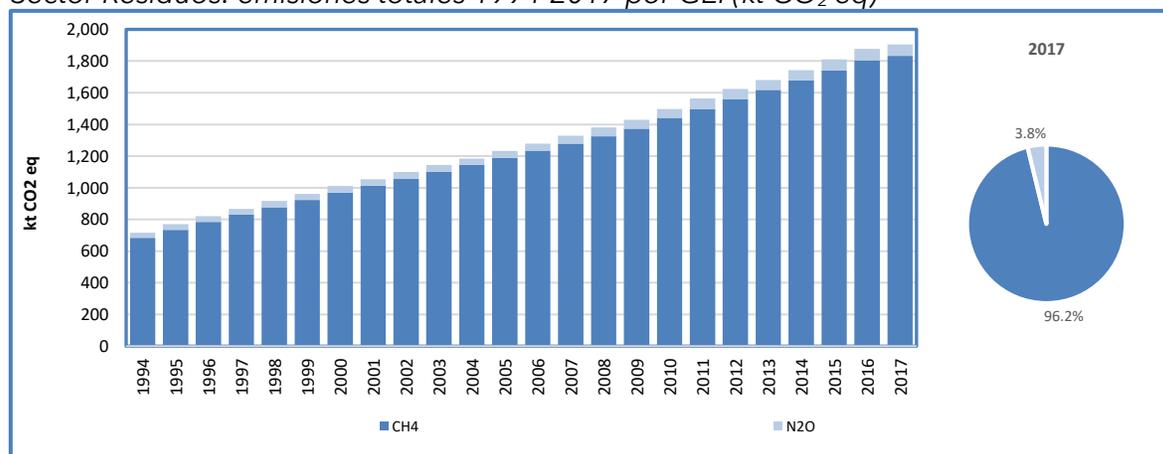
Sector Residuos: emisiones totales 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

GEI	1994	2000	2005	2010	2013	2016	2017
CH <sub>4</sub>	683.8	969.1	1188.6	1440.4	1617.2	1805.6	1832.2
N <sub>2</sub> O	32.2	41.7	44.5	57.3	63.8	70.9	72.7
<b>Total</b>	<b>716.0</b>	<b>1,010.9</b>	<b>1,233.1</b>	<b>1,497.7</b>	<b>1,680.9</b>	<b>1,876.4</b>	<b>1,904.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Figura 7.2**

Sector Residuos: emisiones totales 1994-2017 por GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 e información suministrada por los municipios o las empresas que administran los SDRS. 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 CO<sub>2</sub>DM, 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 2017, las emisiones contabilizaron 1,334.0 kt CO<sub>2</sub> eq. incrementándose en 256.1 % desde 1994 y en un 16.1 % desde 2013 (Tabla 7.2 y Figura 7.1). Esta tendencia ha presentado un aumento contante en el tiempo y esto se debe al rápido crecimiento poblacional que incide en los patrones de consumo y es directamente proporcional a la generación de residuos sólidos.

### 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 de al menos 50 años, sin embargo, debido a las limitaciones de acceso a la información se toma como año inicial a 1988.

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 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	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.A. Disposición de residuos sólidos	NE	NE	T1, IE	D, IE
5.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	NE	NE	IE	IE
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	NE	NE	T1	D
5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	NE	NE	IE	IE

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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.

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.

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<sub>4</sub> 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

$$CH_4\ generador_T = DDOCm\ descomp_T \times F \times \frac{16}{12}$$

Fuente: Ecuación 3.6, Capítulo 3, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- $CH_4\ generador_T =$  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

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[ \sum_x CH_4\ generador_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

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 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 2017, 1.5 kt  $CH_4$ , que equivale a 43.5 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).

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.

Con respecto a los datos de composición de residuos, se determinó utilizar los datos presentados por 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*

Familia	Composición promedio
Orgánica	33.0%
Celulosas	9.4%
Madera	2.1%
Papel/cartón	13.7%
Envases complejos	1.9%
Textiles	6.3%
Cueros	0.1%
Plásticos	17.2%
Vidrio	3.0%
Metales	4.5%
Residuos electrónicos	1.3%
Residuos peligrosos/especiales	1.0%
Inertes	3.4%
Voluminosos	1.0%
Misceláneas	2.1%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en AAUD, 2017.

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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

Año	Bocas del Toro	Coclé	Colón	Chiriquí	Darién	Herrera	Los Santos	Panamá	Veraguas	Promedio nacional
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

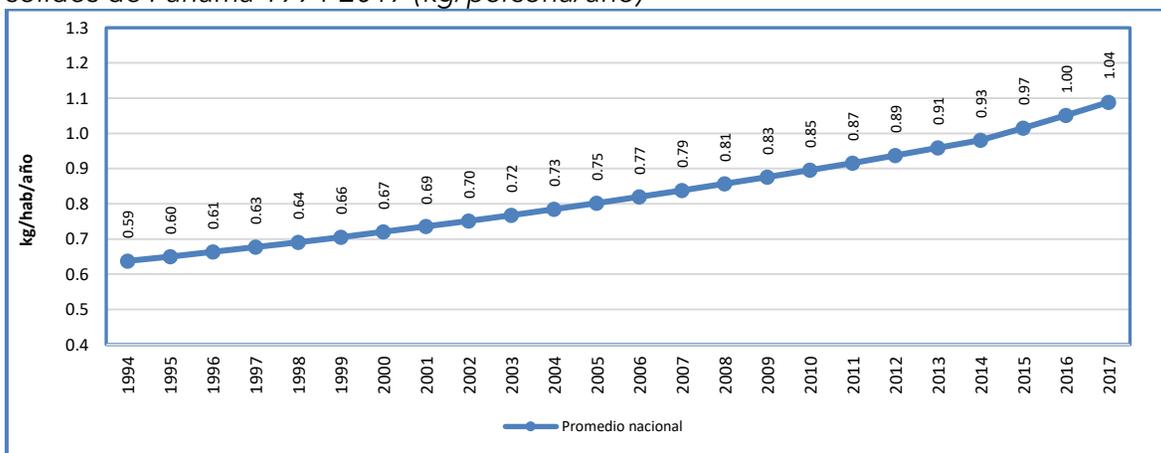
Nota: Los valores correspondientes a 2001 y 2014 corresponden a la tasa de generación de estudios previos.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

La escasa existencia de datos históricos reales de flujo de residuos de la mayoría de los sitios de disposición constituye una dificultad, sin embargo, para este INGEI se logra completar la brecha de información y se estima la masa de generación de residuos sólidos para 1994-2017 (Tabla 7.9 y Figura 7.4), 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 1994-2017 (miles de toneladas)*

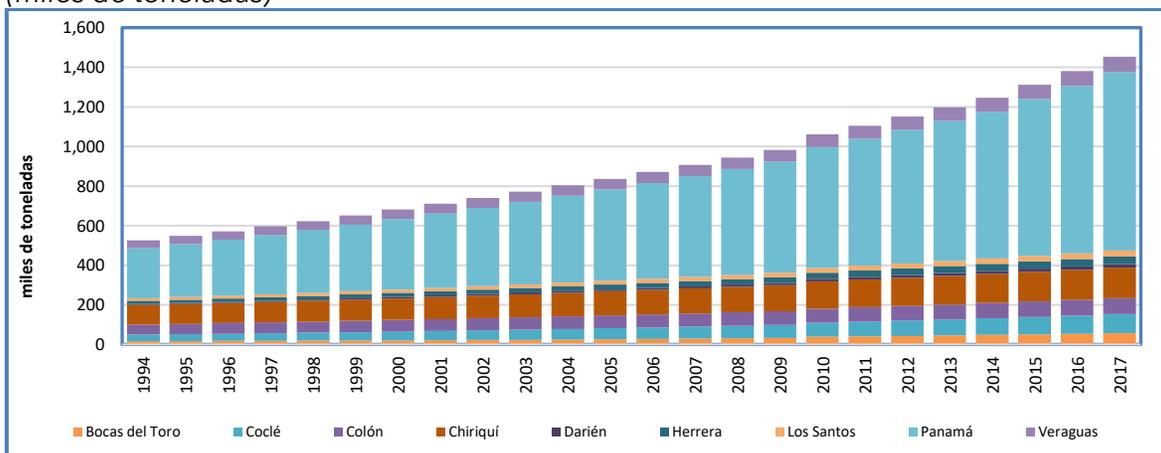
Año	Bocas del Toro	Coclé	Colón	Chiriquí	Darién	Herrera	Los Santos	Panamá	Veraguas	Total
1994	17.2	32.7	50.8	98.7	5.5	15.5	13.1	252.6	40.0	526.1
1995	17.6	34.5	52.0	100.0	5.8	16.2	13.6	267.4	41.2	548.2
1996	18.1	36.3	53.3	101.4	6.1	17.0	14.2	283.0	42.3	571.7
1997	18.7	38.2	54.6	103.0	6.4	17.7	14.7	299.8	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

Año	Bocas del Toro	Coclé	Colón	Chiriquí	Darién	Herrera	Los Santos	Panamá	Veraguas	Total
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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### Figura 7.4

Disposición de residuos sólidos: total de residuos sólidos en base húmeda 1994-2017 (miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

#### 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
DOC	Papel	40.00		Cuadro 2.4, Capítulo 2, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006
	Textiles	24.00		
	Desechos de alimentos	15.00		
	Madera	43.00		
	Desechos de jardines y parques	20.00	Porcentaje	
	Pañales	24.00		
	Caucho y cuero	39.00		
	Plásticos, metal, vidrio, desechos inertes	0.00		
DOCf		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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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  $\pm 63.4\%$ , 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.

**Tabla 7.11**

*Disposición de residuos sólidos: incertidumbre combinada (%)*

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ( $\pm \%$ )	Incertidumbre de los factores de emisión ( $\pm \%$ )	Incertidumbre combinada ( $\pm \%$ )
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	CH <sub>4</sub>	0.0%	63.4%	63.4%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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, esta fuente también fue utilizada para INGEI previos y es consistente en el tiempo desde que es reportada como parte de las estadísticas nacionales. Adicional, se ha incluido información suministrada por los

municipios, Urbalia Panamá S.A y EMAS (estas últimas administradoras de RSCP y RSED), la cual no fue incluida en INGEI previos, lo que significa un avance en el actual INGEI.

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 la 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 1.2.3. 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 específicas y ajustes de los datos de actividad y el factor de emisión de la categoría fueron revisadas por Guadalupe Martínez (experta del sector y miembro de los Equipos de Revisores Expertos que realizan los exámenes técnicos de los inventarios anuales de las Partes no anexo I de la CMNUCC). Esta revisión dio como resultado ciertas probabilidades de mejora 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.

#### **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* debido a la inclusión de nuevas fuentes de información proveniente de municipios y empresas, la utilización de parámetros nacionales distintos a los utilizados en INGEI previos y la

actualización de datos estadísticos nacionales del INEC, lo cual generó diferencias en las emisiones con respecto a los INGEI previamente presentados por Panamá.

Como se presenta en la Tabla 7.12, las emisiones de la categoría para 1994 y 2000 son menores en el INGEI actual en comparación con los INGEI anteriores, mientras que en 2005, 2010 y 2013 se presenta un aumento significativo en el INGEI actual. La diferencia significativa para 1994 y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los parámetros por defecto y diferentes datos de actividades aplicados. Sin embargo, no se dispone de la información de los INGEI anteriores, por lo que no es posible asegurar con certeza el origen de las diferencias resultantes.

**Tabla 7.12**

*Disposición de residuos sólidos: comparación entre INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	524.4	983.0	349.9	486.4	609.1				
INGEI actual	374.7	610.8	796.2	995.3	1,149.1	1,202.2	1,256.4	1,314.8	1,334.0
<b>Diferencia</b>	<b>-149.7</b>	<b>-372.2</b>	<b>446.3</b>	<b>508.9</b>	<b>540.0</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-28.6%</b>	<b>-37.9%</b>	<b>127.6%</b>	<b>104.6%</b>	<b>88.7%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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.

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. Esto constituye una gran dificultad que disminuye considerablemente la fidelidad, o bien, se 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 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 compilar la limitada estadística del tratamiento y eliminación de este tipo de aguas residuales.

#### **7.5.2. Tendencia de los GEI de la categoría**

En 2017, las emisiones de GEI contabilizaron 571.0 kt CO<sub>2</sub> eq. incrementándose en 67.3 % desde 1994 y en un 7.3 % desde 2013 (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 7.13 presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

**Tabla 7.13**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2017*

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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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>0</sub>) y del MCF para cada tipo de sistema sanitario. La estimación de emisiones considera las siguientes ecuaciones:

#### Ecuación 7.7

*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

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \left[ \sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] \times (TOW - S) - R$$

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>i,j</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*

$$N_{EFLUENTE} = (P \times Proteína \times F_{NPR} \times F_{NON-COM} \times F_{IND-COM}) - N_{LODO}$$

Fuente: Ecuación 6.8, Capítulo 6, Volumen 5, *Directrices del IPCC del 2006*.

Donde:

- $N_{EFLUENTE}$  = 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
- $F_{NPR}$  = fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0,16 kg de N/kg de proteína
- $F_{NON-COM}$  = factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales
- $F_{IND-COM}$  = factor para las proteínas industriales y comerciales eliminadas en los sistemas de alcantarillado
- $N_{LODO}$  = 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*

$$Emisiones\ de\ N_2O = N_{EFLUENTE} \times E_{EFLUENTE} \times 44/28$$

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
- $N_{EFLUENTE}$  = nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/año
- $E_{EFLUENTE}$  = factor de emisión para las emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de la eliminación en aguas servidas, kg de N<sub>2</sub>O/kg de N
- El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg de N<sub>2</sub>O-N en kg de N<sub>2</sub>O

#### 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<sub>4</sub> 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 (tanque séptico, letrinas, etc.). Mientras que para la estimación de emisiones de N<sub>2</sub>O, 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 7.14). Esta información es utilizada para determinar el total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas, en conjunto con el valor de DBO<sub>5</sub> per cápita por defecto (40.0 g/persona/día).

Para complementar los datos de actividad requeridos para la estimación de N<sub>2</sub>O, la Tabla 7.15 muestra el promedio anual de la disponibilidad diaria de la proteína per cápita (kg/persona/año) para 1994-2017 obtenido a través de estadísticas del INEC.

**Tabla 7.14**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: población 1994-2017*

Año	Población
1994	2,543,156
1995	2,603,828
1996	2,667,139
1997	2,733,140
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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla 7.15**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: disponibilidad diaria de la proteína per cápita 1994-2017 (kg/persona/año)*

Año	Proteína per cápita (kg/persona/año)
1994	21.7175
1995	23.3600
1996	23.6885
1997	22.9220
1998	24.0535
1999	22.7030
2000	24.2725
2001	23.6885
2002	24.4915
2003	24.5645
2004	21.9365
2005	23.6520
2006	23.8345
2007	25.6595
2008	28.3605
2009	27.5210
2010	26.8275
2011	29.6380
2012	30.0030
2013	28.3970
2014	28.7985
2015	30.7695
2016	30.1125
2017	30.4410

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 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 7.16). La Tabla 7.17 presenta los principales factores de emisión y parámetros aplicados.

**Tabla 7.16**

*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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla 7.17**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: factores de emisión 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	
MCF <sub>j</sub>	Eliminación en río, lago, o mar	0.100	Adimensional	Cuadro 6.3, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006	
	Planta de tratamiento centralizado aeróbico	0.000			
	Reactor anaeróbico	0.800			
	Sistema séptico	0.500			
	Letrina (clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida 3-5 personas)	0.100			
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	
U <sub>i</sub>	Rural	0.250	Adimensional	Cuadro 6.5, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006	
	Urbano-Alto	0.190			
	Urbano-Bajo	0.560			
T <sub>i,j</sub>	Rural	0.250	Adimensional	Cuadro 6.5, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006	
	Letrina	0.600			
		eliminación en mar, ríos y lagos			0.150
	Urbano-alto	Tanque séptico			0.400
		Reactor anaeróbico			0.600
	Urbano-bajo	Tanque séptico			0.550
Letrina		0.100			
	Reactor anaeróbico	0.350			
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	1.400	Adimensional	Cuadro 6.11, Capítulo 6, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006	
	1.4 para los países con eliminación de residuos				
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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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 *disposición de residuos sólidos* varían desde  $\pm 40.3$  a  $55.2$  % (Tabla 7.18). 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 7.18**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: incertidumbre combinada (%)*

Categorías de fuente de GEI	GEI	Incertidumbre de los datos de actividad ( $\pm$ %)	Incertidumbre de los factores de emisión ( $\pm$ %)	Incertidumbre combinada ( $\pm$ %)
5.D.1. Aguas residuales domésticas	CH <sub>4</sub>	35.0%	42.7%	55.2%
	N <sub>2</sub> O	35.0%	20.0%	40.3%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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 1.2.3. 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 específicas y ajustes de los datos de actividad y el factor de emisión de la categoría fueron revisadas por Guadalupe Martínez (experta del sector y miembro de los Equipos de Revisores Expertos que realizan los exámenes técnicos de los inventarios anuales de las Partes no anexo I de la CMNUCC). Esta revisión dio como resultado ciertas probabilidades de mejora 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* dado que los INGEI previos fueron elaborados por consultoría externa no se tiene documentación de la metodología y las fuentes de datos de actividad utilizados.

Como se presenta en la Tabla 7.19, las emisiones de la categoría para 1994 y 2000 del INGEI actual tuvieron grandes variaciones, tanto al alza como a la disminución, en comparación con los INGEI anteriores. En 2005 hay un aumento significativo en la diferencia, mientras que en 2010 y 2013 la variación disminuye considerablemente. La diferencia significativa para 1994 y 2000 puede explicarse por la aplicación de diferentes directrices metodológicas del IPCC (para esos años se aplicó las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*) lo que podría generar diferencias en los parámetros por defecto y los datos de actividades aplicados. Sin embargo, no se dispone de la información de los INGEI anteriores, por lo que no es posible asegurar con certeza el origen de las diferencias resultantes.

**Tabla 7.19**

*Tratamiento y eliminación de aguas residuales: comparación INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
INGEI anteriores	1,126.4	97.5	329.9	494.3	521.8				
INGEI actual	341.3	400.1	436.9	502.4	531.8	541.4	554.6	561.6	570.9
<b>Diferencia</b>	<b>-785.0</b>	<b>302.6</b>	<b>107.0</b>	<b>8.1</b>	<b>10.0</b>				
<b>Diferencia %</b>	<b>-69.7%</b>	<b>310.5%</b>	<b>32.4%</b>	<b>1.6%</b>	<b>1.9%</b>				

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### 7.5.7. Plan de mejoramiento específico de la categoría

Pesé a que se hicieron las gestiones y se dio gran insistencia para incluir a entidades gubernamentales y empresas del sector privado como nuevas fuentes de información no se logró contar con toda la información solicitada para la elaboración de este INGEI, por lo que se desconoce si hay disponibilidad o no de otra información que puedan ayudar a mejorar las estimaciones de esta categoría.

Al igual que en *disposición de residuos sólidos*, no se cuenta con un sistema de información con los datos requeridos a nivel nacional. Esto constituye una gran dificultad que disminuye considerablemente la fidelidad, o bien, se 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 levantar la información estadística sobre las *aguas residuales industriales* involucrando con antelación a los actores del sector privado que manejan la información, por muy limitada que sea esta información. Esto se logrará con el establecimiento de los arreglos institucionales considerados bajo el SSINGEI que estará en marcha desde 2021.
- Realizar una corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.

# 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*.

© Ministerio de Ambiente, República de Panamá.

## CAPÍTULO 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, conllevó al recálculo de los INGEI previamente reportados. A continuación, se presentan las diferencias del presente INGEI 1994-2017 con respecto a los tres INGEI reportados previamente por el país ante la CMNUCC, comparables en cuanto a metodología, y se justifican los nuevos cálculos y mejoras en el inventario.

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

Este nuevo INGEI fue elaborado siguiendo los lineamientos establecidos por las *Directrices del IPCC de 2006*, misma metodología utilizada para los INGEI de 2005, 2010 y 2013; a diferencia de los INGEI de 1994 y 2000 que fueron estimados aplicando las *Directrices revisadas del IPCC de 1996*. Dado que cada INGEI previo fue elaborado por consultorías externas, los métodos, la metodología y las fuentes de datos de actividad no eran comparables o consistentes entre ejercicios, además, no siempre se cuenta con la documentación y archivo de la data utilizada en los INGEI previos, ni los aspectos metodológicos considerados en el proceso de estimación. Esto impulsó la realización de nuevos cálculos para generar una serie 1994-2017 consistente.

El presente INGEI ha sido elaborado por capacidades nacionales, para ello se contó con un ciclo de planificación, elaboración y gestión de alrededor de dos años, lo que hizo posible incrementar la exhaustividad a la hora de obtener los datos de actividad, el mapeo de nuevas fuentes, y la incorporación de factores de emisión propios para el sector UTCUTS. Adicionalmente, los PCG utilizados para los nuevos cálculos son los más recientes publicados por el IPCC en el AR5. Esto último es relevante, ya que para poder hacer las comparaciones entre los INGEI anteriores y el actual, se aplicó los mismos PCG del AR5 a todos los INGEI anteriores. Desde la Tabla 8.1 a la Tabla 8.5 se presentan los INGEI anteriores por GEI y su conversión a CO<sub>2</sub> eq aplicando los PCG del AR5, pero también con los PCG del *Segundo Informe de Evaluación del IPCC (AR2)* como fueron presentados originalmente.

**Tabla 8.1**

*INGEI 1994: resumen de las emisiones y absorciones de GEI de Panamá (kt)*

Sector	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	AR2 CO <sub>2</sub> eq (kt)	AR5 CO <sub>2</sub> eq (kt)
1. Energía	5,873.1	0.1	SD	5,874.2	5,874.5
2. IPPU	412.9	NO	NO	412.9	412.9
3. Agricultura	NE	94.1	8.9	4,725.6	4,985.1
4. UTCUTS	8,902.5	59.7	0.4	10,283.1	10,682.5
5. Residuos	NE	76.5	0.1	1,650.7	2,180.2
<b>Balance</b>	<b>15,188.6</b>	<b>230.4</b>	<b>9.4</b>	<b>22,946.5</b>	<b>24,135.2</b>

Nota: SD = sin datos; NE = no estimado; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la [Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Panamá](#).

**Tabla 8.2**

INGEI 2000: resumen de las emisiones y absorciones de GEI de Panamá (kt)

Sector	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	AR2 CO <sub>2</sub> eq (kt)	AR5 CO <sub>2</sub> eq (kt)
1. Energía	4,579.3	9.0	0.2	4,814.4	4,870.5
2. IPPU	592.7	NO	NO	592.7	592.7
3. Agricultura	NE	91.5	4.2	3,220.2	3,672.1
4. UTCUTS	-7,043.5	53.6	0.4	-5,804.0	-5,445.7
5. Residuos	NE	49.7	0.1	1,080.5	1,422.8
<b>Balance</b>	<b>-1,871.5</b>	<b>203.7</b>	<b>4.8</b>	<b>3,903.8</b>	<b>5,112.4</b>

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

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la [Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Panamá](#).

**Tabla 8.3**

INGEI 2005: resumen de las emisiones y absorciones de GEI de Panamá (kt)

Sector	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	AR2 CO <sub>2</sub> eq (kt)	AR5 CO <sub>2</sub> eq (kt)
1. Energía	5,139.3	3.1	0.2	5,266.8	5,279.7
2. IPPU	201.7	NO	NO	201.7	201.7
3. Agricultura	51.1	122.2	3.3	3,651.9	4,356.7
4. UTCUTS	-4,083.0	IE	IE	-4,083.0	-4,083.0
5. Residuos	NE	30.4	0.1	679.5	886.8
<b>Balance</b>	<b>1,309.1</b>	<b>155.7</b>	<b>3.7</b>	<b>5,717.0</b>	<b>6,641.9</b>

Nota: NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lado (las emisiones fueron incluidas en el sector Agricultura).

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la [Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Panamá](#).

**Tabla 8.4**

INGEI 2010: resumen de las emisiones y absorciones de GEI de Panamá (kt)

Sector	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	AR2 CO <sub>2</sub> eq (kt)	AR5 CO <sub>2</sub> eq (kt)
1. Energía	7,618.5	3.4	0.3	7,770.1	7,782.1
2. IPPU	577.3	NO	NO	577.3	577.3
3. Agricultura	54.1	125.2	3.0	3,624.7	4,363.9
4. UTCUTS	-5,445.9	IE	IE	-5,445.9	-5,445.9
5. Residuos	NE	44.2	0.2	980.9	1,282.7
<b>Balance</b>	<b>2,804.1</b>	<b>172.7</b>	<b>3.5</b>	<b>7,507.1</b>	<b>8,560.1</b>

Nota: NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lado (las emisiones fueron incluidas en el sector Agricultura).

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la [Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Panamá](#).

**Tabla 8.5**

INGEI 2013: resumen de las emisiones y absorciones de GEI de Panamá (kt)

Sector	CO <sub>2</sub> (kt)	CH <sub>4</sub> (kt)	N <sub>2</sub> O (kt)	AR2 CO <sub>2</sub> eq (kt)	AR5 CO <sub>2</sub> eq (kt)
1. Energía	9,204.4	3.6	0.3	9,367.8	9,380.1
2. IPPU	790.9	NO	NO	790.9	790.9
3. Agricultura	55.8	135.5	3.8	4,088.0	4,863.9
4. UTCUTS	787.3	IE	IE	787.3	787.3
5. Residuos	NE	51.1	0.2	1,130.9	1,480.4
<b>Balance</b>	<b>10,838.5</b>	<b>190.2</b>	<b>4.3</b>	<b>16,164.9</b>	<b>17,302.7</b>

Nota: NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lado (las emisiones fueron incluidas en el sector Agricultura).

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el [Primer Informe Bienal de Actualización de Panamá](#).

En consecuencia, y dado lo descrito anteriormente, las diferencias entre el INGEI actual y los INGEI anterior es muy significativa, principalmente con lo que respecta a un marcado

y notorio incremento de las absorciones netas de CO<sub>2</sub> del INGEI actual. Esto ha cambiado por completo el perfil de emisiones y absorciones de GEI del país, pasando de ser un país netamente emisor a ser un país sumidero para toda la serie temporal (Tabla 8.6). Esta diferencia está dominada por los cambios del sector UTCUTS y dan como resultado un promedio porcentual de -262.1 % para los años comparados.

**Tabla 8.6**

*INGEI: resumen de las emisiones y absorciones de GEI de Panamá (kt)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013
INGEI anteriores	24,135.2	5,112.4	6,641.9	8,560.1	17,302.7
INGEI actual	-15,056.5	-13,654.1	-17,187.4	-13,215.4	-11,777.4
<b>Diferencia</b>	<b>-39,191.7</b>	<b>-18,766.5</b>	<b>-23,829.3</b>	<b>-21,775.5</b>	<b>-29,080.1</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-162.4%</b>	<b>-367.1%</b>	<b>-358.8%</b>	<b>-254.4%</b>	<b>-168.1%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Los nuevos cálculos y mejoras han permitido cerrar brechas de información; crear una serie de tiempo más coherente, comparable, completa, exacta y transparente, según los indicadores de la 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 1994-2017 incluyó la desagregación de los combustibles kerosene, jet fuel y AV gas para la serie 2005-2017. Adicionalmente, se excluyó el 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*. Se presenta un porcentaje de sobreestimación debido a la falta de información para desagregar el consumo de diesel oil marino de las barcasas 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, entre otros, las emisiones de GEI del sector Energía para todos los años comparados del INGEI actual –salvo para de 1994, en donde las emisiones son menores debido principalmente a que no se contabilizaron los gases no CO<sub>2</sub>– son mayores que las de los INGEI anteriores (Tabla 8.7). El promedio porcentual para todos los años comparados es un aumento de 2.7 %.

**Tabla 8.7**

*Comparación entre las emisiones de GEI del sector Energía de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013
INGEI anteriores	5,874.5	4,870.5	5,279.7	7,782.1	9,380.1
INGEI actual	4,303.4	5,191.1	5,674.5	9,195.4	10,149.8
<b>Diferencia</b>	<b>-1,571.2</b>	<b>320.6</b>	<b>394.8</b>	<b>1,413.3</b>	<b>769.6</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-26.7%</b>	<b>6.6%</b>	<b>7.5%</b>	<b>18.2%</b>	<b>8.2%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Una vez el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de Energía, en la medida que fue posible, se realizaron mejoras a la serie temporal. Entre estas mejoras se encuentran:

- Cambio en el factor de conversión de kbep a TJ. Se cambió el de la OLADE (5.81 TJ/kbep) por el de la IEA (6.11 TJ/kbep). Se determinó que este último se adapta mejor a la realidad del país y fue utilizado para los escenarios desarrollados para la CDN1 Actualizada de Panamá.
- Transferencia del diesel oil marino a *navegación marítima y fluvial* nacional para evitar una subestimación de emisiones.
- La incorporación de lo importado en «gases» en el BEN para 2003-2007 en industrias como consumo de gas de horno de coque. Estas no estaban siendo incluidas en INGEI anteriores.
- La adición de un gráfico de correlación entre la diferencia entre el Método sectorial y el Método de referencia y la relación entre la oferta total y el consumo aparente del BEN.

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

- Buscar documentación que sustente 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, y la revisión de información de los años recientes.
- Estrechar formalmente la colaboración del Ministerio de Ambiente con la Secretaría Nacional de Energía en el proceso de mejora del BEN y del inventario sectorial, proveyendo una explicación detallada de la información necesaria con el nivel de desagregación requerido.
- Implementación del siePanamá y el BEU por parte de la SNE, los cuales permitirán la mejora de los datos del BEN y la desagregación de subcategorías, principalmente de *industrias manufactureras y de la construcción*.
- 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.
- Estimar los datos de consumo de combustible de la *navegación internacional* (1994-2008), utilizando técnicas de empalme de datos de las *Directrices del IPCC de 2006*, como la extrapolación y correlación.
- Investigar las características de la refinería existente para los años anteriores a 2002 y estimar y reportar las emisiones fugitivas de GEI originadas en el transporte, almacenamiento y distribución de productos petrolíferos.

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

El INGEI 1994-2017 incluye cuatro nuevas fuentes de emisiones: *producción de cal*, que había dejado de estimarse; *uso de lubricantes*, antes reportado en el sector Energía; y el *uso de productos sustitutos de las SAO* para la *refrigeración y aire acondicionado* y

*protección contra incendios*, las que ha presentado estimaciones importantes a pesar de ser una nueva categoría. Adicionalmente, se incluye una nueva fuente de datos para la *producción de cemento* que anteriormente no había sido considerada, permitiendo avanzar en la implementación de un método de Nivel 2.

Como consecuencia de lo descrito, entre otros, las emisiones de GEI del sector IPPU comparadas entre el INGEI actual y los INGEI anteriores tiene a la disminución para 1994 y 2000, y al aumento para 2005, 2010 y 2013 (Tabla 8.8). Sin embargo, el promedio porcentual para todos los años comparados tiende a la disminución general en -14.5 %

**Tabla 8.8**

*Comparación entre las emisiones de GEI del sector IPPU de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013
INGEI anteriores	412.9	592.7	201.7	577.3	790.9
INGEI actual	174.7	312.5	219.7	605.9	936.2
<b>Diferencia</b>	<b>-238.2</b>	<b>-280.2</b>	<b>18.0</b>	<b>28.6</b>	<b>145.3</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-57.7%</b>	<b>-47.3%</b>	<b>8.9%</b>	<b>4.9%</b>	<b>18.4%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Una vez el inventario sectorial fue sometido a las revisiones por un experto externo al Equipo técnico de IPPU, se realizaron consultas y se aclararon dudas respecto al manejo de la información de las industrias productoras de cemento y cal, el cual es un grupo muy reducido en el país. Como parte de las mejoras atendidas durante estas revisiones para este INGEI se encuentra el reforzar la transparencia del inventario sectorial al aclarar porqué se presentan las estimaciones en conjunto y se reportan como información confidencial.

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 claves, 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.
- Robustecer la búsqueda de los datos de actividad que no fueron posible conseguir para estos nuevos cálculos. Principalmente la información referente a los pequeños productores de cal, producción de vidrios, el uso de SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos y la data de los sustitutos de las SAO previa a 2012.
- 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 1994-2017 fue elaborado aplicando las *Directrices del IPCC de 2006* en la serie temporal más extensa reportada por Panamá hasta la fecha. Además, el INGEI se desarrolló con capacidades nacionales involucrando a 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. Se determinó que dentro del sector las categorías principalmente emisoras son la *fermentación entérica*, *suelos agrícolas* y la *gestión del estiércol*.

Los datos de actividad para *vacas lecheras* de la categoría *gestión del estiércol* fueron desagregadas por región climática. Adicionalmente, se logró estimar por juicio de experto el porcentaje por subcategoría de ganado para los distintos SGE. Se contó con datos desagregados para *otros vacunos*. Además, se revisaron nuevas fuentes de información como el *Refinamiento de 2019 del IPCC*<sup>15</sup>.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, las emisiones de GEI del sector Agricultura son menores en el INGEI actual en comparación con los INGEI anteriores para todos los años comparados (Tabla 8.9), con un promedio porcentual para todos los años de un -21.3 %.

**Tabla 8.9**

*Comparación entre las emisiones de GEI del sector Agricultura de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013
INGEI anteriores	4,985.1	3,672.1	4,356.7	4,363.9	4,863.9
INGEI actual	3,288.1	3,065.5	3,511.6	3,677.0	3,852.9
<b>Diferencia</b>	<b>-1,697.0</b>	<b>-606.5</b>	<b>-845.1</b>	<b>-687.0</b>	<b>-1,011.1</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-34.0%</b>	<b>-16.5%</b>	<b>-19.4%</b>	<b>-15.7%</b>	<b>-20.8%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Una vez el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de Agricultura, en la medida que fue posible, se realizaron mejoras a la serie temporal. Entre estas mejoras se encuentran:

- Adición del N de la urea a la suma de fertilizantes sintéticos nitrogenados y ajuste del porcentaje de N de aquellos fertilizantes presentados como mezclas de dos o más fertilizantes en la categoría *suelos agrícolas*.
- Ajuste de la cantidad de N del estiércol que se volatiliza ( $Frac_{GasMS}$ ) y la cantidad de N del estiércol que se pierde en los sistemas de gestión del estiércol ( $Frac_{LossMS}$ ) en la categoría *gestión del estiércol*.
- Se determinó, por medio de juicio de experto, que para las *aves de corral* los SGE, pila estática y estiércol de aves con hojarasca, un porcentaje es para alimentación y otra parte es para abono, por lo que se ajustaron estos datos en las hojas de cálculo.

<sup>15</sup> Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

- Ajuste del factor de emisión para emisiones de N<sub>2</sub>O resultantes de la volatilización (EF<sub>4</sub>) de los caprinos.
- Se incluyeron micrográficos para análisis de las tendencias de los datos de actividad.
- Se ajustaron las tablas de datos de actividad de la cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético (F<sub>SN</sub>) para un mayor entendimiento del proceso.

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*.
- 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.
- Estimar aquellas subcategorías que, por falta de datos y tiempo, este último punto debido al COVID-19, no lograron ser estimadas y reportadas.

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

En este INGEI se vuelven a recalcular 1994, 2000, 2005, 2010, 2013 y 2017 con una misma metodología aplicable y consistente para cada uno de los años. 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.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, el balance de GEI del sector UTCUTS es considerablemente menor en el INGEI actual en comparación con los INGEI anteriores para todos los años comparados (Tabla 8.10), con importantes y notorios cambios, por ejemplo, en 2013 pasa de ser un sector netamente emisor de GEI (787.3 kt CO<sub>2</sub> eq) a un sector netamente sumidero de CO<sub>2</sub> (-28,397.2 kt CO<sub>2</sub> eq). Esto genera un nuevo perfil de GEI del país, transformándolo en un sumidero neto para toda la serie temporal 1994-2017 incluida en el presente inventario.

**Tabla 8.10**

*Comparación entre el balance de GEI del sector UTCUTS de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013
INGEI anteriores	10,682.5	-5,445.7	-4,083.0	-5,445.9	787.3
INGEI actual	-23,538.7	-23,234.1	-27,826.3	-28,191.3	-28,397.2
<b>Diferencia</b>	<b>-34,221.2</b>	<b>-17,788.4</b>	<b>-23,743.3</b>	<b>-22,745.4</b>	<b>-29,184.5</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-320.3%</b>	<b>326.6%</b>	<b>581.5%</b>	<b>417.7%</b>	<b>-3706.9%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Si bien el trabajo de cálculo y estimación de las emisiones y absorciones del sector UTCUTS fue desarrollado con capacidades nacionales, el inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de UTCUTS. Se lograron abordar puntos específicos relacionados a las estimaciones en las hojas de trabajo, y se aclararon dudas relacionadas con la aplicación de las *Directrices del IPCC de 2006*. Sin embargo, el equipo aún necesita fortalecer estas capacidades para futuros INGEI.

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

- Levantar datos de actividad geoespaciales año a año, de modo que no se subestimen emisiones o sobreestimen absorciones por cambios de categorías. Para esto, se pretende realizar un análisis estadístico exhaustivo de las parcelas, y asegurar que todas las categorías tengan la misma probabilidad de ser muestreadas.
- Realizar la colecta de datos de actividad con Collect Earth Online ya que, a juicio de los expertos de la DIAM, esta presenta más herramientas para asegurar la calidad de los datos.
- 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.
- 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.
- Entablar sinergia directa con la DIFOR del Ministerio de Ambiente para establecer una metodología de cómo se requieren los datos de aprovechamiento forestal (plantaciones comerciales y bosque natural). 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 forestales, en conjunto con los actores clave, con el fin de mejorar la calidad de estos datos de actividad.

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

Los resultados de la serie temporal han arrojado diferencias importantes al realizar una comparativa con los INGEI previos. En el caso de la categoría de *disposición de residuos sólidos*, las diferencias se atribuyen a que las estimaciones han sido 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.

Como consecuencia de lo descrito anteriormente, entre otros, las emisiones de GEI del sector Residuos comparadas entre el INGEI actual y los INGEI anteriores tiene a la disminución para 1994 y 2000, y al aumento para 2005, 2010 y 2013 (Tabla 8.11). Sin embargo, el promedio porcentual para todos los años comparados tiende a la disminución general en -5.4 %.

**Tabla 8.11**

*Comparación entre las emisiones de GEI del sector Residuos de los INGEI (kt CO<sub>2</sub> eq)*

INGEI	1994	2000	2005	2010	2013
INGEI anteriores	2,180.2	1,422.8	886.8	1,282.7	1,480.4
INGEI actual	716.0	1,010.9	1,233.1	1,497.7	1,680.9
<b>Diferencia</b>	<b>-1,464.2</b>	<b>-412.0</b>	<b>346.3</b>	<b>215.0</b>	<b>200.5</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>-67.2%</b>	<b>-29.0%</b>	<b>39.1%</b>	<b>16.8%</b>	<b>13.5%</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

El inventario sectorial fue sometido a un proceso de garantía de la calidad por un experto externo al Equipo técnico de Residuos donde se realizaron consultas y se aclararon dudas respecto al uso de ciertos factores de emisión en los cálculos, debido a que la mayor parte de los datos utilizados son estimados al no contar con información de país. El recálculo de las estimaciones tomando en consideración estos comentarios serán aplicados para el siguiente INGEI, y esto ha sido expuesto en los reportes siguiendo el principio de transparencia.

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

- Estimar la categoría *incineración y quema abierta de residuos* ya que se cuenta con la información para hacer el cálculo utilizando factores de emisiones correspondientes al método de Nivel 1. Esto no se pudo realizar en esta oportunidad debido a que la información no se recibió en el periodo establecido.
- Implementación de un sistema de registro de los volúmenes que ingresan a los sitios de disposición de residuos a nivel nacional.
- Cálculo de una tasa de generación aproximada desde 1970 para la categoría *disposición de residuos sólidos*, que haría que las estimaciones varíen ya que el método de DPO está basado en el cúmulo de residuos depositados en los sitios de disposición.
- Corrección del cálculo de estimaciones tomando en cuenta los años bisiestos.
- Distinción de comunidades a nivel nacional en donde sea una práctica común la quema de residuos, ya que están incluidos en el flujo de disposición en sitios. Se requerirán de estudios para determinar el porcentaje de los distritos y por consecuente, las provincias que realmente depositan en vertederos.

- 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.

## REFERENCIAS

- Asamblea Legislativa de Panamá. (1997). *Ley No. 6 de 3 de febrero de 1997 por la cual se dicta el marco regulatorio e institucional para la prestación del servicio público de electricidad*. Panamá.
- Asamblea Nacional de Panamá. (2008). *Ley No. 52 de 30 de julio de 2008 que crea la Secretaría Nacional de Energía y dicta otras suposiciones*. Panamá
- 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)
- Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD). (2014). *Diagnóstico de los vertederos a nivel nacional*. Panamá. Disponible en <http://www.aud.gob.pa/index.asp?sec=Proyectos/Diagnostico&id=diagnostico>
- Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD). (2017). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos 2017-2027*. Panamá. Disponible en Sugerencia de redacción: Rellenar vacíos de información y mejorar la disponibilidad de datos nacionales necesarios para analizar otros sectores vinculados (p. ej. Datos de flotas de vehículos para el sector transporte).
- 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/>
- Autoridad del Canal de Panamá (ACP). (2017). *Informe Anual 2017*. Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en <https://wpeus2sat01.blob.core.windows.net/micanaldev/informes%20anuales/Informe-Anual-2017.pdf>
- Autoridad Marítima de Panamá (AMP). (2009-2017). *Estadísticas: indicadores de venta de combustible por mes*. Panamá. Disponible en <https://amp.gob.pa/estadistica/>
- 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)

- 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>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). (2020). Datos de estadísticas nacionales varias. Disponibles en <https://www.inec.gob.pa/>
- International Energy Agency (IEA). (2020). *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion: overview*. An essential tool for analysts and policy makers. Disponible en <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-overview>
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2015). *Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012*. Preparado por / en colaboración con: Castillo, M.; Samaniego, R. y Kindgard, A. Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques en los países en desarrollo (ONU-REDD). Programa Nacional Panamá. Disponible en [https://www.unredd.net/index.php?view=download&alias=14898-mapa-de-cobertura-boscosa-y-uso-de-la-tierrainforme-final&category\\_slug=sistema-satelital-monitoreo&option=com\\_docman&Itemid=134](https://www.unredd.net/index.php?view=download&alias=14898-mapa-de-cobertura-boscosa-y-uso-de-la-tierrainforme-final&category_slug=sistema-satelital-monitoreo&option=com_docman&Itemid=134)
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2018a). *Primer informe bienal de actualización de Panamá sobre cambio climático ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ciudad de Panamá, Panamá. Disponible en <https://unfccc.int/documents/230880>
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2018b). *Niveles de referencia de emisiones forestales de Panamá*. Niveles de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) / Nivel de Referencia Forestal (NRF) para REDD+. Panamá. Disponible en [https://redd.unfccc.int/files/2018\\_frel\\_submission\\_panama.pdf](https://redd.unfccc.int/files/2018_frel_submission_panama.pdf)
- Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). (2020). *Decreto Ejecutivo No. 100 de martes 20 de octubre de 2020 que reglamenta el Capítulo II del Título V del Texto Único de la Ley 41 de 1 de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá, sobre la mitigación del cambio climático global, crea el Programa Nacional Reduce Tu Huella para la gestión y monitoreo del desarrollo económico y social bajo en carbono en la República de Panamá y dicta otras disposiciones*. Publicado en la Gaceta Oficial No. 29138-C de martes 20 de octubre de 2020. Disponible en

[https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29138\\_C/GacetaNo\\_29138c\\_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 Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2020). *Informe mensual de los programas, agosto 2020*. Dirección de Planificación Sectorial. Panamá. Disponible en [https://mida.gob.pa/upload/documentos/informe-programas-agosto\(1\).pdf](https://mida.gob.pa/upload/documentos/informe-programas-agosto(1).pdf)

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2017). *Sector de la construcción en Panamá: años recientes y perspectivas*. Varela, M., Atencio, E., Lombardo, T. Panamá. Disponible en <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/Sector-de-la-Construccion-en-Panama-anos-recientes-y-perspectivas-DIC-2017.pdf>

Ministerio de Salud de Panamá (MINSAs). (2017). *Estudio sobre el uso de alternativas a las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO)*. Unidad Nacional de Ozono (UNO) del MINSAs. 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)

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>

Olmedo, B. (s.f.). *El fenómeno de El Niño y sus efectos en Panamá*. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A (ETESA), Gerencia de Climatología. Panamá. Disponible en <https://www.hidromet.com.pa/uploads/documentos/ninoynina.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005, hacia la ordenación forestal sostenible (FRA 2005)*. Roma, Italia. Disponible en <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2005/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos en Panamá*. FAO Country Reports. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGInfo//programmes/en/genetics/documents/Interlaken/countryreports/Panama.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). Datos e indicadores estadísticos. Base de datos y estadísticas (FAOSTAT). Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2017). *Manual de Estadística Energética 2017*. Disponible en <http://www.olade.org/publicaciones/manual-estadistica-energetica-2017/>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2001). *Análisis sectorial de residuos sólidos*. Organización Mundial de la Salud, División de Salud y Ambiente. Disponible en [https://nanopdf.com/download/analisis-sectorial-de-residuos-solidos-panama\\_pdf](https://nanopdf.com/download/analisis-sectorial-de-residuos-solidos-panama_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)
- Sanchis, E. (2014). *Emisiones de gases en el cultivo del arroz: efecto de la gestión de la paja*. Trabajo fin de Máster Tipo B. Máster en Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47780/01-Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y%3Cbr>
- 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/>
- Sistema de Estadísticas de Comercio de Centroamérica (SIECA). (2020). *Datos estadísticos de las importaciones de fertilizantes nitrogenados, urea, caliza y dolomita*. Disponible en <http://www.sec.sieca.int/>
- 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)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and

Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/index.html>

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland. Disponible en <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* [Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero]. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

Villarreal, J., Agudo, L., Villalaz, J. (2010). *Clasificación de suelos de Panamá y sus equivalencias, 2010*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/301291244\\_CLASIFICACION\\_DE\\_SUELOS\\_DE\\_PANAMA\\_Y\\_SUS\\_EQUIVALENCIAS\\_2010\\_1/link/570fc7b108ae68dc79096a26/download](https://www.researchgate.net/publication/301291244_CLASIFICACION_DE_SUELOS_DE_PANAMA_Y_SUS_EQUIVALENCIAS_2010_1/link/570fc7b108ae68dc79096a26/download)

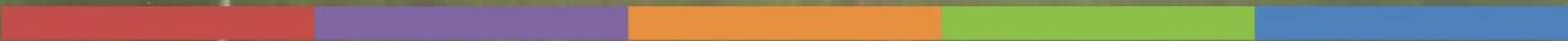
Villarreal, J., Name, B., & García, R. (2013). *Zonificación de suelos de Panamá en base a niveles de nutrientes*. *Ciencia Agropecuaria*, (21), 71-89. Disponible en <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/184>

Wright, S. J., and M. J. Samaniego. (2008). *Historical, demographic, and economic correlates of land use change in the Republic of Panama*. *Ecology and Society* 13(2): 17. Disponible en <https://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art17/>



El 65.4 % del territorio de la República de Panamá está conformado por bosques y otras tierras boscosas, el 32.5 % pertenece a otras tierras y el 2.1 % a cuerpos de aguas continentales.

© Ministerio de Ambiente, República 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 Flugsrud, 2001). Las categorías principales según la evaluación de tendencia con Incertidumbre deben ser tratadas como categorías principales y agregadas a la lista de categorías principales del Método 1, si son diferentes de las categorías identificadas por el Método 1. Además, el orden de las categorías principales identificado por el Método 2 puede resultar útil para quienes tienen pensado mejorar los inventarios.

A continuación, se presentan los análisis de categoría principales para el 2017, 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.1.12.**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2017 incluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq) Ex,t	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)  Ex,t	Evaluación de nivel Lx,t (Ec. 4.1)	Total acumulativo
4.a.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	-31,856.0	31,856.0	0.59	58.7%
1.a.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	5,041.7	5,041.7	0.09	68.0%
4.c.2.	Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	3,134.8	3,134.8	0.06	73.8%
3.a.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,160.3	2,160.3	0.04	77.8%
1.a.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,950.8	1,950.8	0.04	81.4%
1.a.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,939.5	1,939.5	0.04	85.0%
5.a.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	1,334.0	1,334.0	0.02	87.4%
1.a.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	1,150.0	1,150.0	0.02	89.6%
4.b.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	647.3	647.3	0.01	92.2%
1.a.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	615.5	615.5	0.01	93.3%
3.d.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	527.4	527.4	0.01	94.3%
4.e.2.	Tierras convertidas en asentamientos	CO <sub>2</sub>	500.7	500.7	0.01	95.2%
5.d.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	498.2	498.2	0.01	96.1%
2.f.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	454.1	454.1	0.01	97.0%
3.a.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	292.8	292.8	0.01	97.5%
1.a.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	254.6	254.6	0.00	98.0%
4.a.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	-138.6	138.6	0.00	98.2%
3.d.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	130.1	130.1	0.00	98.5%
1.a.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	82.9	82.9	0.00	98.6%
5.d.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	72.7	72.7	0.00	98.7%
1.a.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	65.6	65.6	0.00	98.9%
1.a.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	62.2	62.2	0.00	99.0%
3.c.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	61.5	61.5	0.00	99.1%
3.a.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	58.3	58.3	0.00	99.2%
4.c.2.	Tierras convertidas en pastizales	CH <sub>4</sub>	46.8	46.8	0.00	99.3%
3.b.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	45.9	45.9	0.00	99.4%
3.c.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.3	44.3	0.00	99.5%
1.a.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	39.9	39.9	0.00	99.5%
3.b.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	38.6	38.6	0.00	99.6%
2.d.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	35.7	35.7	0.00	99.7%
3.b.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	22.4	22.4	0.00	99.7%

A	B	C	D	E	F	G
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq) Ex,t	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)  Ex,t	Evaluación de nivel Lx,t (Ec. 4.1)	Total acumulativo
3.b.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	20.9	20.9	0.00	99.7%
3.b.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	18.1	18.1	0.00	99.8%
4.c.2.	Tierras convertidas en pastizales	N <sub>2</sub> O	15.1	15.1	0.00	99.8%
3.a.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	11.2	11.2	0.00	99.8%
3.f.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	8.8	8.8	0.00	99.8%
4.b.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH <sub>4</sub>	8.2	8.2	0.00	99.9%
1.a.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	7.8	7.8	0.00	99.9%
3.b.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	7.1	7.1	0.00	99.9%
1.a.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	6.9	6.9	0.00	99.9%
3.h.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	6.1	6.1	0.00	99.9%
1.a.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.5	5.5	0.00	99.9%
1.a.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	4.3	4.3	0.00	99.9%
1.a.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	4.0	4.0	0.00	99.9%
1.a.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	3.9	3.9	0.00	99.9%
3.a.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	3.6	3.6	0.00	99.9%
4.a.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	3.4	3.4	0.00	100.0%
4.b.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	N <sub>2</sub> O	3.3	3.3	0.00	100.0%
1.a.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	2.5	2.5	0.00	100.0%
3.b.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.00	100.0%
3.f.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.00	100.0%
4.c.1.	Pastizales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	100.0%
1.a.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	100.0%
1.a.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	100.0%
4.a.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	1.9	1.9	0.00	100.0%
4.c.1.	Pastizales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	1.8	1.8	0.00	100.0%
1.a.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.7	1.7	0.00	100.0%
1.a.1.	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	1.1	1.1	0.00	100.0%
1.a.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.00	100.0%
1.a.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.00	100.0%
3.b.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.4	0.4	0.00	100.0%
3.g.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.3	0.3	0.00	100.0%
3.b.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.00	100.0%
3.b.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.00	100.0%
1.a.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.00	100.0%
2.f.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.a.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.a.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.a.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.00	100.0%
<b>Total</b>			<b>-9,758.3</b>	<b>54,230.8</b>	<b>1.00</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.1.13**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de 2017 excluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	5,041.7	5,041.7	0.28	28.2%
3.A.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,160.3	2,160.3	0.12	40.3%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,950.8	1,950.8	0.11	51.2%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,939.5	1,939.5	0.11	62.1%
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	1,334.0	1,334.0	0.07	69.5%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	1,150.0	1,150.0	0.06	76.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	615.5	615.5	0.03	83.7%
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	527.4	527.4	0.03	86.7%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	498.2	498.2	0.03	89.4%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	454.1	454.1	0.03	92.0%
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	292.8	292.8	0.02	93.6%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	254.6	254.6	0.01	95.0%
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	130.1	130.1	0.01	95.8%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	82.9	82.9	0.00	96.2%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	72.7	72.7	0.00	96.6%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	65.6	65.6	0.00	97.0%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	62.2	62.2	0.00	97.4%
3.C.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	61.5	61.5	0.00	97.7%
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	58.3	58.3	0.00	98.0%
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	45.9	45.9	0.00	98.3%
3.C.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.3	44.3	0.00	98.5%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	39.9	39.9	0.00	98.8%
3.B.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	38.6	38.6	0.00	99.0%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	35.7	35.7	0.00	99.2%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	22.4	22.4	0.00	99.3%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	20.9	20.9	0.00	99.4%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	18.1	18.1	0.00	99.5%
3.A.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	11.2	11.2	0.00	99.6%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	8.8	8.8	0.00	99.6%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	7.8	7.8	0.00	99.7%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	7.1	7.1	0.00	99.7%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	6.9	6.9	0.00	99.8%
3.H.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	6.1	6.1	0.00	99.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.5	5.5	0.00	99.8%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	4.3	4.3	0.00	99.8%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	4.0	4.0	0.00	99.9%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	3.9	3.9	0.00	99.9%
3.A.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	3.6	3.6	0.00	99.9%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	2.5	2.5	0.00	99.9%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.00	99.9%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.00	99.9%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.7	1.7	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	1.1	1.1	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.4	0.4	0.00	100.0%

A	B	C	D	E	F	G
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
3.G.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.3	0.3	0.00	100.0%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.00	100.0%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.00	100.0%
<b>Total</b>			<b>17,870.9</b>	<b>17,870.9</b>	<b>1.00</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.1.14**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de tendencia incluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G	H
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq) Ex,0	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq) Ex,t	Evaluación de tendencia (nota 1) Tx,t	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	-29,354.6	-31,856.0	0.85	0.48	47.9%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	5,540.9	3,134.8	0.29	0.16	64.2%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	1,704.8	5,041.7	0.18	0.10	74.4%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	0.0	1,150.0	0.08	0.04	78.7%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	717.7	1,939.5	0.06	0.04	82.3%
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	374.7	1,334.0	0.05	0.03	85.4%
3.A.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,083.4	2,160.3	0.04	0.02	87.9%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	0.0	454.1	0.03	0.02	91.6%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	0.0	254.6	0.02	0.01	92.5%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,257.5	1,950.8	0.02	0.01	93.4%
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	CO <sub>2</sub>	188.0	500.7	0.02	0.01	94.4%
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	-562.6	-138.6	0.02	0.01	95.2%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	164.1	0.0	0.01	0.01	96.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	310.5	615.5	0.01	0.01	96.8%
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	490.4	527.4	0.01	0.01	97.3%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	309.1	498.2	0.01	0.00	97.6%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	9.1	82.9	0.00	0.00	97.8%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CH <sub>4</sub>	84.6	46.8	0.00	0.00	98.1%
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	86.1	58.3	0.00	0.00	98.3%
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	CO <sub>2</sub>	39.5	0.0	0.00	0.00	98.5%
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	252.0	292.8	0.00	0.00	98.7%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	76.5	62.2	0.00	0.00	98.8%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	0.0	35.7	0.00	0.00	99.0%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	22.2	65.6	0.00	0.00	99.1%
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	120.4	130.1	0.00	0.00	99.2%
3.C.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	69.1	61.5	0.00	0.00	99.3%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	32.2	72.7	0.00	0.00	99.5%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	13.4	39.9	0.00	0.00	99.5%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	N <sub>2</sub> O	23.5	15.1	0.00	0.00	99.6%
3.C.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.1	44.3	0.00	0.00	99.7%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	11.9	3.4	0.00	0.00	99.7%
3.B.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	37.2	38.6	0.00	0.00	99.7%
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	25.3	45.9	0.00	0.00	99.8%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	11.9	8.8	0.00	0.00	99.8%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	474.7	647.3	0.00	0.00	99.8%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	9.6	7.8	0.00	0.00	99.9%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	0.0	4.3	0.00	0.00	99.9%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	14.4	22.4	0.00	0.00	99.9%
3.A.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.6	3.6	0.00	0.00	99.9%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	3.4	1.9	0.00	0.00	99.9%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH <sub>4</sub>	7.9	8.2	0.00	0.00	99.9%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	0.0	2.5	0.00	0.00	99.9%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.6	5.5	0.00	0.00	99.9%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	1.5	3.9	0.00	0.00	99.9%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.9	2.2	0.00	0.00	99.9%
3.A.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	7.2	11.2	0.00	0.00	99.9%
3.H.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	5.5	6.1	0.00	0.00	100.0%
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	0.7	2.1	0.00	0.00	100.0%

A	B	C	D	E	F	G	H
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
			Ex,0	Ex,t	Tx,t		
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	6.1	7.1	0.00	0.00	100.0%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	16.3	20.9	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.0	1.1	0.00	0.00	100.0%
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	0.6	1.8	0.00	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	2.1	0.00	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.7	0.0	0.00	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	4.4	6.9	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	2.5	4.0	0.00	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	1.7	0.00	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.0	0.6	0.00	0.00	100.0%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	N <sub>2</sub> O	2.9	3.3	0.00	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.1	0.4	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.3	2.1	0.00	0.00	100.0%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	1.4	2.2	0.00	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.3	0.6	0.00	0.00	100.0%
3.G.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.1	0.3	0.00	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.00	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.00	0.00	100.0%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	13.4	18.1	0.00	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
<b>Total</b>			<b>-15,056.5</b>	<b>-9,758.3</b>	<b>1.8</b>	<b>1.0</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.1.15**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 1 - Evaluación de tendencia excluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G	H
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
			Ex,0	Ex,t	Tx,t		
3.A.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,083.4	2,160.3	0.26	0.23	23.1%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	1,704.8	5,041.7	0.17	0.15	38.1%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	0.0	1,150.0	0.14	0.12	50.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,257.5	1,950.8	0.08	0.07	57.3%
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	374.7	1,334.0	0.06	0.06	62.9%
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	490.4	527.4	0.06	0.05	68.1%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	0.0	454.1	0.05	0.05	72.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	717.7	1,939.5	0.05	0.04	77.3%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	164.1	0.0	0.04	0.04	85.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	0.0	254.6	0.03	0.03	87.6%
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	252.0	292.8	0.03	0.02	90.1%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	309.1	498.2	0.02	0.02	91.7%
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	120.4	130.1	0.01	0.01	92.9%
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	86.1	58.3	0.01	0.01	94.2%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	76.5	62.2	0.01	0.01	95.2%
3.C.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	69.1	61.5	0.01	0.01	96.1%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	9.1	82.9	0.01	0.01	96.8%
3.C.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.1	44.3	0.01	0.01	97.3%
3.B.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	37.2	38.6	0.00	0.00	97.7%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	310.5	615.5	0.00	0.00	98.1%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	0.0	35.7	0.00	0.00	98.5%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	22.2	65.6	0.00	0.00	98.7%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	11.9	8.8	0.00	0.00	98.8%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	16.3	20.9	0.00	0.00	99.0%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	9.6	7.8	0.00	0.00	99.1%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	13.4	39.9	0.00	0.00	99.2%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	13.4	18.1	0.00	0.00	99.3%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	14.4	22.4	0.00	0.00	99.4%
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	25.3	45.9	0.00	0.00	99.5%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.6	5.5	0.00	0.00	99.5%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	6.1	7.1	0.00	0.00	99.6%
3.H.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	5.5	6.1	0.00	0.00	99.7%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	32.2	72.7	0.00	0.00	99.7%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	0.0	4.3	0.00	0.00	99.8%
3.A.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	7.2	11.2	0.00	0.00	99.8%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.9	2.2	0.00	0.00	99.8%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	0.0	2.5	0.00	0.00	99.9%
3.A.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.6	3.6	0.00	0.00	99.9%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	4.4	6.9	0.00	0.00	99.9%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.7	0.0	0.00	0.00	99.9%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	2.5	4.0	0.00	0.00	99.9%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.0	1.1	0.00	0.00	100.0%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	1.4	2.2	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.3	2.1	0.00	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	1.5	3.9	0.00	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.0	0.6	0.00	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	2.1	0.00	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.1	0.4	0.00	0.00	100.0%

A	B	C	D	E	F	G	H
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
			Ex,0	Ex,t	Tx,t		
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.00	0.00	100.0%
3.G.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.1	0.3	0.00	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.00	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.3	0.6	0.00	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	1.7	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.00	0.00	100.0%
<b>Total</b>			<b>8,482.2</b>	<b>17,870.9</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.1.16**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2017 incluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2017 con incertidumbre	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	Ux,t	LUx,t (Ec. 4.4)	
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	-31,856.0	31,856.0	0.59	0.17	45.0%	45.0%
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	1,334.0	1,334.0	0.02	0.63	7.1%	52.0%
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	527.4	527.4	0.01	1.47	6.5%	58.5%
3.A.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,160.3	2,160.3	0.04	0.31	5.5%	64.0%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	1,150.0	1,150.0	0.02	0.50	4.8%	68.8%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	3,134.8	3,134.8	0.06	0.16	4.1%	72.9%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	454.1	454.1	0.01	1.04	4.0%	76.8%
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	130.1	130.1	0.00	2.37	2.6%	79.4%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	498.2	498.2	0.01	0.55	2.3%	84.0%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	5,041.7	5,041.7	0.09	0.05	1.9%	85.9%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,939.5	1,939.5	0.04	0.12	1.9%	87.8%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	647.3	647.3	0.01	0.35	1.9%	89.7%
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	CO <sub>2</sub>	500.7	500.7	0.01	0.40	1.7%	91.4%
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	45.9	45.9	0.00	2.58	1.0%	92.4%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	65.6	65.6	0.00	1.61	0.9%	93.2%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	62.2	62.2	0.00	1.61	0.8%	94.1%
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	292.8	292.8	0.01	0.31	0.7%	94.8%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	39.9	39.9	0.00	2.13	0.7%	95.5%
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	-138.6	138.6	0.00	0.50	0.6%	96.1%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	615.5	615.5	0.01	0.11	0.6%	96.7%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,950.8	1,950.8	0.04	0.03	0.5%	97.1%
3.C.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	61.5	61.5	0.00	0.64	0.3%	97.5%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	72.7	72.7	0.00	0.40	0.2%	97.7%
3.C.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.3	44.3	0.00	0.61	0.2%	97.9%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CH <sub>4</sub>	46.8	46.8	0.00	0.54	0.2%	98.2%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	7.8	7.8	0.00	2.81	0.2%	98.3%
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	58.3	58.3	0.00	0.36	0.2%	98.5%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	35.7	35.7	0.00	0.54	0.2%	98.7%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	18.1	18.1	0.00	0.99	0.1%	98.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	6.9	6.9	0.00	2.19	0.1%	99.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	254.6	254.6	0.00	0.05	0.1%	99.1%
3.B.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	38.6	38.6	0.00	0.31	0.1%	99.2%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	8.8	8.8	0.00	0.95	0.1%	99.2%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	4.0	4.0	0.00	2.09	0.1%	99.3%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	N <sub>2</sub> O	15.1	15.1	0.00	0.53	0.1%	99.4%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	3.9	3.9	0.00	1.90	0.1%	99.4%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	22.4	22.4	0.00	0.33	0.1%	99.5%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	20.9	20.9	0.00	0.33	0.1%	99.6%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.5	5.5	0.00	1.26	0.1%	99.6%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	82.9	82.9	0.00	0.06	0.0%	99.7%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH <sub>4</sub>	8.2	8.2	0.00	0.53	0.0%	99.7%
3.A.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	11.2	11.2	0.00	0.33	0.0%	99.7%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	2.5	2.5	0.00	1.49	0.0%	99.8%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	4.3	4.3	0.00	0.71	0.0%	99.8%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	1.34	0.0%	99.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	1.20	0.0%	99.8%

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2017 con incertidumbre	Total acumulado
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	Ux,t	LUx,t (Ec. 4.4)	
1.A.1	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	1.1	1.1	0.00	2.33	0.0%	99.8%
3.H.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	6.1	6.1	0.00	0.39	0.0%	99.9%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	7.1	7.1	0.00	0.31	0.0%	99.9%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.00	0.97	0.0%	99.9%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.00	0.95	0.0%	99.9%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.7	1.7	0.00	0.98	0.0%	99.9%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	N <sub>2</sub> O	3.3	3.3	0.00	0.46	0.0%	99.9%
3.A.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	3.6	3.6	0.00	0.36	0.0%	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.00	1.50	0.0%	100.0%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	3.4	3.4	0.00	0.27	0.0%	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.00	1.36	0.0%	100.0%
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.00	0.27	0.0%	100.0%
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	1.8	1.8	0.00	0.27	0.0%	100.0%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	1.9	1.9	0.00	0.24	0.0%	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.4	0.4	0.00	1.00	0.0%	100.0%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.00	0.94	0.0%	100.0%
3.G.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.3	0.3	0.00	0.39	0.0%	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.00	1.50	0.0%	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.00	0.36	0.0%	100.0%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.00	1.00	0.0%	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	0.90	0.0%	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.00	2.00	0.0%	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.00	1.50	0.0%	100.0%
<b>Total</b>			<b>-9,758.3</b>	<b>54,230.8</b>	<b>1.0</b>	<b>60.3</b>	<b>100.0%</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.  
Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.1.17**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de 2017 excluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2017 con incertidumbre	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	Ux,t	LUx,t (Ec. 4.4)	
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	1,334.0	1,334.0	0.1	0.6	15.2%	15.2%
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	527.4	527.4	0.0	1.5	13.9%	29.1%
3.A.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,160.3	2,160.3	0.1	0.3	11.9%	41.0%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	1,150.0	1,150.0	0.1	0.5	10.3%	51.3%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	454.1	454.1	0.0	1.0	8.5%	59.8%
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	130.1	130.1	0.0	2.4	5.6%	65.4%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	498.2	498.2	0.0	0.6	4.9%	75.3%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	5,041.7	5,041.7	0.3	0.0	4.1%	79.4%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,939.5	1,939.5	0.1	0.1	4.0%	83.4%
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	45.9	45.9	0.0	2.6	2.1%	85.6%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	65.6	65.6	0.0	1.6	1.9%	87.5%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	62.2	62.2	0.0	1.6	1.8%	89.3%
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	292.8	292.8	0.0	0.3	1.6%	90.9%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	39.9	39.9	0.0	2.1	1.5%	92.4%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	615.5	615.5	0.0	0.1	1.2%	93.6%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,950.8	1,950.8	0.1	0.0	1.0%	94.6%
3.C.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	61.5	61.5	0.0	0.6	0.7%	95.3%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	72.7	72.7	0.0	0.4	0.5%	95.9%
3.C.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.3	44.3	0.0	0.6	0.5%	96.3%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	7.8	7.8	0.0	2.8	0.4%	96.7%
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	58.3	58.3	0.0	0.4	0.4%	97.1%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	35.7	35.7	0.0	0.5	0.3%	97.5%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	18.1	18.1	0.0	1.0	0.3%	97.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	6.9	6.9	0.0	2.2	0.3%	98.1%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	254.6	254.6	0.0	0.1	0.2%	98.3%
3.B.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	38.6	38.6	0.0	0.3	0.2%	98.5%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	8.8	8.8	0.0	1.0	0.2%	98.7%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	4.0	4.0	0.0	2.1	0.2%	98.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	3.9	3.9	0.0	1.9	0.1%	98.9%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	22.4	22.4	0.0	0.3	0.1%	99.1%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	20.9	20.9	0.0	0.3	0.1%	99.2%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.5	5.5	0.0	1.3	0.1%	99.3%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	82.9	82.9	0.0	0.1	0.1%	99.4%
3.A.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	11.2	11.2	0.0	0.3	0.1%	99.5%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	2.5	2.5	0.0	1.5	0.1%	99.5%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	4.3	4.3	0.0	0.7	0.1%	99.6%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.0	1.3	0.1%	99.6%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	2.1	2.1	0.0	1.2	0.0%	99.7%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	1.1	1.1	0.0	2.3	0.0%	99.7%
3.H.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	6.1	6.1	0.0	0.4	0.0%	99.8%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	7.1	7.1	0.0	0.3	0.0%	99.8%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.0	1.0	0.0%	99.9%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.2	2.2	0.0	0.9	0.0%	99.9%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.7	1.7	0.0	1.0	0.0%	99.9%
3.A.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	3.6	3.6	0.0	0.4	0.0%	99.9%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.0	1.5	0.0%	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.0	1.4	0.0%	100.0%

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Valor absoluto de emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de nivel	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 1)	Evaluación de nivel para 2017 con incertidumbre	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	Ux,t	LUx,t (Ec. 4.4)	
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.4	0.4	0.0	1.0	0.0%	100.0%
3.B.1.a	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.0	0.9	0.0%	100.0%
3.G.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.3	0.3	0.0	0.4	0.0%	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.0	1.5	0.0%	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0%	100.0%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0%	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0%	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0%	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0%	100.0%
<b>Total</b>			<b>17,870.9</b>	<b>17,870.9</b>	<b>1.0</b>	<b>55.6</b>	<b>100.0%</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.1.18**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de tendencia incluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq) Ex,t	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq) Ex,t	Evaluación de tendencia (nota 1) Tx,t	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 2) Ux,t	Evaluación de tendencia con incertidumbre TUX,t	Total acumulativo
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	-29,354.6	-31,856.0	0.9	0.2	0.14	35.7%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	5,540.9	3,134.8	0.3	0.2	0.05	46.9%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	0.0	1,150.0	0.1	0.5	0.04	56.4%
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	374.7	1,334.0	0.1	0.6	0.03	65.0%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	0.0	454.1	0.0	1.0	0.03	72.8%
3.A.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,083.4	2,160.3	0.0	0.3	0.01	76.1%
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	490.4	527.4	0.0	1.5	0.01	79.4%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	1,704.8	5,041.7	0.2	0.0	0.01	84.6%
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	-562.6	-138.6	0.0	0.5	0.01	86.5%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	717.7	1,939.5	0.1	0.1	0.01	88.3%
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	CO <sub>2</sub>	188.0	500.7	0.0	0.4	0.01	89.9%
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	120.4	130.1	0.0	2.4	0.01	91.2%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	76.5	62.2	0.0	1.6	0.00	92.3%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	22.2	65.6	0.0	1.6	0.00	93.3%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	13.4	39.9	0.0	2.1	0.00	94.0%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	309.1	498.2	0.0	0.6	0.00	94.8%
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	CO <sub>2</sub>	39.5	0.0	0.0	0.7	0.00	95.4%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	CH <sub>4</sub>	84.6	46.8	0.0	0.5	0.00	96.0%
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	25.3	45.9	0.0	2.6	0.00	96.5%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	310.5	615.5	0.0	0.1	0.00	96.8%
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	86.1	58.3	0.0	0.4	0.00	97.2%
3.C.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	69.1	61.5	0.0	0.6	0.00	97.5%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	0.0	35.7	0.0	0.5	0.00	97.8%
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	252.0	292.8	0.0	0.3	0.00	98.1%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	9.6	7.8	0.0	2.8	0.00	98.3%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	0.0	254.6	0.0	0.1	0.00	98.5%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	32.2	72.7	0.0	0.4	0.00	98.7%
3.C.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.1	44.3	0.0	0.6	0.00	98.9%
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	N <sub>2</sub> O	23.5	15.1	0.0	0.5	0.00	99.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,257.5	1,950.8	0.0	0.0	0.00	99.2%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	11.9	8.8	0.0	1.0	0.00	99.3%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	9.1	82.9	0.0	0.1	0.00	99.3%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	0.0	2.5	0.0	1.5	0.00	99.4%
3.B.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	37.2	38.6	0.0	0.3	0.00	99.5%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	1.5	3.9	0.0	1.9	0.00	99.5%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	11.9	3.4	0.0	0.3	0.00	99.6%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	0.0	4.3	0.0	0.7	0.00	99.6%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.6	5.5	0.0	1.3	0.00	99.7%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.0	1.1	0.0	2.3	0.00	99.7%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	4.4	6.9	0.0	2.2	0.00	99.7%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	474.7	647.3	0.0	0.3	0.00	99.8%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.9	2.2	0.0	0.9	0.00	99.8%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	2.5	4.0	0.0	2.1	0.00	99.8%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH <sub>4</sub>	7.9	8.2	0.0	0.5	0.00	99.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	2.1	0.0	1.2	0.00	99.9%
3.A.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.6	3.6	0.0	0.4	0.00	99.9%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	14.4	22.4	0.0	0.3	0.00	99.9%

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones o absorciones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones o absorciones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 2)	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Total acumulativo
			Ex,0	Ex,t	Tx,t	Ux,t	TUx,t	
1.A.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.0	0.6	0.0	1.4	0.00	99.9%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	3.4	1.9	0.0	0.2	0.00	99.9%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	1.7	0.0	1.0	0.00	99.9%
3.H.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	5.5	6.1	0.0	0.4	0.00	99.9%
3.A.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	7.2	11.2	0.0	0.3	0.00	99.9%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.3	2.1	0.0	1.3	0.00	99.9%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.3	0.6	0.0	1.5	0.00	100.0%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	16.3	20.9	0.0	0.3	0.00	100.0%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	6.1	7.1	0.0	0.3	0.00	100.0%
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	0.7	2.1	0.0	0.3	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.1	0.4	0.0	1.0	0.00	100.0%
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	0.6	1.8	0.0	0.3	0.00	100.0%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	1.4	2.2	0.0	1.0	0.00	100.0%
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	N <sub>2</sub> O	2.9	3.3	0.0	0.5	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.0	1.5	0.00	100.0%
3.G.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.1	0.3	0.0	0.4	0.00	100.0%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.0	1.0	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.0	0.4	0.00	100.0%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	13.4	18.1	0.0	1.0	0.00	100.0%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.0	0.9	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	0.9	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.0	2.0	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	1.5	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	164.1	0.0	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.7	0.0	0.0	0.0	0.00	100.0%
<b>Total</b>			<b>-15,056.5</b>	<b>-9,758.3</b>	<b>1.8</b>	<b>61.0</b>	<b>0.4</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.1.19**

*Categorías principales: cálculo para el análisis del Método 2 - Evaluación de tendencia excluyendo el sector UTCUTS*

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 2)	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Total acumulativo
			Ex,0	Ex,t	Tx,t	Ux,t	TUx,t	
3.D.1.	Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	490.4	527.4	0.1	1.5	0.09	18.2%
3.A.1.b.	Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,083.4	2,160.3	0.3	0.3	0.08	35.0%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	0.0	1,150.0	0.1	0.5	0.07	49.1%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	0.0	454.1	0.1	1.0	0.06	60.7%
5.A.	Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	374.7	1,334.0	0.1	0.6	0.04	69.2%
3.D.2.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	120.4	130.1	0.0	2.4	0.03	76.4%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	76.5	62.2	0.0	1.6	0.02	80.3%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	309.1	498.2	0.0	0.6	0.01	85.9%
3.A.1.a.	Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	252.0	292.8	0.0	0.3	0.01	87.7%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	1,704.8	5,041.7	0.2	0.0	0.01	89.3%
3.C.2.	Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	69.1	61.5	0.0	0.6	0.01	90.7%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	717.7	1,939.5	0.1	0.1	0.01	91.9%
3.A.4.	Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	86.1	58.3	0.0	0.4	0.01	93.0%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	9.6	7.8	0.0	2.8	0.00	93.8%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	22.2	65.6	0.0	1.6	0.00	94.6%
3.C.1.	Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.1	44.3	0.0	0.6	0.00	95.3%
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	13.4	39.9	0.0	2.1	0.00	95.9%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,257.5	1,950.8	0.1	0.0	0.00	96.4%
3.B.5.	Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	25.3	45.9	0.0	2.6	0.00	96.9%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	0.0	35.7	0.0	0.5	0.00	97.3%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	11.9	8.8	0.0	1.0	0.00	97.7%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	0.0	254.6	0.0	0.1	0.00	98.1%
3.B.1.b.	Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	37.2	38.6	0.0	0.3	0.00	98.4%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	13.4	18.1	0.0	1.0	0.00	98.6%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.6	5.5	0.0	1.3	0.00	98.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	4.4	6.9	0.0	2.2	0.00	98.9%
3.B.4.	Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	16.3	20.9	0.0	0.3	0.00	99.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	310.5	615.5	0.0	0.1	0.00	99.1%
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.9	2.2	0.0	0.9	0.00	99.2%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO <sub>2</sub>	9.1	82.9	0.0	0.1	0.00	99.3%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	0.0	2.5	0.0	1.5	0.00	99.4%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	0.0	4.3	0.0	0.7	0.00	99.5%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	14.4	22.4	0.0	0.3	0.00	99.6%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	2.5	4.0	0.0	2.1	0.00	99.6%
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.0	1.1	0.0	2.3	0.00	99.7%
3.H.	Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	5.5	6.1	0.0	0.4	0.00	99.7%
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	32.2	72.7	0.0	0.4	0.00	99.8%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	6.1	7.1	0.0	0.3	0.00	99.8%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	1.5	3.9	0.0	1.9	0.00	99.9%
3.A.3.	Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	7.2	11.2	0.0	0.3	0.00	99.9%
1.A.1.	Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.3	2.1	0.0	1.3	0.00	99.9%
3.A.2.	Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.6	3.6	0.0	0.4	0.00	99.9%
1.A.3.a.	Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.0	0.6	0.0	1.4	0.00	99.9%
3.B.3.	Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	1.4	2.2	0.0	1.0	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	2.1	0.0	1.2	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.1	0.4	0.0	1.0	0.00	100.0%
3.B.1.a.	Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.0	0.9	0.00	100.0%

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Emisiones de 1994 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Emisiones de 2017 (kt CO <sub>2</sub> eq)	Evaluación de tendencia (nota 1)	Porcentaje de incertidumbre en 2017 (nota 2)	Evaluación de tendencia con incertidumbre	Total acumulativo
			Ex,0	Ex,t	Tx,t	Ux,t	TUx,t	
1.A.1.	Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.0	1.5	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.3	0.6	0.0	1.5	0.00	100.0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	0.9	0.00	100.0%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	0.0	0.0	0.0	1.0	0.00	100.0%
3.G.	Encalado	CO <sub>2</sub>	0.1	0.3	0.0	0.4	0.00	100.0%
3.B.2.	Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	0.0	0.4	0.00	100.0%
1.A.4.	Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	1.7	0.0	1.0	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	0.0	0.0	0.0	2.0	0.00	100.0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	1.5	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	164.1	0.0	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	100.0%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.7	0.0	0.0	0.0	0.00	100.0%
<b>Total</b>			<b>8,482.2</b>	<b>17,870.9</b>	<b>1.1</b>	<b>55.6</b>	<b>0.5</b>	

Nota: la producción de cemento y producción de cal no han sido incluidas en las tablas siguientes debido a que son reportadas como información confidencial, sin embargo, Panamá las incluyó para hacer el análisis de categorías principales del presente inventario.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

## **ANEXO 2. Evaluación de la incertidumbre**

En el presente anexo se describe la metodología aplicada para la combinación de la incertidumbre del inventario nacional de GEI de Panamá. Se ha tomado el texto directamente desde el Capítulo 3, Volumen 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, salvo para la sección que describe la metodología aplicada para combinar la incertidumbre del sector UTCUTS.

### **Método 1: propagación del error**

El Método 1 se basa en la propagación de errores y se lo utiliza para estimar la incertidumbre en las categorías individuales, en todo el inventario, y en las tendencias entre un año de interés y el año de base. Aquí se describen las hipótesis, los requisitos y los procedimientos principales.

#### **Hipótesis principales del Método 1**

En el Método 1, se puede propagar la incertidumbre de las emisiones o absorciones a partir de las incertidumbres de los datos de la actividad, el factor de emisión y otros parámetros de estimación, a través de la ecuación de propagación del error (Mandel, 1984, Bevington y Robinson, 1992). Si hay correlaciones, se la puede incluir de forma explícita o se pueden agregar datos a un nivel adecuado, de forma tal que las correlaciones sean menos importantes. Teóricamente, el Método 1 también exige que la desviación estándar dividida por el valor medio sea inferior a 0,3. En la práctica, no obstante, el método arroja resultados informativos, aunque no se cumpla estrictamente este criterio y subsistan algunas correlaciones. El Método 1 presupone que los rangos relativos de incertidumbre de los factores de emisión y actividad son iguales en el año de base y en el año t. Esta hipótesis suele ser correcta o aproximadamente correcta. Si no se aplica ninguna de las hipótesis principales del Método 1, se puede desarrollar una versión alternativa del Método 1 o, en su lugar, se puede utilizar el Método 2.

#### **Requisitos principales del Método 1**

Para cuantificar la incertidumbre siguiendo el Método 1, se necesitan las estimaciones de la media y la desviación estándar para cada entrada, así como la ecuación a través de la cual se combinan todas las entradas para estimar una salida. Entre las ecuaciones más simples se incluyen las entradas estadísticamente independientes (no correlacionadas).

Una vez determinadas las incertidumbres de las categorías, el factor de emisión o las emisiones para una categoría, se los puede combinar para lograr estimaciones de incertidumbre para todo el inventario en cualquier año, y la incertidumbre de la tendencia del inventario general a través del tiempo. Tal como se explica a continuación, es posible combinar estas estimaciones de

incertidumbre mediante dos reglas convenientes de combinación de las incertidumbres no correlacionadas bajo la suma y la multiplicación.

### Procedimiento del Método 1

El análisis del Método 1 estima las incertidumbres mediante la ecuación de propagación del error en dos pasos. Primero, se utiliza la aproximación de la Ecuación 3.1 para combinar el factor de emisión, los datos de la actividad y otros rangos de parámetros de estimación por categoría y GEI. Segundo, se utiliza la aproximación de la Ecuación 3.2 para llegar a la incertidumbre general de las emisiones nacionales y la tendencia de las emisiones nacionales entre el año de base y el año actual.

#### ***Incertidumbre de una estimación anual***

La ecuación de propagación del error arroja dos reglas convenientes para combinar las incertidumbres no correlacionadas bajo la suma y la multiplicación.

- En los casos en los que se deben combinar las cantidades inciertas por multiplicación, la desviación estándar de la suma es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman, con las desviaciones estándar expresadas como coeficientes de variación, que son las relaciones de las desviaciones estándar con los valores medios adecuados. Esta regla es aproximada para todas las variables aleatorias. En circunstancias típicas, esta regla tiene una exactitud razonable, mientras el coeficiente de variación sea inferior a aproximadamente 0,3. Esta regla no es aplicable a la división.

Luego se puede derivar una ecuación simple (Ecuación 3.1) para la incertidumbre del producto, expresada en términos porcentuales:

#### **Ecuación 3.1 Combinación de incertidumbres - Método 1 - multiplicación**

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Donde:

$U_{total}$  = el porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95 por ciento, dividido por el total y expresado como porcentaje)

$U_i$  = el porcentaje de incertidumbre asociado con cada una de las cantidades

- En los casos en los que se deben combinar las cantidades inciertas por suma o resta, la desviación estándar de la suma es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones estándar de las cantidades que se suman con las desviaciones estándar, todas expresadas en términos absolutos (esta regla es exacta para las variables no correlacionadas).

Tomando esta interpretación, se puede derivar una ecuación simple (Ecuación 3.2) para la incertidumbre de la suma, expresada en términos porcentuales:

**Ecuación 3.2**  
**Combinación de incertidumbres - Método 1 - suma y resta**

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times x_1)^2 + (U_2 \times x_2)^2 + \dots + (U_n \times x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Donde:

$U_{total}$  = el porcentaje de incertidumbre de la suma de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95 por ciento, dividido por el total (es decir, la media) y expresado como porcentaje). Este término «incertidumbre» se basa en el intervalo de confianza del 95 por ciento  
 $x_i$  y  $U_i$  = las cantidades inciertas y el porcentaje de incertidumbres asociado, respectivamente.

El inventario de GEI es, principalmente, la suma de los productos de los factores de emisión, los datos de la actividad y otros parámetros de estimación. Por lo tanto, es posible usar en forma repetida las Ecuaciones 3.1 y 3.2 para estimar la incertidumbre del inventario total. En la práctica, las incertidumbres que se encuentran en las categorías del inventario varían de un porcentaje menor hasta órdenes de magnitud, y pueden estar correlacionadas. Ello no es coherente con las hipótesis de las Ecuaciones 3.1 y 3.2 acerca de la no correlación de las variables, ni con la hipótesis de la Ecuación 3.2 acerca del coeficiente de variación menor que un 30 por ciento, pero en estas circunstancias, aún se pueden usar las Ecuaciones 3.1 y 3.2 para obtener un resultado aproximado.

***Incertidumbre en la tendencia***

Se estiman las incertidumbres de la tendencia por medio de dos sensibilidades:

- Sensibilidad del tipo A: el cambio en la diferencia de las emisiones totales entre el año de base y el año actual, expresado como porcentaje, resultado de un incremento del 1 por ciento de las emisiones o absorciones de una categoría dada y el gas en el año de base y en el año actual.

- Sensibilidad del tipo B: el cambio en la diferencia de las emisiones totales entre el año de base y el año actual, expresado como porcentaje, resultado de un incremento del 1 por ciento de las emisiones o absorciones de una categoría dada y el gas solamente en el año actual.

Las sensibilidades de tipo A y B son simplemente variables intermedias que simplifican el procedimiento de cálculo. Los resultados del análisis no se limitan a un cambio de uno por ciento únicamente, sino que dependen del rango de incertidumbre de cada categoría.

Conceptualmente, la sensibilidad de tipo A surge de las incertidumbres que afectan igualmente a las emisiones o absorciones del año de base y del año actual, y la sensibilidad de tipo B surge de las incertidumbres que afectan únicamente a las emisiones o absorciones del año actual. Las incertidumbres que están totalmente correlacionadas entre los años se asocian con las sensibilidades de tipo A, y las incertidumbres no correlacionadas entre los años se asocian con las sensibilidades de tipo B. Las incertidumbres del factor de emisión (y otros parámetros de estimación) tienden a tener sensibilidades del tipo A, y las incertidumbres de los datos de la actividad tienden a tenerlas del tipo B. Sin embargo, esta asociación no siempre se sostiene y es posible aplicar las sensibilidades del tipo A a los datos de la actividad, y las del tipo B a los factores de emisión, para reflejar las circunstancias nacionales particulares. Las sensibilidades de tipo A y B son simplificaciones incluidas para el análisis aproximado de la correlación.

Una vez calculadas las incertidumbres incluidas en el inventario nacional por sensibilidades de tipo A y B, se las puede sumar por medio de la ecuación de propagación del error (Ecuación 3.1) para obtener la incertidumbre general de la tendencia.

### **Combinación de la incertidumbre del sector UTCUTS**

A diferencia de los demás sectores, los datos de actividad para el sector UTCUTS, derivados del *Mapatón 2017*, fueron calculados mediante un muestreo sistemático, 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 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 2017*.

Categorías de uso de la tierra	Incertidumbre de dato de actividad		
	RTM	RTMH	RTH
BOSQUE MADURO	2%	3%	37%
BOSQUE INTERVENIDO	31%	43%	139%
BOSQUE SECUNDARIO	5%	6%	25%
MANGLAR	36%	15%	28%
PLANTACION LATIFOLIADAS	73%	52%	139%
PLANTACION CONIFERAS	NA	125%	NA
RASTROJO	7%	7%	21%
CULTIVO PERENNE	19%	22%	125%
CULTIVO ANUAL	16%	18%	19%
PASTO	5%	6%	9%
HUMEDALES	35%	22%	59%
ASENTAMIENTOS	32%	25%	29%
OTRAS TIERRAS	103%	93%	196%
TIERRA FORESTAL A CULTIVO ANUAL	52%	84%	NA
TIERRA FORESTAL A CULTIVO PERENNE	73%	139%	NA
TIERRA FORESTAL A PASTO	12%	16%	93%
TIERRA FORESTAL A RASTROJO	16%	18%	72%
TIERRA FORESTAL A HUMEDALES	NA	98%	196%
TIERRA FORESTAL A ASENTAMIENTO	66%	98%	NA
PASTIZAL A BOSQUE SECUNDARIO	17%	21%	55%
PASTIZAL A MANGLAR	103%	196%	NA
PASTIZAL A CULTIVO ANUAL	73%	57%	69%
PASTIZAL A CULTIVO PERENNE	73%	113%	NA
PASTIZAL A PLANTACION DE CONIFERAS	NA	NA	196%
PASTIZAL A PLANTACION DE LATIFOLIADAS	73%	75%	NA
PASTIZAL A HUMEDALES	NA	196%	NA
PASTIZAL A ASENTAMIENTOS	60%	81%	113%
CULTIVO A BOSQUE SECUNDARIO	28%	51%	NA
CULTIVO A RASTROJO	NA	NA	NA
CULTIVO A PASTO	29%	36%	NA
CULTIVO A PLANTACION LATIFOLIADA	44%	64%	125%
CULTIVO A ASENTAMIENTO	NA	196%	139%
OTRAS TIERRAS A ASENTAMIENTO	103%	NA	NA
ASENTAMIENTO A BOSQUE SECUNDARIO	NA	196%	NA
HUMEDALES A ASENTAMIENTO	NA	NA	196%

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

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.2.1**

Reporte de la incertidumbre del inventario de Panamá 1994-2017 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 1994	Emisiones o absorciones de 2017	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza de 2017	Tendencia del inventario en las emisiones nacionales para el incremento de 2017 respecto de 1994	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales respecto de 1994
		kt CO <sub>2</sub> eq	kt CO <sub>2</sub> eq	(± %)	(± %)	(± %)	(fracción)	(% del año de base)	(± %)
1.A.1. Industrias de la energía - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,257.5	1,950.8	1.8 %	2.2 %	2.9 %	0.0 %	55.1 %	0.0 %
1.A.1. Industrias de la energía - Líquido	CH <sub>4</sub>	1.3	2.1	1.8 %	134.3 %	134.3 %	0.0 %	58.8 %	0.0 %
1.A.1. Industrias de la energía - Líquido	N <sub>2</sub> O	2.5	4.0	1.8 %	208.6 %	208.6 %	0.0 %	61.0 %	0.0 %
1.A.1. Industrias de la energía - Sólido	CO <sub>2</sub>	-	254.6	2.0 %	5.0 %	5.4 %	0.0 %	-	0.0 %
1.A.1. Industrias de la energía - Sólido	CH <sub>4</sub>	-	0.1	2.0 %	150.0 %	150.0 %	0.0 %	-	0.0 %
1.A.1. Industrias de la energía - Sólido	N <sub>2</sub> O	-	1.1	2.0 %	233.0 %	233.0 %	0.0 %	-	0.0 %
1.A.1. Industrias de la energía - Biomasa	CH <sub>4</sub>	-	0.0	2.0 %	150.0 %	150.0 %	0.0 %	-	0.0 %
1.A.1. Industrias de la energía - Biomasa	N <sub>2</sub> O	-	0.0	2.0 %	200.0 %	200.0 %	0.0 %	-	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CO <sub>2</sub>	717.7	1,939.5	11.4 %	1.6 %	11.5 %	0.1 %	170.2 %	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	2.1	12.0 %	119.6 %	120.2 %	0.0 %	161.6 %	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Líquido	N <sub>2</sub> O	1.5	3.9	12.2 %	190.0 %	190.4 %	0.0 %	156.6 %	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CO <sub>2</sub>	164.1	-	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-100.0 %	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	CH <sub>4</sub>	0.0	-	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-100.0 %	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Sólido	N <sub>2</sub> O	0.7	-	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	-100.0 %	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH <sub>4</sub>	5.6	5.5	46.7 %	116.8 %	125.7 %	0.0 %	-2.4 %	0.0 %
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N <sub>2</sub> O	4.4	6.9	46.7 %	214.1 %	219.1 %	0.0 %	55.5 %	0.0 %
1.A.3.a. Aviación civil	CO <sub>2</sub>	9.1	82.9	4.5 %	3.6 %	5.8 %	0.0 %	815.2 %	0.0 %
1.A.3.a. Aviación civil	CH <sub>4</sub>	0.0	0.0	4.5 %	90.4 %	90.5 %	0.0 %	-53.9 %	0.0 %
1.A.3.a. Aviación civil	N <sub>2</sub> O	0.0	0.6	4.5 %	135.6 %	135.6 %	0.0 %	2,974.2 %	0.0 %
1.A.3.b. Transporte terrestre	CO <sub>2</sub>	1,704.8	5,041.7	3.5 %	2.9 %	4.6 %	0.1 %	195.7 %	0.0 %
1.A.3.b. Transporte terrestre	CH <sub>4</sub>	13.4	39.9	4.6 %	213.2 %	213.3 %	0.0 %	198.7 %	0.0 %
1.A.3.b. Transporte terrestre	N <sub>2</sub> O	22.2	65.6	3.5 %	160.8 %	160.9 %	0.0 %	195.4 %	0.0 %
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	CO <sub>2</sub>	-	1,150.0	50.0 %	1.5 %	50.0 %	0.3 %	-	0.3 %
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	CH <sub>4</sub>	-	4.3	50.0 %	50.0 %	70.7 %	0.0 %	-	0.0 %
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	N <sub>2</sub> O	-	2.5	50.0 %	140.0 %	148.7 %	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 1994	Emisiones o absorciones de 2017	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza de 2017	Tendencia del inventario en las emisiones nacionales para el incremento de 2017 respecto de 1994	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales respecto de 1994
		kt CO <sub>2</sub> eq	kt CO <sub>2</sub> eq	(± %)	(± %)	(± %)	(fracción)	(% del año de base)	(± %)
1.A.4. Otros sectores - Líquido	CO <sub>2</sub>	310.5	615.5	10.6 %	2.7 %	11.0 %	0.0 %	98.3 %	0.0 %
1.A.4. Otros sectores - Líquido	CH <sub>4</sub>	0.8	1.7	9.7 %	97.4 %	97.9 %	0.0 %	109.8 %	0.0 %
1.A.4. Otros sectores - Líquido	N <sub>2</sub> O	0.3	0.6	9.8 %	149.4 %	149.7 %	0.0 %	135.5 %	0.0 %
1.A.4. Otros sectores - Biomasa	CH <sub>4</sub>	76.5	62.2	59.8 %	149.4 %	161.0 %	0.0 %	-18.7 %	0.0 %
1.A.4. Otros sectores - Biomasa	N <sub>2</sub> O	9.6	7.8	59.9 %	274.6 %	281.1 %	0.0 %	-18.3 %	0.0 %
2.A. Industria de los minerales	CO <sub>2</sub>	174.7	766.9	2.2 %	36.0 %	36.1 %	0.1 %	339.1 %	0.0 %
2.D.1. Uso de lubricantes	CO <sub>2</sub>	0.0	35.7	20.0 %	50.1 %	53.9 %	0.0 %	78,873.8 %	0.0 %
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC	-	454.1	29.9 %	100.0 %	104.4 %	0.2 %	-	0.1 %
2.F.3. Protección contra incendios	HFC	-	0.0	0.0 %	100.0 %	100.0 %	0.0 %	-	0.0 %
3.A.1.a. Fermentación entérica - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	252.0	292.8	6.0 %	30.0 %	30.6 %	0.0 %	16.2 %	0.0 %
3.A.1.b. Fermentación entérica - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	2,083.4	2,160.3	6.0 %	30.0 %	30.6 %	0.5 %	3.7 %	0.0 %
3.A.2. Fermentación entérica - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.6	3.6	20.0 %	30.0 %	36.1 %	0.0 %	550.0 %	0.0 %
3.A.3. Fermentación entérica - Porcinos	CH <sub>4</sub>	7.2	11.2	13.0 %	30.0 %	32.7 %	0.0 %	55.7 %	0.0 %
3.A.4. Fermentación entérica - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	86.1	58.3	20.0 %	30.0 %	36.1 %	0.0 %	-32.3 %	0.0 %
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	CH <sub>4</sub>	6.1	7.1	6.0 %	30.0 %	30.6 %	0.0 %	16.2 %	0.0 %
3.B.1.a. Gestión del estiércol - Vacas lecheras	N <sub>2</sub> O	0.2	0.2	57.1 %	75.0 %	94.3 %	0.0 %	16.2 %	0.0 %
3.B.1.b. Gestión del estiércol - Otros vacunos	CH <sub>4</sub>	37.2	38.6	6.0 %	30.0 %	30.6 %	0.0 %	3.7 %	0.0 %
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	CH <sub>4</sub>	0.0	0.1	20.0 %	30.0 %	36.1 %	0.0 %	550.0 %	0.0 %
3.B.2. Gestión del estiércol - Ovinos	N <sub>2</sub> O	0.1	0.4	66.5 %	75.0 %	100.2 %	0.0 %	550.0 %	0.0 %
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	CH <sub>4</sub>	14.4	22.4	13.0 %	30.0 %	32.7 %	0.0 %	55.7 %	0.0 %
3.B.3. Gestión del estiércol - Porcinos	N <sub>2</sub> O	1.4	2.2	60.8 %	75.0 %	96.5 %	0.0 %	55.7 %	0.0 %
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	CH <sub>4</sub>	16.3	20.9	13.8 %	30.0 %	33.0 %	0.0 %	28.3 %	0.0 %
3.B.4. Gestión del estiércol - Otro ganado	N <sub>2</sub> O	13.4	18.1	64.6 %	75.0 %	99.0 %	0.0 %	34.9 %	0.0 %
3.B.5. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	25.3	45.9	95.4 %	240.0 %	258.3 %	0.0 %	81.1 %	0.0 %
3.C.1. Cultivo del arroz - Irrigadas	CH <sub>4</sub>	44.1	44.3	10.0 %	60.5 %	61.3 %	0.0 %	0.6 %	0.0 %
3.C.2. Cultivo del arroz - Alimentadas a lluvia	CH <sub>4</sub>	69.1	61.5	10.0 %	63.2 %	64.0 %	0.0 %	-11.0 %	0.0 %
3.D.1. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	490.4	527.4	61.9 %	132.9 %	146.7 %	0.6 %	7.6 %	0.1 %
3.D.2. Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas	N <sub>2</sub> O	120.4	130.1	132.3 %	197.2 %	237.5 %	0.1 %	8.1 %	0.0 %
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	CH <sub>4</sub>	11.9	8.8	70.8 %	63.7 %	95.3 %	0.0 %	-25.4 %	0.0 %
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo	N <sub>2</sub> O	2.9	2.2	70.8 %	62.7 %	94.6 %	0.0 %	-25.4 %	0.0 %
3.G. Encalado	CO <sub>2</sub>	0.1	0.3	25.0 %	30.0 %	39.1 %	0.0 %	219.1 %	0.0 %
3.H. Aplicación de urea	CO <sub>2</sub>	5.5	6.1	25.0 %	30.0 %	39.1 %	0.0 %	11.4 %	0.0 %
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO <sub>2</sub>	-29,354.6	-31,856.0	0.0 %	16.9 %	16.9 %	30.4 %	8.5 %	2.0 %
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH <sub>4</sub>	11.9	3.4	0.0 %	27.0 %	27.0 %	0.0 %	-71.6 %	0.0 %
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N <sub>2</sub> O	3.4	1.9	0.0 %	23.5 %	23.5 %	0.0 %	-44.0 %	0.0 %
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	CO <sub>2</sub>	-562.6	-138.6	0.0 %	49.8 %	49.8 %	0.0 %	-75.4 %	0.0 %
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO <sub>2</sub>	474.7	647.3	0.0 %	34.6 %	34.6 %	0.1 %	36.4 %	0.0 %
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	CH <sub>4</sub>	7.9	8.2	0.0 %	53.1 %	53.1 %	0.0 %	3.4 %	0.0 %
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	N <sub>2</sub> O	2.9	3.3	0.0 %	45.9 %	45.9 %	0.0 %	15.2 %	0.0 %
A.C.1 Tierras Pastizales que permanecen como Tales	CH <sub>4</sub>	0.7	2.1	0.0 %	26.8 %	26.8 %	0.0 %	221.8 %	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 1994	Emisiones o absorciones de 2017	Incertidumbre de los datos de actividad	Incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza de 2017	Tendencia del inventario en las emisiones nacionales para el incremento de 2017 respecto de 1994	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales respecto de 1994
		kt CO <sub>2</sub> eq	kt CO <sub>2</sub> eq	(± %)	(± %)	(± %)	(fracción)	(% del año de base)	(± %)
A.C.2 Tierras Pastizales que permanecen como Tales	N <sub>2</sub> O	0.6	1.8	0.0 %	27.2 %	27.2 %	0.0 %	221.8 %	0.0 %
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CO <sub>2</sub>	5,540.9	3,134.8	0.0 %	15.6 %	15.6 %	0.2 %	-43.4 %	0.0 %
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	CH <sub>4</sub>	84.6	46.8	0.0 %	54.4 %	54.4 %	0.0 %	-44.7 %	0.0 %
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	N <sub>2</sub> O	23.5	15.1	0.0 %	53.1 %	53.1 %	0.0 %	-35.7 %	0.0 %
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	CO <sub>2</sub>	39.5	-	0.0 %	72.0 %	72.0 %	0.0 %	-100.0 %	0.0 %
4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	CO <sub>2</sub>	188.0	500.7	0.0 %	40.4 %	40.4 %	0.0 %	166.4 %	0.0 %
5.A. Disposición de residuos sólidos	CH <sub>4</sub>	374.7	1,334.0	0.0 %	63.4 %	63.4 %	0.8 %	256.1 %	0.2 %
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	309.1	498.2	35.0 %	42.7 %	55.2 %	0.1 %	61.1 %	0.0 %
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	N <sub>2</sub> O	32.2	72.7	35.0 %	20.0 %	40.3 %	0.0 %	125.9 %	0.0 %
<b>Total</b>		<b>-15,056.5</b>	<b>-9,758.3</b>				<b>33.7 %</b>		<b>3.0 %</b>
						<b>Porcentaje de incertidumbre en el inventario total:</b>	<b>58.0 %</b>	<b>Incertidumbre de la tendencia:</b>	<b>17.3 %</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

### ANEXO 3. Información adicional de los sectores

#### ANEXO 3.1. Sector Agricultura

Tabla A.3.1.1

Suelos agrícolas: fertilizante sintético aplicado 1994-2017 (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 (%)	% N	Total	% N	Total	% N	Total	% N
		5.0	95.0	46.0		33.0		21.0		12.0
1994	28,844,442.0	1,442,222.1	27,402,219.9	12,605,021.1	3,985,009.2	1,315,053.0	14,766,647.4	3,100,996.0	16,370,411.1	1,964,449.3
1995	29,289,950.0	1,464,497.5	27,825,452.5	12,799,708.2	4,310,016.0	1,422,305.3	13,368,503.0	2,807,385.6	16,735,758.0	2,008,291.0
1996	30,194,728.0	1,509,736.4	28,684,991.6	13,195,096.1	5,013,043.0	1,654,304.2	10,836,974.0	2,275,764.5	17,482,759.0	2,097,931.1
1997	24,683,029.0	1,234,151.5	23,448,877.6	10,786,483.7	5,562,461.0	1,835,612.1	6,089,267.0	1,278,746.1	18,525,562.0	2,223,067.4
1998	12,212,954.0	610,647.7	11,602,306.3	5,337,060.9	6,143,813.0	2,027,458.3	6,268,200.0	1,316,322.0	19,864,770.0	2,383,772.4
1999	4,632,633.0	231,631.7	4,401,001.4	2,024,460.6	4,163,473.0	1,373,946.1	6,211,862.0	1,304,491.0	8,064,772.0	967,772.6
2000	18,038,352.0	901,917.6	17,136,434.4	7,882,759.8	3,330,383.0	1,099,026.4	2,670,452.0	560,794.9	12,309,113.0	1,477,093.6
2001	4,554,626.0	227,731.3	4,326,894.7	1,990,371.6	1,377,639.0	454,620.9	1,723,255.0	361,883.6	13,511,776.0	1,621,413.1
2002	22,951,425.0	1,147,571.3	21,803,853.8	10,029,772.7	1,876,004.0	619,081.3	5,440,401.0	1,142,484.2	10,364,346.0	1,243,721.5
2003	26,671,702.0	1,333,585.1	25,338,116.9	11,655,533.8	798,362.0	263,459.5	8,928,584.0	1,875,002.6	12,216,981.0	1,466,037.7
2004	24,105,553.0	1,205,277.7	22,900,275.4	10,534,126.7	1,173,118.0	387,128.9	6,711,724.0	1,409,462.0	15,560,926.0	1,867,311.1
2005	23,548,981.0	1,177,449.1	22,371,532.0	10,290,904.7	4,203,199.0	1,387,055.7	8,814,356.0	1,851,014.8	9,951,005.0	1,194,120.6
2006	21,913,440.0	1,095,672.0	20,817,768.0	9,576,173.3	1,847,363.0	609,629.8	9,607,000.0	2,017,470.0	7,999,285.0	959,914.2
2007	22,936,567.0	1,146,828.4	21,789,738.7	10,023,279.8	3,069,788.0	1,013,030.0	6,300,530.0	1,323,111.3	9,816,032.0	1,177,923.8
2008	23,878,602.0	1,193,930.1	22,684,671.9	10,434,949.1	4,542,420.0	1,498,998.6	6,333,477.0	1,330,030.2	10,340,352.0	1,240,842.2
2009	23,807,832.0	1,190,391.6	22,617,440.4	10,404,022.6	5,370,714.0	1,772,335.6	6,498,681.0	1,364,723.0	18,170,356.0	2,180,442.7
2010	27,503,778.0	1,375,188.9	26,128,589.1	12,019,151.0	7,474,719.0	2,466,657.3	6,183,558.0	1,298,547.2	30,722,008.0	3,686,641.0
2011	31,137,817.0	1,556,890.9	29,580,926.2	13,607,226.0	8,790,683.0	2,900,925.4	4,003,548.0	840,745.1	34,518,274.0	4,142,192.9
2012	27,378,164.0	1,368,908.2	26,009,255.8	11,964,257.7	5,625,864.0	1,856,535.1	3,572,608.0	750,247.7	41,560,497.0	4,987,259.6
2013	29,838,794.0	1,491,939.7	28,346,854.3	13,039,553.0	8,670,453.0	2,861,249.5	5,557,109.0	1,166,992.9	42,385,301.0	5,086,236.1
2014	15,651,466.0	782,573.3	14,868,892.7	6,839,690.6	9,584,252.0	3,162,803.2	950,236.0	199,549.6	47,493,471.0	5,699,216.5
2015	12,641,668.0	632,083.4	12,009,584.6	5,524,408.9	9,119,216.0	3,009,341.3	1,394,807.0	292,909.5	37,970,503.0	4,556,460.4
2016	28,277,590.0	1,413,879.5	26,863,710.5	12,357,306.8	9,415,868.0	3,107,236.4	3,520,379.0	739,279.6	42,460,591.0	5,095,270.9
2017	32,121,520.0	1,606,076.0	30,515,444.0	14,037,104.2	10,260,007.0	3,385,802.3	4,443,243.0	933,081.0	41,233,782.0	4,948,053.8

Nota: valores en azul son el resultado de extrapolaciones, valores en verde son resultado de interpolaciones.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en la información de INEC y SIECA.

Tabla A.3.1.1

Suelos agrícolas: fertilizante sintético aplicado 1994-2017 (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			
1994	2,751,398.0	907,961.3	182,738.2	60,303.6	3,236,484.1	582,567.1	—	—	20,536,351.6	1,618,565.1	18,917,786.5
1995	3,985,724.0	1,315,288.9	227,180.0	74,969.4	3,556,258.1	640,126.5	—	—	21,068,074.8	1,665,993.7	19,402,081.1
1996	7,561,857.0	2,495,412.8	337,680.0	111,434.4	4,195,806.0	755,245.1	24.0	2.9	22,585,191.1	1,690,659.3	20,894,531.9
1997	5,220,072.0	1,722,623.8	334,623.0	110,425.6	5,704,931.0	1,026,887.6	432.7	51.9	18,983,898.2	1,590,812.1	17,393,086.0
1998	7,130,087.0	2,352,928.7	649,020.0	214,176.6	4,333,865.5	780,095.8	841.3	101.0	14,411,915.6	1,607,776.9	12,804,138.8
1999	12,987,544.0	4,285,889.5	616,155.0	203,331.2	2,962,800.0	533,304.0	1,250.0	150.0	10,693,345.0	1,658,341.7	9,035,003.4
2000	8,342,869.0	2,753,146.8	298,800.0	98,604.0	2,928,047.0	527,048.5	1,655.0	198.6	14,398,672.5	1,678,381.3	12,720,291.2
2001	476,348.0	157,194.8	275,726.0	90,989.6	2,250.0	405.0	82,099.0	9,851.9	4,686,730.4	1,655,477.8	3,031,252.6
2002	79,284.0	26,163.7	252,652.0	83,375.2	5,270,281.0	948,650.6	51,640.0	6,196.8	14,099,446.0	1,677,341.8	12,422,104.3
2003	136,316.0	44,984.3	229,578.0	75,760.7	7,218,031.0	1,299,245.6	78,790.0	9,454.8	16,689,479.0	1,679,333.3	15,010,145.7
2004	134,803.7	44,485.2	206,504.0	68,146.3	10,321.0	1,857.8	20,111.0	2,413.3	14,314,931.4	1,690,128.6	12,624,802.8
2005	131,779.0	43,487.1	183,430.0	60,531.9	151,590.0	27,286.2	45,288.0	5,434.6	14,859,835.5	1,651,111.2	13,208,724.3
2006	64,966.0	21,438.8	388,045.0	128,054.9	129,996.0	23,399.3	37,512.0	4,501.4	13,340,581.6	1,607,241.7	11,733,339.9
2007	1,971,104.0	650,464.3	249,335.0	82,280.6	507,588.0	91,365.8	79,284.0	9,514.1	14,370,969.7	1,574,458.7	12,796,511.1
2008	2,983,950.0	984,703.5	299,070.0	98,693.1	77,471.0	13,944.8	105,433.0	12,652.0	15,614,813.4	1,598,605.2	14,016,208.2
2009	2,637,000.0	870,210.0	119,525.0	39,443.3	1,557,948.0	280,430.6	140,602.0	16,872.2	16,928,480.1	1,569,090.4	15,359,389.7
2010	1,435,836.0	473,825.9	120,568.0	39,787.4	1,977,853.0	356,013.5	395,750.0	47,490.0	20,388,113.3	1,592,448.8	18,795,664.4
2011	2,354,980.0	777,143.4	192,956.0	63,675.5	2,167,660.0	390,178.8	1,872,250.0	224,670.0	22,946,757.1	1,604,129.7	21,342,627.3
2012	1,380,337.0	455,511.2	34,894.0	11,515.0	2,948,968.0	530,814.2	1,374,025.0	164,883.0	20,721,023.6	1,590,533.8	19,130,489.7
2013	1,281,914.0	423,031.6	102,500.0	33,825.0	6,624,102.0	1,192,338.4	5,674,554.0	680,946.5	24,484,172.9	1,604,231.7	22,879,941.3
2014	111,740.0	36,874.2	510,172.0	168,356.8	6,610,117.0	1,189,821.1	286,305.0	34,356.6	17,330,668.5	1,543,786.2	15,786,882.3
2015	335,153.0	110,600.5	471,425.0	155,570.3	7,849,215.0	1,412,858.7	863,001.0	103,560.1	15,165,709.6	1,562,931.8	13,602,777.8
2016	4,590,539.0	1,514,877.9	262,000.0	86,460.0	9,618,771.0	1,731,378.8	825,100.0	99,012.0	24,730,822.4	1,600,756.7	23,130,065.8
2017	694,704.0	229,252.3	285,600.0	94,248.0	16,552,815.0	2,979,506.7	525,000.0	63,000.0	26,670,048.4	1,620,180.8	25,049,867.7

Nota: valores en azul son el resultado de extrapolaciones, valores en verde son resultado de interpolaciones.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente 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.3.2.1.1

Cambios de las existencias de carbono de 1994

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )				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)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C						
Tierras Forestales	Tierras Forestales	29,745,298.0	0.0	0.0	-29,745,298.0	424.9	12.9	109.7	6,584.6	
Tierras Forestales	Tierras Forestales (CEC)	-291,141.3	-99,558.1	0.0	390,699.4					
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	513,834.6	22,991.5	-3,706.7	-533,119.4					
Pastizales	Tierras Forestales	28,926.9	602.3	0.0	-29,529.2					
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras Forestales</b>	<b>29,996,918.2</b>	<b>-75,964.3</b>	<b>-3,706.7</b>	<b>-29,917,247.2</b>	<b>424.9</b>	<b>12.9</b>	<b>109.7</b>	<b>6,584.6</b>	
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-284,419.4	-102,599.7	-1,127.0	388,146.1	261.3	8.8	88.2	4,233.2	
Pastizales	Tierras de Cultivo	-62,863.2	-12,883.4	-10,783.1	86,529.7	21.9	2.0	37.1	618.6	
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras de Cultivo</b>	<b>-347,282.5</b>	<b>-115,483.1</b>	<b>-11,910.1</b>	<b>474,675.8</b>	<b>283.1</b>	<b>10.8</b>	<b>125.3</b>	<b>4,851.8</b>	
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	23.7	2.2	40.2	669.5	
Tierras Forestales	Pastizales	-4,332,237.5	-1,021,390.5	0.0	5,353,628.0	3,005.6	88.4	707.2	45,968.7	
Tierras de Cultivo	Pastizales	-160,468.5	-24,656.0	-2,111.0	187,235.6	15.8	0.4	14.6	539.0	
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Pastizales</b>	<b>-4,492,706.0</b>	<b>-1,046,046.6</b>	<b>-2,111.0</b>	<b>5,540,863.6</b>	<b>3,045.2</b>	<b>91.0</b>	<b>762.0</b>	<b>47,177.2</b>	
Humedales	Humedales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Humedales	-36,580.7	0.0	0.0	36,580.7					
Tierras de Cultivo	Humedales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Pastizales	Humedales	-2,967.4	0.0	0.0	2,967.4					
Asentamientos	Humedales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Humedales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Humedales</b>	<b>-39,548.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>39,548.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
Asentamientos	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Asentamientos	-104,061.7	-27,323.7	-2,836.0	134,221.3					
Tierras de Cultivo	Asentamientos	-11,421.5	-1,754.9	0.0	13,176.4					
Pastizales	Asentamientos	-33,662.9	-6,899.0	0.0	40,561.9					
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Asentamientos</b>	<b>-149,146.1</b>	<b>-35,977.6</b>	<b>-2,836.0</b>	<b>187,959.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
Otras Tierras	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0					
tierras de Cultivo	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0					
Pastizales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0					
humedales	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Otras Tierras	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal 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>	

Categoría de uso de la tierra		Cambio anual en las existencias de carbono (t CO <sub>2</sub> )				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)
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)				
Otros (Especificar)									
	<b>Subtotal 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>24,733,482.2</b>	<b>-1,312,765.9</b>	<b>-33,458.0</b>	<b>-23,387,258.4</b>	<b>3,790.9</b>	<b>117.1</b>	<b>1,048.8</b>	<b>59,771.1</b>

Nota: <sup>(1)</sup> 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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.3.2.1.2**

**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> )				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)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C						
Tierras Forestales	Tierras Forestales	30,642,813.9	0.0	0.0	-30,642,813.9	134.7	4.5	45.3	2,181.1	
Tierras Forestales	Tierras Forestales (CEC)	-1,129,165.6	-171,574.1	0.0	1,300,739.7					
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	-64,107.1	5,852.0	-4,317.1	62,572.2					
Pastizales	Tierras Forestales	28,298.1	16,233.6	-4,113.2	-40,418.5					
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras Forestales</b>	<b>29,477,839.3</b>	<b>-149,488.4</b>	<b>-8,430.3</b>	<b>-29,319,920.5</b>	<b>134.7</b>	<b>4.5</b>	<b>45.3</b>	<b>2,181.1</b>	
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-498,316.7	-124,360.4	-496.2	623,173.3	371.5	10.9	87.4	5,682.3	
Pastizales	Tierras de Cultivo	5,077.3	-6,081.4	1,563.8	-559.7	10.3	0.9	17.5	292.0	
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras de Cultivo</b>	<b>-493,239.4</b>	<b>-130,441.8</b>	<b>1,067.6</b>	<b>622,613.6</b>	<b>381.9</b>	<b>11.9</b>	<b>104.9</b>	<b>5,974.3</b>	
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8	1.7	31.8	530.0	
Tierras Forestales	Pastizales	-4,170,880.3	-1,069,032.4	5,920.6	5,233,992.2	2,877.3	90.9	824.6	45,316.8	
Tierras de Cultivo	Pastizales	-22,371.8	-30,302.7	4,785.3	47,889.3	11.3	0.3	10.4	383.6	
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Pastizales</b>	<b>-4,193,252.1</b>	<b>-1,099,335.2</b>	<b>10,705.9</b>	<b>5,281,881.4</b>	<b>2,907.4</b>	<b>92.9</b>	<b>866.8</b>	<b>46,230.5</b>	
Humedales	Humedales				0.0					
Tierras Forestales	Humedales				0.0					
Tierras de Cultivo	Humedales				0.0					
Pastizales	Humedales				0.0					
Asentamientos	Humedales				0.0					
Otras Tierras	Humedales				0.0					
	<b>Subtotal 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				0.0					
Tierras Forestales	Asentamientos	-31,723.2	-23,309.2	-1,481.9	56,514.3					
Tierras de Cultivo	Asentamientos				0.0					
Pastizales	Asentamientos				0.0					
Humedales	Asentamientos				0.0					
Otras Tierras	Asentamientos				0.0					
	<b>Subtotal para Asentamientos</b>	<b>-31,723.2</b>	<b>-23,309.2</b>	<b>-1,481.9</b>	<b>56,514.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
Otras Tierras	Otras Tierras				0.0					
Tierras Forestales	Otras Tierras				0.0					
tierras de Cultivo	Otras Tierras				0.0					
Pastizales	Otras Tierras				0.0					
humedales	Otras Tierras				0.0					
Asentamientos	Otras Tierras				0.0					
	<b>Subtotal 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)					0.0					
	<b>Subtotal 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>24,759,624.5</b>	<b>-1,402,574.6</b>	<b>1,861.3</b>	<b>-23,358,911.1</b>	<b>3,423.9</b>	<b>109.3</b>	<b>1,017.1</b>	<b>54,385.9</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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

**Tabla A.3.2.1.3**

**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> )				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)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C						
Tierras Forestales	Tierras Forestales	31,042,986.3	0.0	0.0	-31,042,986.3	602.1	19.9	192.2	9,658.0	
Tierras Forestales	Tierras Forestales (CEC)	-64,308.4	-91,234.8	0.0	155,543.2					
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Pastizales	Tierras Forestales	31,754.0	18,216.1	-4,615.6	-45,354.6					
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras Forestales</b>	<b>31,010,431.9</b>	<b>-73,018.7</b>	<b>-4,615.6</b>	<b>-30,932,797.7</b>	<b>602.1</b>	<b>19.9</b>	<b>192.2</b>	<b>9,658.0</b>	
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-397,237.7	-117,903.6	-5,359.1	520,500.4	266.8	10.1	115.6	4,548.7	
Pastizales	Tierras de Cultivo	-58,171.4	-11,921.9	-9,476.3	79,569.5	20.3	1.8	34.3	572.4	
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras de Cultivo</b>	<b>-455,409.1</b>	<b>-129,825.5</b>	<b>-14,835.4</b>	<b>600,070.0</b>	<b>287.0</b>	<b>11.9</b>	<b>149.9</b>	<b>5,121.1</b>	
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6	2.9	53.6	893.2	
Tierras Forestales	Pastizales	-1,896,416.3	-531,027.1	4,099.8	2,423,343.6	1,312.0	43.1	414.6	21,005.8	
Tierras de Cultivo	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Pastizales</b>	<b>-1,896,416.3</b>	<b>-531,027.1</b>	<b>4,099.8</b>	<b>2,423,343.6</b>	<b>1,343.6</b>	<b>46.0</b>	<b>468.2</b>	<b>21,899.0</b>	
Humedales	Humedales				0.0					
Tierras Forestales	Humedales				0.0					
Tierras de Cultivo	Humedales				0.0					
Pastizales	Humedales				0.0					
Asentamientos	Humedales				0.0					
Otras Tierras	Humedales				0.0					
	<b>Subtotal 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				0.0					
Tierras Forestales	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras de Cultivo	Asentamientos				0.0					
Pastizales	Asentamientos				0.0					
Humedales	Asentamientos				0.0					
Otras Tierras	Asentamientos				0.0					
	<b>Subtotal para Asentamientos</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>	
Otras Tierras	Otras Tierras				0.0					
Tierras Forestales	Otras Tierras				0.0					
tierras de Cultivo	Otras Tierras				0.0					
Pastizales	Otras Tierras				0.0					
humedales	Otras Tierras				0.0					
Asentamientos	Otras Tierras				0.0					
	<b>Subtotal 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)					0.0					
	<b>Subtotal 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>28,658,606.6</b>	<b>-733,871.3</b>	<b>-15,351.2</b>	<b>-27,909,384.1</b>	<b>2,232.7</b>	<b>77.7</b>	<b>810.4</b>	<b>36,678.1</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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Tabla A.3.2.1.4

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> )					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)
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)					
Tierras Forestales	Tierras Forestales	31,385,644.7	0.0	0.0	-31,385,644.7	59.3	3.1	47.0	1,201.3	
Tierras Forestales	Tierras Forestales (CEC)	-77,044.0	-59,113.9	0.0	136,157.9					
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	-65,020.9	5,935.4	-9,487.0	68,572.5					
Pastizales	Tierras Forestales	39,284.3	36,674.8	-9,313.7	-66,645.3					
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras Forestales</b>	<b>31,282,864.0</b>	<b>-16,503.7</b>	<b>-18,800.7</b>	<b>-31,247,559.5</b>	<b>59.3</b>	<b>3.1</b>	<b>47.0</b>	<b>1,201.3</b>	
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-198,836.4	-52,751.8	-4,686.5	256,274.7	140.9	4.1	33.2	2,155.6	
Pastizales	Tierras de Cultivo	-28,908.4	-5,924.6	-5,281.4	40,114.4	10.1	0.9	17.1	284.5	
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras de Cultivo</b>	<b>-227,744.8</b>	<b>-58,676.4</b>	<b>-9,967.9</b>	<b>296,389.1</b>	<b>151.0</b>	<b>5.1</b>	<b>50.2</b>	<b>2,440.1</b>	
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1	1.6	29.0	483.9	
Tierras Forestales	Pastizales	-2,048,909.5	-574,214.5	5,255.1	2,617,868.9	1,422.6	47.5	467.2	22,933.6	
Tierras de Cultivo	Pastizales	-27,306.9	-36,987.4	6,343.6	57,950.7	13.7	0.4	12.7	468.3	
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Pastizales</b>	<b>-2,076,216.4</b>	<b>-611,201.9</b>	<b>11,598.7</b>	<b>2,675,819.6</b>	<b>1,453.5</b>	<b>49.4</b>	<b>509.0</b>	<b>23,885.8</b>	
Humedales	Humedales				0.0					
Tierras Forestales	Humedales				0.0					
Tierras de Cultivo	Humedales				0.0					
Pastizales	Humedales				0.0					
Asentamientos	Humedales				0.0					
Otras Tierras	Humedales				0.0					
	<b>Subtotal 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				0.0					
Tierras Forestales	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras de Cultivo	Asentamientos				0.0					
Pastizales	Asentamientos				0.0					
Humedales	Asentamientos				0.0					
Otras Tierras	Asentamientos				0.0					
	<b>Subtotal para Asentamientos</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>	
Otras Tierras	Otras Tierras				0.0					
Tierras Forestales	Otras Tierras				0.0					
tierras de Cultivo	Otras Tierras				0.0					
Pastizales	Otras Tierras				0.0					
humedales	Otras Tierras				0.0					
Asentamientos	Otras Tierras				0.0					
	<b>Subtotal 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)					0.0					
	<b>Subtotal 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>28,978,902.7</b>	<b>-686,382.0</b>	<b>-17,169.9</b>	<b>-28,275,350.8</b>	<b>1,663.8</b>	<b>57.6</b>	<b>606.2</b>	<b>27,527.2</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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Tabla A.3.2.1.5

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> )				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)
Uso de la tierra inicial	Uso de la tierra durante el año de reporte	Biomasa A	Materia orgánica muerta B	Carbono del suelo C						
Tierras Forestales	Tierras Forestales	31,040,051.7		0.0	-31,040,051.7	524.6	19.8	227.7	8,948.5	
Tierras Forestales	Tierras Forestales (CEC)	-17,906.5	-71,218.7		89,125.3					
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	20,902.7	3,337.4	2,203.9	-26,444.0					
Pastizales	Tierras Forestales	56,751.1	58,629.3	-14,122.5	-101,257.9					
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras Forestales</b>	<b>31,099,799.0</b>	<b>-9,252.0</b>	<b>-11,918.6</b>	<b>-31,078,628.4</b>	<b>524.6</b>	<b>19.8</b>	<b>227.7</b>	<b>8,948.5</b>	
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-198,836.4	-52,751.8	-4,808.6	256,396.8	140.9	4.1	33.2	2,155.6	
Pastizales	Tierras de Cultivo	-92,195.5	-19,351.8	-14,957.8	126,505.2	32.9	3.0	55.8	929.2	
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Tierras de Cultivo</b>	<b>-291,031.9</b>	<b>-72,103.6</b>	<b>-19,766.5</b>	<b>382,902.0</b>	<b>173.8</b>	<b>7.1</b>	<b>88.9</b>	<b>3,084.8</b>	
Pastizales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6	1.6	29.8	496.6	
Tierras Forestales	Pastizales	-1,480,186.5	-609,015.9	16,650.6	2,072,551.8	948.9	46.0	650.3	18,304.0	
Tierras de Cultivo	Pastizales	-21,795.0	-29,521.4	4,998.6	46,317.8	11.0	0.3	10.2	373.8	
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0					
	<b>Subtotal para Pastizales</b>	<b>-1,501,981.4</b>	<b>-638,537.4</b>	<b>21,649.2</b>	<b>2,118,869.6</b>	<b>977.4</b>	<b>47.9</b>	<b>690.3</b>	<b>19,174.3</b>	
Humedales	Humedales				0.0					
Tierras Forestales	Humedales				0.0					
Tierras de Cultivo	Humedales				0.0					
Pastizales	Humedales				0.0					
Asentamientos	Humedales				0.0					
Otras Tierras	Humedales				0.0					
	<b>Subtotal 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				0.0					
Tierras Forestales	Asentamientos	-63,374.7	-46,565.6	-2,960.5	112,900.8					
Tierras de Cultivo	Asentamientos				0.0					
Pastizales	Asentamientos				0.0					
Humedales	Asentamientos				0.0					
Otras Tierras	Asentamientos				0.0					
	<b>Subtotal para Asentamientos</b>	<b>-63,374.7</b>	<b>-46,565.6</b>	<b>-2,960.5</b>	<b>112,900.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
Otras Tierras	Otras Tierras				0.0					
Tierras Forestales	Otras Tierras				0.0					
tierras de Cultivo	Otras Tierras				0.0					
Pastizales	Otras Tierras				0.0					
humedales	Otras Tierras				0.0					
Asentamientos	Otras Tierras				0.0					
	<b>Subtotal 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)					0.0					
	<b>Subtotal 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>29,243,411.0</b>	<b>-766,458.7</b>	<b>-12,996.3</b>	<b>-28,463,956.0</b>	<b>1,675.8</b>	<b>74.9</b>	<b>1,006.9</b>	<b>31,207.7</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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

Tabla A.3.2.1.6

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 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	31,208,386.2			-31,208,386.2	120.6	7.2	115.3	2,616.4
Tierras Forestales	Tierras Forestales (CEC)	643,068.2	4,520.4		-647,588.7				
Tierra de Cultivo	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0				
Pastizales	Tierras Forestales	86,555.5	69,289.6	-17,239.6	-138,605.5				
Humedales	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0				
Asentamientos	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0				
Otras Tierras	Tierras Forestales	0.0	0.0	0.0	0.0				
	<b>Subtotal para Tierras Forestales</b>	<b>31,938,009.9</b>	<b>73,810.0</b>	<b>-17,239.6</b>	<b>-31,994,580.4</b>	<b>120.6</b>	<b>7.2</b>	<b>115.3</b>	<b>2,616.4</b>
Tierras de Cultivo	Tierras de Cultivo	0.0			0.0				
Tierras Forestales	Tierras de Cultivo	-350,067.0	-83,244.2	-5,233.1	438,544.3	239.7	7.6	69.7	3,783.6
Pastizales	Tierras de Cultivo	-152,596.8	-31,273.7	-24,863.9	208,734.4	53.1	4.9	90.1	1,501.6
Humedales	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Asentamientos	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otras Tierras	Tierras de Cultivo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>Subtotal para Tierras de Cultivo</b>	<b>-502,663.7</b>	<b>-114,517.9</b>	<b>-30,097.0</b>	<b>647,278.7</b>	<b>292.8</b>	<b>12.5</b>	<b>159.8</b>	<b>5,285.2</b>
Pastizales	Pastizales	0.0			0.0	76.2	7.0	129.3	2,154.7
Tierras Forestales	Pastizales	-2,416,412.1	-725,621.9	7,267.5	3,134,766.5	1,670.5	57.1	580.2	27,211.0
Tierras de Cultivo	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Humedales	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Asentamientos	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otras Tierras	Pastizales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<b>Subtotal para Pastizales</b>	<b>-2,416,412.1</b>	<b>-725,621.9</b>	<b>7,267.5</b>	<b>3,134,766.5</b>	<b>1,746.8</b>	<b>64.0</b>	<b>709.5</b>	<b>29,365.7</b>
Humedales	Humedales				0.0				
Tierras Forestales	Humedales				0.0				
Tierras de Cultivo	Humedales				0.0				
Pastizales	Humedales				0.0				
Asentamientos	Humedales				0.0				
Otras Tierras	Humedales				0.0				
	<b>Subtotal 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				0.0				
Tierras Forestales	Asentamientos	-364,822.1	-88,246.1	-7,564.5	460,632.7				
Tierras de Cultivo	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0				
Pastizales	Asentamientos	-29,088.3	-5,961.5	-4,987.2	40,037.0				
Humedales	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0				
Otras Tierras	Asentamientos	0.0	0.0	0.0	0.0				
	<b>Subtotal para Asentamientos</b>	<b>-393,910.4</b>	<b>-94,207.6</b>	<b>-12,551.7</b>	<b>500,669.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
Otras Tierras	Otras Tierras				0.0				
Tierras Forestales	Otras Tierras				0.0				
tierras de Cultivo	Otras Tierras				0.0				
Pastizales	Otras Tierras				0.0				
humedales	Otras Tierras				0.0				
Asentamientos	Otras Tierras				0.0				
	<b>Subtotal 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)									
	<b>Subtotal 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>28,625,023.7</b>	<b>-860,537.4</b>	<b>-52,620.8</b>	<b>-27,711,865.5</b>	<b>2,160.2</b>	<b>83.7</b>	<b>984.5</b>	<b>37,267.3</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 del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente.

## ANEXO 3.2.2. Matrices de uso y cambio de uso de la tierra

**Tabla A.3.2.2.1**

Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 1994 (ha)

CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 1994
BOSQUE M.	976,114.2						882.3	178.6		2,042.2				979,217.3
BOSQUE I.		7,729.2												7,729.2
BOSQUE S.			302,087.0				1,810.5			2,886.3		116.3		306,900.1
MANGLAR				7,708.1				8.2		227.4				7,943.7
PLANT LAT					669.8									669.8
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO			2,837.6	94.8			219,629.1							222,561.5
C. ANUAL			1,098.0					33,929.8						27,075.6
C. PERENNE							1,121.3		25,977.6	280.3				35,331.3
PASTO					141.5			92.9		329,792.5		93.4		330,120.3
HUMEDALES											6,175.9			6,175.9
ASENTAM												7,295.7		7,295.7
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 1995</b>	<b>976,114.2</b>	<b>7,729.2</b>	<b>306,022.7</b>	<b>7,802.9</b>	<b>811.3</b>	<b>0.0</b>	<b>223,443.2</b>	<b>26,257.4</b>	<b>33,929.8</b>	<b>335,228.6</b>	<b>6,175.9</b>	<b>7,505.4</b>	<b>0.0</b>	<b>1,931,020.5</b>
CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 1994
BOSQUE M.	151,890.3						7.7							151,898.0
BOSQUE I.		233.5												233.5
BOSQUE S.			12,447.3				15.7							12,463.0
MANGLAR				239.4										239.4
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO			23.4				1,599.8							1,623.2
C. ANUAL			23.4					0.0						23.4
C. PERENNE									0.0	23.4				23.4
PASTO										2,969.4				2,969.4
HUMEDALES											0.0			0.0
ASENTAM												0.0		0.0
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 1995</b>	<b>151,890.3</b>	<b>233.5</b>	<b>12,494.0</b>	<b>239.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1,623.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2,992.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>169,473.2</b>
CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 1994
BOSQUE M.	48,140.9						217.4	181.2		262.8				48,802.3
BOSQUE I.		947.8												947.8
BOSQUE S.			31,018.4				446.1		189.6	371.4		94.8		32,120.2
MANGLAR				0.0				8.4		29.3				37.6
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO			379.1				16,254.2		189.6					16,822.8
C. ANUAL			94.8					10,500.5						7,268.2
C. PERENNE									7,173.4	94.8		94.8		10,690.1
PASTO								94.8		64,190.8		189.6		64,475.1
HUMEDALES											959.9			959.9
ASENTAM												2,017.7		2,017.7
OTRAS TIER													1,042.5	1,042.5
<b>Total 1995</b>	<b>48,140.9</b>	<b>947.8</b>	<b>31,492.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>16,917.6</b>	<b>7,457.7</b>	<b>10,879.6</b>	<b>64,949.0</b>	<b>959.9</b>	<b>2,396.8</b>	<b>1,042.5</b>	<b>185,184.1</b>
CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)														

Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 1994
BOSQUE M.	1,648,805.0						2,648.6	244.6		3,427.7	49.0			1,655,174.9
BOSQUE I.		14,735.0												14,735.0
BOSQUE S.			790,796.3				5,435.2		94.8	4,844.6	21.0	279.9		801,471.7
MANGLAR				124,747.0				11.3		381.7				125,139.9
PLANT LAT					5,709.3									5,709.3
PLANT CON						2,470.8								2,470.8
RASTROJO			6,953.5	92.9			602,303.0		186.3					609,535.7
C. ANUAL			1,240.8		94.8			99,829.1						83,008.6
C. PERENNE							2,008.7		81,673.0	606.4				102,444.2
PASTO					420.2			1,031.3		845,280.2	94.8	512.9		847,339.3
HUMEDALES											56,554.2	23.4		56,577.6
ASENTAM												54,570.0		54,570.0
OTRAS TIER												93.4	3,585.1	3,678.6
<b>Total 1995</b>	<b>1,648,805.0</b>	<b>14,735.0</b>	<b>798,990.5</b>	<b>124,839.9</b>	<b>6,224.2</b>	<b>2,470.8</b>	<b>612,395.5</b>	<b>82,960.2</b>	<b>100,110.2</b>	<b>854,540.6</b>	<b>56,719.0</b>	<b>55,479.6</b>	<b>3,585.1</b>	<b>4,361,855.7</b>
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 1994
BOSQUE M.	189,902.9						107.1	44.6		129.5	16.3			190,200.5
BOSQUE I.		467.0												467.0
BOSQUE S.			43,850.5				219.8			183.0	7.0			44,260.3
MANGLAR				7,534.2				2.1		14.4				7,550.7
PLANT LAT					3,346.1									3,346.1
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO			93.4				17,132.0							17,225.4
C. ANUAL			23.4					2,305.4						3,921.9
C. PERENNE							93.4		3,898.6	23.4				2,422.2
PASTO					93.4			46.7		41,579.9				41,720.0
HUMEDALES											1,408.9			1,408.9
ASENTAM												0.0		0.0
OTRAS TIER													256.8	256.8
<b>Total 1995</b>	<b>189,902.9</b>	<b>467.0</b>	<b>43,967.3</b>	<b>7,534.2</b>	<b>3,439.5</b>	<b>0.0</b>	<b>17,552.3</b>	<b>3,992.0</b>	<b>2,305.4</b>	<b>41,930.1</b>	<b>1,432.2</b>	<b>0.0</b>	<b>256.8</b>	<b>312,779.8</b>
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 1994
BOSQUE M.	1,932.0						154.7	90.6		375.4				2,552.6
BOSQUE I.		947.8												947.8
BOSQUE S.			22,560.2				317.4		94.8	530.6				23,503.0
MANGLAR				0.0				4.2		41.8				46.0
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO							13,066.0		94.8					13,160.7
C. ANUAL								15,750.8						7,173.4
C. PERENNE									7,173.4	94.8				15,845.5
PASTO										41,133.0				41,133.0
HUMEDALES											959.9			959.9
ASENTAM												3,055.8		3,055.8
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 1995</b>	<b>1,932.0</b>	<b>947.8</b>	<b>22,560.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>13,538.0</b>	<b>7,268.2</b>	<b>15,940.3</b>	<b>42,175.6</b>	<b>959.9</b>	<b>3,055.8</b>	<b>0.0</b>	<b>108,377.8</b>
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 1994
BOSQUE M.	9,043.1						213.9			147.2				9,404.2
BOSQUE I.		467.0												467.0
BOSQUE S.			43,142.8				439.0			208.1				43,789.8
MANGLAR				26,808.6						16.4				26,825.0
PLANT LAT					2,663.2									2,663.2
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO			1,122.1				75,708.7							76,830.8
C. ANUAL					185.9			68,991.0						2,848.7
C. PERENNE									2,662.8	92.9				69,083.9
PASTO						93.4		464.6		190,568.0		279.3		191,405.4

HUMEDALES											9,419.2			9,419.2
ASENTAM												31,022.4		31,022.4
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 1995</b>	<b>9,043.1</b>	<b>467.0</b>	<b>44,264.9</b>	<b>26,808.6</b>	<b>2,849.1</b>	<b>93.4</b>	<b>76,361.7</b>	<b>3,127.4</b>	<b>68,991.0</b>	<b>191,032.6</b>	<b>9,419.2</b>	<b>31,301.7</b>	<b>0.0</b>	<b>463,759.7</b>
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>														
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 1994</i>
BOSQUE M.	6,626.0						7.7			9.2	16.3			6,659.3
BOSQUE I.		0.0												0.0
BOSQUE S.			12,459.8				15.7			13.1	7.0			12,402.7
MANGLAR				14,742.3						1.0				14,743.3
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO			23.4				9,587.2							9,610.6
C. ANUAL								24,600.9						0.0
C. PERENNE									0.0	115.7				24,716.6
PASTO								277.6		77,632.4				77,909.9
HUMEDALES											473.0			473.0
ASENTAM												10,945.7		11,038.6
OTRAS TIER													256.8	256.8
<b>Total 1995</b>	<b>6,626.0</b>	<b>0.0</b>	<b>12,483.2</b>	<b>14,742.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>9,610.6</b>	<b>277.6</b>	<b>24,600.9</b>	<b>77,771.4</b>	<b>496.4</b>	<b>10,945.7</b>	<b>256.8</b>	<b>157,810.9</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2017*.

**Tabla A.3.2.2.2**

*Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2000 (ha)*

<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2000
BOSQUE M.	953,466.3	233.5					1,168.4	934.4		1,875.8				<b>957,678.5</b>
BOSQUE I.		7,729.2												<b>7,729.2</b>
BOSQUE S.			298,827.6				3,277.7			3,510.8				<b>305,616.1</b>
MANGLAR				8,465.8										<b>8,465.8</b>
PLANT LAT					1,882.5									<b>1,882.5</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO			233.9				226,878.6			1,895.5				<b>229,007.9</b>
C. ANUAL								33,422.1						<b>33,422.1</b>
C. PERENNE									20,593.0					<b>20,593.0</b>
PASTO										365,620.6				<b>365,620.6</b>
HUMEDALES											6,097.6			<b>6,097.6</b>
ASENTAM												8,885.3		<b>8,885.3</b>
OTRAS TIER													0.0	<b>0.0</b>
<b>Total 2001</b>	<b>953,466.3</b>	<b>7,962.7</b>	<b>299,061.4</b>	<b>8,465.8</b>	<b>1,882.5</b>	<b>0.0</b>	<b>231,324.7</b>	<b>34,356.6</b>	<b>20,593.0</b>	<b>372,902.7</b>	<b>6,097.6</b>	<b>8,885.3</b>	<b>0.0</b>	<b>1,944,998.7</b>
<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2000
BOSQUE M.	149,021.6													<b>149,021.6</b>
BOSQUE I.		233.5												<b>233.5</b>
BOSQUE S.			11,438.1											<b>11,438.1</b>
MANGLAR				233.5										<b>233.5</b>
PLANT LAT					0.0									<b>0.0</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO							1,623.8							<b>1,623.8</b>
C. ANUAL								0.0						<b>0.0</b>
C. PERENNE									0.0					<b>0.0</b>
PASTO										3,036.0				<b>3,036.0</b>
HUMEDALES											0.0			<b>0.0</b>
ASENTAM												0.0		<b>0.0</b>
OTRAS TIER													0.0	<b>0.0</b>
<b>Total 2001</b>	<b>149,021.6</b>	<b>233.5</b>	<b>11,438.1</b>	<b>233.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1,623.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3,036.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>165,586.6</b>
<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2000
BOSQUE M.	47,231.7													<b>47,231.7</b>
BOSQUE I.		947.8												<b>947.8</b>
BOSQUE S.			32,078.4											<b>32,078.4</b>
MANGLAR				0.0										<b>0.0</b>
PLANT LAT					0.0									<b>0.0</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO			947.8				19,812.1							<b>20,759.8</b>
C. ANUAL								11,373.0		947.8				<b>12,320.8</b>
C. PERENNE									9,477.5					<b>9,477.5</b>
PASTO										68,165.5				<b>68,165.5</b>
HUMEDALES											947.8			<b>947.8</b>
ASENTAM												5,668.4		<b>5,668.4</b>
OTRAS TIER													947.8	<b>947.8</b>
<b>Total 2001</b>	<b>47,231.7</b>	<b>947.8</b>	<b>33,026.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>19,812.1</b>	<b>11,373.0</b>	<b>9,477.5</b>	<b>69,113.2</b>	<b>947.8</b>	<b>5,668.4</b>	<b>947.8</b>	<b>198,545.3</b>
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2000
BOSQUE M.	1,608,551.9						3,745.0			4,446.3				<b>1,618,378.5</b>
BOSQUE I.		14,735.0												<b>14,735.0</b>
BOSQUE S.			770,766.6				3,037.6			4,433.3				<b>778,237.5</b>
MANGLAR				122,601.0										<b>122,601.0</b>
PLANT LAT					9,133.9									<b>9,133.9</b>

PLANT CON							2,097.1										2,097.1
RASTROJO		6,076.7						617,105.8			700.9		467.8				624,351.2
C. ANUAL									102,741.7								102,741.7
C. PERENNE								934.4		66,620.6							67,555.1
PASTO								1,869.7		947.8	887,564.9						890,382.3
HUMEDALES												57,485.4					57,485.4
ASENTAM													59,869.9				59,869.9
OTRAS TIER															3,492.8		3,492.8
<b>Total 2001</b>	<b>1,608,551.9</b>	<b>16,370.3</b>	<b>776,843.3</b>	<b>122,601.0</b>	<b>9,133.9</b>	<b>2,097.1</b>	<b>626,692.5</b>	<b>102,741.7</b>	<b>67,568.4</b>	<b>897,145.4</b>	<b>57,485.4</b>	<b>60,337.7</b>	<b>3,492.8</b>	<b>4,351,061.2</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2000</i>			
BOSQUE M.	185,849.2	233.5												186,082.7			
BOSQUE I.		467.0												467.0			
BOSQUE S.			38,882.9				1,168.0							40,050.9			
MANGLAR				7,348.5										7,348.5			
PLANT LAT					3,269.1									3,269.1			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							19,091.5							19,091.5			
C. ANUAL								2,781.3						2,781.3			
C. PERENNE									3,090.5					3,090.5			
PASTO										42,745.8				42,745.8			
HUMEDALES											1,624.5			1,624.5			
ASENTAM												0.0		0.0			
OTRAS TIER													467.0	467.0			
<b>Total 2001</b>	<b>185,849.2</b>	<b>700.5</b>	<b>38,882.9</b>	<b>7,348.5</b>	<b>3,269.1</b>	<b>0.0</b>	<b>20,259.5</b>	<b>2,781.3</b>	<b>3,090.5</b>	<b>42,745.8</b>	<b>1,624.5</b>	<b>0.0</b>	<b>467.0</b>	<b>307,018.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2000</i>			
BOSQUE M.	1,895.5													1,895.5			
BOSQUE I.		947.8												947.8			
BOSQUE S.			18,936.9						947.8					19,884.6			
MANGLAR				0.0										0.0			
PLANT LAT					0.0									0.0			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							16,075.5							16,075.5			
C. ANUAL								14,216.3						14,216.3			
C. PERENNE									7,582.0					7,582.0			
PASTO										49,246.8				49,246.8			
HUMEDALES											947.8			947.8			
ASENTAM												2,843.3		2,843.3			
OTRAS TIER													947.8	947.8			
<b>Total 2001</b>	<b>1,895.5</b>	<b>947.8</b>	<b>18,936.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>16,075.5</b>	<b>14,216.3</b>	<b>8,529.8</b>	<b>49,246.8</b>	<b>947.8</b>	<b>2,843.3</b>	<b>947.8</b>	<b>114,587.1</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2000</i>			
BOSQUE M.	8,872.3													8,872.3			
BOSQUE I.		467.0												467.0			
BOSQUE S.			49,247.0											49,247.0			
MANGLAR				26,147.8										26,147.8			
PLANT LAT					3,717.7									3,717.7			
PLANT CON						934.5								934.5			
RASTROJO			947.8				71,375.9							72,323.6			
C. ANUAL								65,986.7						65,986.7			
C. PERENNE									2,110.9					2,110.9			
PASTO										184,504.1				184,504.1			
HUMEDALES											9,299.7			9,299.7			
ASENTAM												31,657.7		31,657.7			
OTRAS TIER													928.9	928.9			
<b>Total 2001</b>	<b>8,872.3</b>	<b>467.0</b>	<b>50,194.7</b>	<b>26,147.8</b>	<b>3,717.7</b>	<b>934.5</b>	<b>71,375.9</b>	<b>65,986.7</b>	<b>2,110.9</b>	<b>184,504.1</b>	<b>9,299.7</b>	<b>31,657.7</b>	<b>928.9</b>	<b>456,197.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2000</i>			



**Tabla A.3.2.2.3**

*Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2005 (ha)*

<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2005
BOSQUE M.	947,613.8	233.5								467.0				<b>948,314.4</b>
BOSQUE I.		9,130.3												<b>9,130.3</b>
BOSQUE S.			302,297.8				233.5			1,168.0				<b>303,699.3</b>
MANGLAR				7,518.1										<b>7,518.1</b>
PLANT LAT					3,993.8									<b>3,993.8</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO			1,167.9				226,729.0	929.1						<b>228,826.0</b>
C. ANUAL								34,351.2						<b>34,351.2</b>
C. PERENNE									21,540.8					<b>21,540.8</b>
PASTO										371,928.2				<b>371,928.2</b>
HUMEDALES											4,915.9			<b>4,915.9</b>
ASENTAM												10,780.8		<b>10,780.8</b>
OTRAS TIER													0.0	<b>0.0</b>
<b>Total 2006</b>	<b>947,613.8</b>	<b>9,363.8</b>	<b>303,465.8</b>	<b>7,518.1</b>	<b>3,993.8</b>	<b>0.0</b>	<b>226,962.5</b>	<b>35,280.2</b>	<b>21,540.8</b>	<b>373,563.3</b>	<b>4,915.9</b>	<b>10,780.8</b>	<b>0.0</b>	<b>1,944,998.7</b>
<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2005
BOSQUE M.	149,021.6													<b>149,021.6</b>
BOSQUE I.		233.5												<b>233.5</b>
BOSQUE S.			11,438.1											<b>11,438.1</b>
MANGLAR				233.5										<b>233.5</b>
PLANT LAT					0.0									<b>0.0</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO							1,623.8							<b>1,623.8</b>
C. ANUAL								0.0						<b>0.0</b>
C. PERENNE									0.0					<b>0.0</b>
PASTO										3,036.0				<b>3,036.0</b>
HUMEDALES											0.0			<b>0.0</b>
ASENTAM												0.0		<b>0.0</b>
OTRAS TIER													0.0	<b>0.0</b>
<b>Total 2006</b>	<b>149,021.6</b>	<b>233.5</b>	<b>11,438.1</b>	<b>233.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1,623.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3,036.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>165,586.6</b>
<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2005
BOSQUE M.	46,284.0													<b>46,284.0</b>
BOSQUE I.		1,895.5												<b>1,895.5</b>
BOSQUE S.			32,078.4											<b>32,078.4</b>
MANGLAR				0.0										<b>0.0</b>
PLANT LAT					0.0									<b>0.0</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO			947.8				17,916.6							<b>18,864.3</b>
C. ANUAL								11,373.0						<b>11,373.0</b>
C. PERENNE									8,529.8					<b>8,529.8</b>
PASTO										71,956.5				<b>71,956.5</b>
HUMEDALES											947.8			<b>947.8</b>
ASENTAM												5,668.4		<b>5,668.4</b>
OTRAS TIER													947.8	<b>947.8</b>
<b>Total 2006</b>	<b>46,284.0</b>	<b>1,895.5</b>	<b>33,026.2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>17,916.6</b>	<b>11,373.0</b>	<b>8,529.8</b>	<b>71,956.5</b>	<b>947.8</b>	<b>5,668.4</b>	<b>947.8</b>	<b>198,545.3</b>
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2005
BOSQUE M.	1,577,710.7						2,569.0	934.4		1,167.9				<b>1,584,024.0</b>
BOSQUE I.		24,539.4												<b>24,539.4</b>
BOSQUE S.			760,940.6				4,194.3			3,505.5				<b>768,640.4</b>
MANGLAR				122,367.5										<b>122,367.5</b>
PLANT LAT					11,249.5									<b>11,249.5</b>

PLANT CON							2,097.1										2,097.1
RASTROJO		6,276.4		233.5				627,649.6			1,863.5						636,023.0
C. ANUAL									105,767.0								105,767.0
C. PERENNE										67,555.1							67,555.1
PASTO								2,098.0	929.1		903,261.4						906,288.4
HUMEDALES												57,485.4					57,485.4
ASENTAM													63,155.5				63,155.5
OTRAS TIER															1,869.0		1,869.0
<b>Total 2006</b>	<b>1,577,710.7</b>	<b>26,181.4</b>	<b>767,216.9</b>	<b>122,367.5</b>	<b>11,483.0</b>	<b>2,097.1</b>	<b>636,511.0</b>	<b>107,630.5</b>	<b>67,555.1</b>	<b>909,798.3</b>	<b>57,485.4</b>	<b>63,155.5</b>	<b>1,869.0</b>	<b>4,351,061.2</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2005</i>			
BOSQUE M.	182,580.2	233.5					233.5							183,047.2			
BOSQUE I.		2,101.5					233.5							2,335.1			
BOSQUE S.			36,324.4				233.5							36,557.9			
MANGLAR				7,348.5										7,348.5			
PLANT LAT					3,736.1									3,736.1			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							22,117.5							22,117.5			
C. ANUAL								3,014.8						3,014.8			
C. PERENNE									3,090.5					3,090.5			
PASTO										43,913.3				43,913.3			
HUMEDALES											1,624.5			1,624.5			
ASENTAM												0.0		0.0			
OTRAS TIER													233.5	233.5			
<b>Total 2006</b>	<b>182,580.2</b>	<b>2,335.1</b>	<b>36,324.4</b>	<b>7,348.5</b>	<b>3,736.1</b>	<b>0.0</b>	<b>22,818.0</b>	<b>3,014.8</b>	<b>3,090.5</b>	<b>43,913.3</b>	<b>1,624.5</b>	<b>0.0</b>	<b>233.5</b>	<b>307,018.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2005</i>			
BOSQUE M.	1,895.5													1,895.5			
BOSQUE I.		947.8												947.8			
BOSQUE S.			17,041.4							947.8				17,989.1			
MANGLAR				0.0										0.0			
PLANT LAT					0.0									0.0			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							15,127.7							15,127.7			
C. ANUAL								16,111.8						16,111.8			
C. PERENNE									10,425.3					10,425.3			
PASTO										48,299.0				48,299.0			
HUMEDALES											947.8			947.8			
ASENTAM												2,843.3		2,843.3			
OTRAS TIER													0.0	0.0			
<b>Total 2006</b>	<b>1,895.5</b>	<b>947.8</b>	<b>17,041.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>15,127.7</b>	<b>16,111.8</b>	<b>10,425.3</b>	<b>49,246.8</b>	<b>947.8</b>	<b>2,843.3</b>	<b>0.0</b>	<b>114,587.1</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2005</i>			
BOSQUE M.	8,405.3													8,405.3			
BOSQUE I.		467.0												467.0			
BOSQUE S.			47,375.2				233.5							47,608.7			
MANGLAR		947.8		25,200.0										26,147.8			
PLANT LAT					3,717.7									3,717.7			
PLANT CON						934.5								934.5			
RASTROJO			929.6				69,511.8							70,441.4			
C. ANUAL								64,127.5						64,127.5			
C. PERENNE									3,058.6					3,058.6			
PASTO								928.9		186,614.3				187,543.2			
HUMEDALES											9,299.7			9,299.7			
ASENTAM												33,517.0		33,517.0			
OTRAS TIER													929.6	929.6			
<b>Total 2006</b>	<b>8,405.3</b>	<b>1,414.8</b>	<b>48,304.8</b>	<b>25,200.0</b>	<b>3,717.7</b>	<b>934.5</b>	<b>69,745.3</b>	<b>65,056.4</b>	<b>3,058.6</b>	<b>186,614.3</b>	<b>9,299.7</b>	<b>33,517.0</b>	<b>929.6</b>	<b>456,197.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2005</i>			



**Tabla A.3.2.2.4**

*Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2010 (ha)*

<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2010
BOSQUE M.	935,227.5	233.5					929.1			700.5				<b>937,090.6</b>
BOSQUE I.		12,882.3												<b>12,882.3</b>
BOSQUE S.			301,368.4							947.8				<b>303,250.6</b>
MANGLAR				7,518.1										<b>7,518.1</b>
PLANT LAT					4,917.1									<b>4,917.1</b>
PLANT CON						929.1								<b>929.1</b>
RASTROJO			929.1				228,888.2			1,162.6				<b>230,979.9</b>
C. ANUAL								35,532.9		233.5				<b>35,532.4</b>
C. PERENNE									20,125.6					<b>20,125.6</b>
PASTO							1,870.5			374,205.9				<b>376,076.4</b>
HUMEDALES											4,915.9			<b>4,915.9</b>
ASENTAM												10,780.8		<b>10,780.8</b>
OTRAS TIER													0.0	<b>0.0</b>
<b>Total 2011</b>	<b>935,227.5</b>	<b>13,115.8</b>	<b>302,297.5</b>	<b>7,518.1</b>	<b>4,917.1</b>	<b>929.1</b>	<b>232,622.2</b>	<b>35,298.9</b>	<b>20,125.6</b>	<b>377,250.2</b>	<b>4,915.9</b>	<b>10,780.8</b>	<b>0.0</b>	<b>1,944,998.7</b>
<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2010
BOSQUE M.	149,021.6													<b>149,021.6</b>
BOSQUE I.		233.5												<b>233.5</b>
BOSQUE S.			10,971.1											<b>10,971.1</b>
MANGLAR				233.5										<b>233.5</b>
PLANT LAT					0.0									<b>0.0</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO							2,090.8							<b>2,090.8</b>
C. ANUAL								0.0						<b>0.0</b>
C. PERENNE									0.0					<b>0.0</b>
PASTO										3,036.0				<b>3,036.0</b>
HUMEDALES											0.0			<b>0.0</b>
ASENTAM												0.0		<b>0.0</b>
OTRAS TIER													0.0	<b>0.0</b>
<b>Total 2011</b>	<b>149,021.6</b>	<b>233.5</b>	<b>10,971.1</b>	<b>233.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2,090.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3,036.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>165,586.6</b>
<b>CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	2010
BOSQUE M.	46,284.0													<b>46,284.0</b>
BOSQUE I.		1,895.5												<b>1,895.5</b>
BOSQUE S.			32,060.3							947.8				<b>33,008.0</b>
MANGLAR				0.0										<b>0.0</b>
PLANT LAT					0.0									<b>0.0</b>
PLANT CON						0.0								<b>0.0</b>
RASTROJO			947.8				15,091.5							<b>16,039.2</b>
C. ANUAL								12,320.8						<b>12,320.8</b>
C. PERENNE									8,529.8					<b>8,529.8</b>
PASTO										72,904.2				<b>72,904.2</b>
HUMEDALES											947.8			<b>947.8</b>
ASENTAM												5,668.4		<b>5,668.4</b>
OTRAS TIER													947.8	<b>947.8</b>
<b>Total 2011</b>	<b>46,284.0</b>	<b>1,895.5</b>	<b>33,008.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>15,091.5</b>	<b>12,320.8</b>	<b>8,529.8</b>	<b>73,852.0</b>	<b>947.8</b>	<b>5,668.4</b>	<b>947.8</b>	<b>198,545.3</b>
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2010
BOSQUE M.	1,554,120.3						467.4			1,634.9				<b>1,557,151.7</b>
BOSQUE I.		30,856.4												<b>30,856.4</b>
BOSQUE S.			770,188.1							1,629.6				<b>776,025.7</b>
MANGLAR				122,367.5			3,260.4	947.8						<b>122,367.5</b>
PLANT LAT					15,690.7									<b>15,690.7</b>

PLANT CON							2,097.1										2,097.1
RASTROJO																	627,669.5
C. ANUAL																	108,564.7
C. PERENNE																	67,555.1
PASTO																	917,514.8
HUMEDALES																	57,959.8
ASENTAM																	65,739.4
OTRAS TIER																	1,869.0
<b>Total 2011</b>	<b>1,554,120.3</b>	<b>31,785.4</b>	<b>774,401.7</b>	<b>122,367.5</b>	<b>15,924.2</b>	<b>2,097.1</b>	<b>628,113.8</b>	<b>110,435.8</b>	<b>67,555.1</b>	<b>918,692.2</b>	<b>57,959.8</b>	<b>65,739.4</b>	<b>1,869.0</b>	<b>4,351,061.2</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2010</i>			
BOSQUE M.	179,554.6						233.5			233.5				179,788.1			
BOSQUE I.		3,726.1												3,726.1			
BOSQUE S.			34,923.4											35,156.9			
MANGLAR				7,348.5										7,348.5			
PLANT LAT					4,670.1									4,670.1			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							23,285.0							23,285.0			
C. ANUAL								3,248.4						3,248.4			
C. PERENNE									3,090.5					3,090.5			
PASTO							233.5			44,613.8				44,847.3			
HUMEDALES											1,624.5			1,624.5			
ASENTAM												0.0		0.0			
OTRAS TIER													233.5	233.5			
<b>Total 2011</b>	<b>179,554.6</b>	<b>3,726.1</b>	<b>34,923.4</b>	<b>7,348.5</b>	<b>4,670.1</b>	<b>0.0</b>	<b>23,752.0</b>	<b>3,248.4</b>	<b>3,090.5</b>	<b>44,847.3</b>	<b>1,624.5</b>	<b>0.0</b>	<b>233.5</b>	<b>307,018.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2010</i>			
BOSQUE M.	1,895.5													1,895.5			
BOSQUE I.		947.8												947.8			
BOSQUE S.			18,007.3											18,007.3			
MANGLAR				0.0										0.0			
PLANT LAT					0.0									0.0			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO			947.8				13,214.1							14,161.8			
C. ANUAL								15,164.0						15,164.0			
C. PERENNE							947.8		7,582.0					8,529.8			
PASTO										52,090.0				52,090.0			
HUMEDALES											947.8			947.8			
ASENTAM												2,843.3		2,843.3			
OTRAS TIER													0.0	0.0			
<b>Total 2011</b>	<b>1,895.5</b>	<b>947.8</b>	<b>18,955.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>14,161.8</b>	<b>15,164.0</b>	<b>7,582.0</b>	<b>52,090.0</b>	<b>947.8</b>	<b>2,843.3</b>	<b>0.0</b>	<b>114,587.1</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2010</i>			
BOSQUE M.	8,405.3													8,405.3			
BOSQUE I.		1,414.8												1,414.8			
BOSQUE S.			46,189.1				233.5			934.5				47,357.1			
MANGLAR				25,200.0										25,200.0			
PLANT LAT					2,788.1									2,788.1			
PLANT CON						934.5								934.5			
RASTROJO							69,745.3							69,745.3			
C. ANUAL								66,914.2						66,914.2			
C. PERENNE									3,058.6					3,058.6			
PASTO										185,704.3				185,704.3			
HUMEDALES											9,299.7			9,299.7			
ASENTAM												35,376.2		35,376.2			
OTRAS TIER													0.0	0.0			
<b>Total 2011</b>	<b>8,405.3</b>	<b>1,414.8</b>	<b>46,189.1</b>	<b>25,200.0</b>	<b>2,788.1</b>	<b>934.5</b>	<b>69,978.8</b>	<b>66,914.2</b>	<b>3,058.6</b>	<b>186,638.7</b>	<b>9,299.7</b>	<b>35,376.2</b>	<b>0.0</b>	<b>456,197.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2010</i>			



### Tabla A.3.2.2.5

#### Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2013 (ha)

CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2013
BOSQUE M.	933,122.6	233.9					233.5							933,122.6
BOSQUE I.		15,213.2												15,213.2
BOSQUE S.			299,251.3							929.6				300,414.8
MANGLAR				7,518.1										7,518.1
PLANT LAT					5,151.0									5,151.0
PLANT CON						929.1								929.1
RASTROJO			2,816.7				226,743.2			2,843.3				232,403.2
C. ANUAL								36,233.4						36,233.4
C. PERENNE									20,125.6					20,125.6
PASTO									233.9	377,723.3				377,957.2
HUMEDALES											4,915.9			4,915.9
ASENTAM												11,014.6		11,014.6
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 2014</b>	<b>933,356.5</b>	<b>15,213.2</b>	<b>302,068.0</b>	<b>7,518.1</b>	<b>5,151.0</b>	<b>929.1</b>	<b>226,743.2</b>	<b>36,233.4</b>	<b>20,359.5</b>	<b>381,496.1</b>	<b>4,915.9</b>	<b>11,014.6</b>	<b>0.0</b>	<b>1,944,998.7</b>
CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2013
BOSQUE M.	149,021.6													149,021.6
BOSQUE I.		233.5												233.5
BOSQUE S.			10,971.1											10,971.1
MANGLAR				233.5										233.5
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO							2,090.8							2,090.8
C. ANUAL								0.0						0.0
C. PERENNE									0.0					0.0
PASTO										3,036.0				3,036.0
HUMEDALES											0.0			0.0
ASENTAM												0.0		0.0
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 2014</b>	<b>149,021.6</b>	<b>233.5</b>	<b>10,971.1</b>	<b>233.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2,090.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3,036.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>165,586.6</b>
CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2013
BOSQUE M.	46,284.0													46,284.0
BOSQUE I.		1,895.5												1,895.5
BOSQUE S.			31,112.5											31,112.5
MANGLAR				0.0										0.0
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO							15,091.5			947.8				16,039.2
C. ANUAL								12,320.8						12,320.8
C. PERENNE									8,529.8					8,529.8
PASTO							947.8			73,852.0				74,799.7
HUMEDALES											947.8			947.8
ASENTAM												5,668.4		5,668.4
OTRAS TIER													947.8	947.8
<b>Total 2014</b>	<b>46,284.0</b>	<b>1,895.5</b>	<b>31,112.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>16,039.2</b>	<b>12,320.8</b>	<b>8,529.8</b>	<b>74,799.7</b>	<b>947.8</b>	<b>5,668.4</b>	<b>947.8</b>	<b>198,545.3</b>
CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2013
BOSQUE M.	1,539,648.4	2,549.3					1,167.9			701.7				1,543,833.4
BOSQUE I.		35,524.3												35,524.3
BOSQUE S.			773,219.5				2,331.4	947.8		1,852.9				778,585.4
MANGLAR				122,367.5										122,367.5
PLANT LAT					18,721.8									18,721.8

PLANT CON							2,097.1										2,097.1
RASTROJO	1,876.8		0.0				616,275.3				1,863.5		934.5				620,950.1
C. ANUAL							934.5	109,703.0			923.3						111,560.8
C. PERENNE									66,613.7								66,613.7
PASTO							3,022.2	929.1			918,464.1						922,415.4
HUMEDALES												57,959.8					57,959.8
ASENTAM													68,563.1				68,563.1
OTRAS TIER															1,869.0		1,869.0
<b>Total 2014</b>	<b>1,539,882.3</b>	<b>37,839.7</b>	<b>775,096.3</b>	<b>122,367.5</b>	<b>18,721.8</b>	<b>2,097.1</b>	<b>623,731.3</b>	<b>111,579.8</b>	<b>66,613.7</b>	<b>923,805.6</b>	<b>57,959.8</b>	<b>69,497.5</b>	<b>1,869.0</b>	<b>4,351,061.2</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2013</i>			
BOSQUE M.	178,387.1													178,387.1			
BOSQUE I.		3,492.6												3,492.6			
BOSQUE S.			35,379.7							467.0				35,846.7			
MANGLAR				7,348.5										7,348.5			
PLANT LAT					4,670.1									4,670.1			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							23,062.2							23,062.2			
C. ANUAL								3,481.9						3,481.9			
C. PERENNE									3,090.5					3,090.5			
PASTO							923.3			44,624.5				45,547.9			
HUMEDALES											1,624.5			1,624.5			
ASENTAM												0.0		0.0			
OTRAS TIER													233.5	233.5			
<b>Total 2014</b>	<b>178,387.1</b>	<b>3,492.6</b>	<b>35,379.7</b>	<b>7,348.5</b>	<b>4,670.1</b>	<b>0.0</b>	<b>23,985.5</b>	<b>3,481.9</b>	<b>3,090.5</b>	<b>45,091.5</b>	<b>1,624.5</b>	<b>0.0</b>	<b>233.5</b>	<b>306,785.4</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2013</i>			
BOSQUE M.	1,895.5													1,895.5			
BOSQUE I.		947.8												947.8			
BOSQUE S.			16,111.8											16,111.8			
MANGLAR				0.0										0.0			
PLANT LAT					0.0									0.0			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO			947.8				15,109.6							16,057.3			
C. ANUAL								14,216.3						14,216.3			
C. PERENNE									7,582.0					7,582.0			
PASTO										53,985.5				53,985.5			
HUMEDALES											947.8			947.8			
ASENTAM												2,843.3		2,843.3			
OTRAS TIER													0.0	0.0			
<b>Total 2014</b>	<b>1,895.5</b>	<b>947.8</b>	<b>17,059.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>15,109.6</b>	<b>14,216.3</b>	<b>7,582.0</b>	<b>53,985.5</b>	<b>947.8</b>	<b>2,843.3</b>	<b>0.0</b>	<b>114,587.1</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2013</i>			
BOSQUE M.	7,475.7													7,475.7			
BOSQUE I.		2,344.4												2,344.4			
BOSQUE S.			48,046.9											48,046.9			
MANGLAR				25,200.0										25,200.0			
PLANT LAT					2,788.1									2,788.1			
PLANT CON						934.5								934.5			
RASTROJO			929.6				64,399.1			1,858.5				67,187.2			
C. ANUAL								68,771.9						68,771.9			
C. PERENNE									3,058.6					3,058.6			
PASTO			0.0				1,859.2	929.6		182,925.9				185,714.7			
HUMEDALES											9,299.7			9,299.7			
ASENTAM												35,376.2		35,376.2			
OTRAS TIER													0.0	0.0			
<b>Total 2014</b>	<b>7,475.7</b>	<b>2,344.4</b>	<b>48,976.5</b>	<b>25,200.0</b>	<b>2,788.1</b>	<b>934.5</b>	<b>66,258.3</b>	<b>69,701.6</b>	<b>3,058.6</b>	<b>184,784.4</b>	<b>9,299.7</b>	<b>35,376.2</b>	<b>0.0</b>	<b>456,197.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<i>BOSQUE M.</i>	<i>BOSQUE I.</i>	<i>BOSQUE S.</i>	<i>MANGLAR</i>	<i>PLANT LAT</i>	<i>PLANT CON</i>	<i>RASTROJO</i>	<i>C. ANUAL</i>	<i>C. PERENNE</i>	<i>PASTO</i>	<i>HUMEDALES</i>	<i>ASENTAM</i>	<i>OTRAS TIER</i>	<i>Total 2013</i>			



### Tabla A.3.2.2.6

#### Matrices de uso y cambio de uso de la tierra 2017 (ha)

CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2017
BOSQUE M.	933,122.6													933,122.6
BOSQUE I.		15,213.5												15,213.5
BOSQUE S.			302,297.6							700.9				302,998.5
MANGLAR				7,516.3										7,516.3
PLANT LAT					3,993.4									3,993.4
PLANT CON						228.0								228.0
RASTROJO							226,728.9			233.9				226,962.8
C. ANUAL								34,351.0						34,351.0
C. PERENNE									21,541.0					21,541.0
PASTO					233.5		2,091.6			371,927.8				374,252.9
HUMEDALES											4,915.6			4,915.6
ASENTAM												10,781.1		10,781.1
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 2018</b>	<b>933,122.6</b>	<b>15,213.5</b>	<b>302,297.6</b>	<b>7,516.3</b>	<b>4,227.0</b>	<b>228.0</b>	<b>228,820.5</b>	<b>34,351.0</b>	<b>21,541.0</b>	<b>372,862.6</b>	<b>4,915.6</b>	<b>10,781.1</b>	<b>0.0</b>	<b>1,935,876.7</b>
CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2017
BOSQUE M.	149,021.5													149,021.5
BOSQUE I.		233.8												233.8
BOSQUE S.			11,437.9											11,437.9
MANGLAR				234.0										234.0
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO							1,623.3							1,623.3
C. ANUAL								0.0						0.0
C. PERENNE									0.0					0.0
PASTO										3,036.5				3,036.5
HUMEDALES											0.0			0.0
ASENTAM												0.0		0.0
OTRAS TIER													0.0	0.0
<b>Total 2018</b>	<b>149,021.5</b>	<b>233.8</b>	<b>11,437.9</b>	<b>234.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1,623.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>3,036.5</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>165,587.0</b>
CLIMA TROPICAL MONTANO (TM), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2017
BOSQUE M.	46,284.0													46,284.0
BOSQUE I.		1,895.0												1,895.0
BOSQUE S.			32,078.6											32,078.6
MANGLAR				0.0										0.0
PLANT LAT					0.0									0.0
PLANT CON						0.0								0.0
RASTROJO							17,916.5							17,916.5
C. ANUAL								11,372.8						11,372.8
C. PERENNE									8,529.6					8,529.6
PASTO										71,956.3				71,956.3
HUMEDALES											948.0			948.0
ASENTAM												5,668.0		5,668.0
OTRAS TIER													948.0	948.0
<b>Total 2018</b>	<b>46,284.0</b>	<b>1,895.0</b>	<b>32,078.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>17,916.5</b>	<b>11,372.8</b>	<b>8,529.6</b>	<b>71,956.3</b>	<b>948.0</b>	<b>5,668.0</b>	<b>948.0</b>	<b>197,596.8</b>
CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)														
Uso de la tierra	BOSQUE M.	BOSQUE I.	BOSQUE S.	MANGLAR	PLANT LAT	PLANT CON	RASTROJO	C. ANUAL	C. PERENNE	PASTO	HUMEDALES	ASENTAM	OTRAS TIER	Total 2017
BOSQUE M.	1,524,085.5							934.4						1,527,591.6
BOSQUE I.		41,095.4								701.7				42,725.0
BOSQUE S.			749,190.2							1,629.6				755,735.2
MANGLAR				120,511.5						5,603.6			941.4	120,745.4
PLANT LAT					21,046.3					233.9				21,046.3

PLANT CON							2,798.0										2,798.0
RASTROJO		5,819.8						617,621.0			3,057.8						626,498.6
C. ANUAL									117,731.8								117,731.8
C. PERENNE										65,040.2							65,040.2
PASTO		233.5						4,897.6	1,163.1		929,253.3		929.1				936,476.6
HUMEDALES												56,563.5					56,563.5
ASENTAM													73,680.9				73,680.9
OTRAS TIER															1,869.0		1,869.0
<b>Total 2018</b>	<b>1,524,085.5</b>	<b>42,497.6</b>	<b>755,010.0</b>	<b>120,511.5</b>	<b>21,279.8</b>	<b>2,798.0</b>	<b>622,518.6</b>	<b>119,829.3</b>	<b>65,040.2</b>	<b>940,479.9</b>	<b>56,563.5</b>	<b>76,019.2</b>	<b>1,869.0</b>	<b>4,348,502.0</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<b>BOSQUE M.</b>	<b>BOSQUE I.</b>	<b>BOSQUE S.</b>	<b>MANGLAR</b>	<b>PLANT LAT</b>	<b>PLANT CON</b>	<b>RASTROJO</b>	<b>C. ANUAL</b>	<b>C. PERENNE</b>	<b>PASTO</b>	<b>HUMEDALES</b>	<b>ASENTAM</b>	<b>OTRAS TIER</b>	<b>Total 2017</b>			
BOSQUE M.	178,386.8									233.5				178,620.3			
BOSQUE I.		3,492.9												3,492.9			
BOSQUE S.			36,324.0							467.0				36,791.0			
MANGLAR				7,348.2										7,348.2			
PLANT LAT					3,736.2									3,736.2			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							22,117.5	233.5						22,351.0			
C. ANUAL								3,725.9						3,725.9			
C. PERENNE									3,090.7					3,090.7			
PASTO										43,913.0				43,913.0			
HUMEDALES											1,624.7			1,624.7			
ASENTAM												0.0		0.0			
OTRAS TIER													233.5	233.5			
<b>Total 2018</b>	<b>178,386.8</b>	<b>3,492.9</b>	<b>36,324.0</b>	<b>7,348.2</b>	<b>3,736.2</b>	<b>0.0</b>	<b>22,117.5</b>	<b>3,959.4</b>	<b>3,090.7</b>	<b>44,613.5</b>	<b>1,624.7</b>	<b>0.0</b>	<b>233.5</b>	<b>304,927.4</b>			
<b>CLIMA TROPICAL MUY HUMEDO (TMH), SUELOS VOLCÁNICOS (VOL)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<b>BOSQUE M.</b>	<b>BOSQUE I.</b>	<b>BOSQUE S.</b>	<b>MANGLAR</b>	<b>PLANT LAT</b>	<b>PLANT CON</b>	<b>RASTROJO</b>	<b>C. ANUAL</b>	<b>C. PERENNE</b>	<b>PASTO</b>	<b>HUMEDALES</b>	<b>ASENTAM</b>	<b>OTRAS TIER</b>	<b>Total 2017</b>			
BOSQUE M.	1,896.0													1,896.0			
BOSQUE I.		947.8												947.8			
BOSQUE S.			21,743.8											21,743.8			
MANGLAR				0.0										0.0			
PLANT LAT					0.0									0.0			
PLANT CON						0.0								0.0			
RASTROJO							15,686.5							15,686.5			
C. ANUAL								16,111.8						16,111.8			
C. PERENNE									7,582.0					7,582.0			
PASTO										57,776.5				57,776.5			
HUMEDALES											947.8			947.8			
ASENTAM												4,738.8		4,738.8			
OTRAS TIER													0.0	0.0			
<b>Total 2018</b>	<b>1,896.0</b>	<b>947.8</b>	<b>21,743.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>15,686.5</b>	<b>16,111.8</b>	<b>7,582.0</b>	<b>57,776.5</b>	<b>947.8</b>	<b>4,738.8</b>	<b>0.0</b>	<b>127,430.9</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE BAJA ACTIVIDAD (BA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<b>BOSQUE M.</b>	<b>BOSQUE I.</b>	<b>BOSQUE S.</b>	<b>MANGLAR</b>	<b>PLANT LAT</b>	<b>PLANT CON</b>	<b>RASTROJO</b>	<b>C. ANUAL</b>	<b>C. PERENNE</b>	<b>PASTO</b>	<b>HUMEDALES</b>	<b>ASENTAM</b>	<b>OTRAS TIER</b>	<b>Total 2017</b>			
BOSQUE M.	8,405.0													8,405.0			
BOSQUE I.		2,344.5												2,344.5			
BOSQUE S.			47,375.4							233.5				47,608.9			
MANGLAR				25,200.1										25,200.1			
PLANT LAT					3,717.7									3,717.7			
PLANT CON						934.5								934.5			
RASTROJO							69,278.4							69,278.4			
C. ANUAL								64,127.7						64,127.7			
C. PERENNE									3,058.5					3,058.5			
PASTO										186,614.9				190,350.1			
HUMEDALES											9,299.9			9,299.9			
ASENTAM												34,446.2		34,446.2			
OTRAS TIER													-0.2	-0.2			
<b>Total 2018</b>	<b>8,405.0</b>	<b>2,344.5</b>	<b>47,375.4</b>	<b>25,200.1</b>	<b>3,717.7</b>	<b>934.5</b>	<b>70,226.1</b>	<b>66,915.1</b>	<b>3,058.5</b>	<b>186,848.4</b>	<b>9,299.9</b>	<b>34,446.2</b>	<b>-0.2</b>	<b>458,771.3</b>			
<b>CLIMA TROPICAL HUMEDO (TH), SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA ACTIVIDAD (AA)</b>																	
<i>Uso de la tierra</i>	<b>BOSQUE M.</b>	<b>BOSQUE I.</b>	<b>BOSQUE S.</b>	<b>MANGLAR</b>	<b>PLANT LAT</b>	<b>PLANT CON</b>	<b>RASTROJO</b>	<b>C. ANUAL</b>	<b>C. PERENNE</b>	<b>PASTO</b>	<b>HUMEDALES</b>	<b>ASENTAM</b>	<b>OTRAS TIER</b>	<b>Total 2017</b>			



### ANEXO 3.2.3. Desagregación de la superficie de tierras de cultivo

Tabla A.3.2.3.1

Tierras de cultivo: prácticas de gestión por zona climática y tipo de suelo 1994 (ha)

CULTIVOS ANUALES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	5,047.1	0.0	3,738.3	10,489.7	275.9	5,576.1	8,478.3	4,799.0	0.0
	medio	11,375.6	0.0	2,212.6	38,954.1	533.6	3,365.9	23,169.9	1,580.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	425.4	0.0	215.2	982.5	28.1	296.5	411.3	33.6	0.0
	medio	52.6	0.0	33.7	103.8	2.4	47.0	25.6	0.5	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	11,908.8	0.0	3,292.5	31,881.2	1,214.9	4,937.9	26,672.8	17,496.6	0.0
	medio	5,120.3	0.0	1,008.1	17,417.9	250.6	1,527.2	10,233.0	691.2	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>33,929.8</b>	<b>0.0</b>	<b>10,500.5</b>	<b>99,829.1</b>	<b>2,305.4</b>	<b>15,750.8</b>	<b>68,991.0</b>	<b>24,600.9</b>	<b>0.0</b>
CULTIVOS PERENNES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	124.5	0.0	71.1	833.8	17.0	46.3	46.8	0.0	0.0
	medio	426.6	0.0	235.9	5,112.5	7.4	197.6	396.9	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	173.9	0.0	95.7	2,218.0	0.0	82.8	175.9	0.0	0.0
	medio	8,717.4	0.0	2,399.4	47,273.2	2,684.1	3,705.7	1,856.3	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	979.3	0.0	457.6	6,438.9	159.7	396.2	98.0	0.0	0.0
	medio	15,555.9	0.0	3,913.8	19,796.5	1,030.4	2,744.8	88.9	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>25,977.6</b>	<b>0.0</b>	<b>7,173.4</b>	<b>81,673.0</b>	<b>3,898.6</b>	<b>7,173.4</b>	<b>2,662.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2017*.

**Tabla A.3.2.3.2**

Tierras de cultivo: prácticas de gestión por zona climática y tipo de suelo 2000 (ha)

CULTIVOS ANUALES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	3,798.5	0.0	3,142.9	9,072.0	326.0	3,976.9	8,735.9	5,245.3	0.0
	medio	16,504.2	0.0	3,700.1	57,687.0	944.7	4,676.2	31,273.3	2,392.7	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	364.3	0.0	182.9	970.1	33.0	201.1	642.1	94.4	0.0
	medio	77.7	0.0	62.4	150.8	3.9	72.0	32.5	0.6	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	11,147.0	0.0	3,617.7	30,403.5	1,386.8	4,497.6	23,267.4	17,106.1	0.0
	medio	1,530.4	0.0	667.0	4,458.3	86.9	792.5	2,035.6	140.5	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>33,422.1</b>	<b>0.0</b>	<b>11,373.0</b>	<b>102,741.7</b>	<b>2,781.3</b>	<b>14,216.3</b>	<b>65,986.7</b>	<b>24,979.7</b>	<b>0.0</b>
CULTIVOS PERENNES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	159.5	0.0	150.1	852.5	25.8	74.5	38.4	0.0	0.0
	medio	425.9	0.0	386.7	4,515.2	10.7	254.3	316.9	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	167.6	0.0	151.2	1,939.1	0.0	104.1	140.2	0.0	0.0
	medio	6,810.0	0.0	3,230.0	35,807.6	2,080.7	3,796.8	1,429.7	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	1,133.1	0.0	743.5	8,622.7	161.1	673.5	129.5	0.0	0.0
	medio	11,897.0	0.0	4,816.1	14,883.5	812.3	2,678.8	56.2	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>20,593.0</b>	<b>0.0</b>	<b>9,477.5</b>	<b>66,620.6</b>	<b>3,090.5</b>	<b>7,582.0</b>	<b>2,110.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2017*.

**Tabla A.3.2.3.3**

Tierras de cultivo: prácticas de gestión por zona climática y tipo de suelo 2005 (ha)

CULTIVOS ANUALES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	5,109.8	0.0	4,049.0	11,113.6	360.7	5,703.9	7,880.6	4,872.9	0.0
	medio	11,516.9	0.0	2,396.4	41,271.1	697.7	3,443.1	21,536.6	1,604.3	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	430.7	0.0	233.1	1,041.0	36.7	303.3	382.3	34.2	0.0
	medio	53.2	0.0	36.5	110.0	3.2	48.1	23.8	0.5	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	12,056.7	0.0	3,566.1	33,777.5	1,588.8	5,051.1	24,792.5	17,766.0	0.0
	medio	5,183.9	0.0	1,091.9	18,453.9	327.7	1,562.2	9,511.6	701.8	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>34,351.2</b>	<b>0.0</b>	<b>11,373.0</b>	<b>105,767.0</b>	<b>3,014.8</b>	<b>16,111.8</b>	<b>64,127.5</b>	<b>24,979.7</b>	<b>0.0</b>
CULTIVOS PERENNES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	103.2	0.0	84.5	689.7	13.5	67.3	53.7	0.0	0.0
	medio	353.8	0.0	280.5	4,228.8	5.9	287.2	455.9	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	144.2	0.0	113.8	1,834.6	0.0	120.4	202.0	0.0	0.0
	medio	7,228.5	0.0	2,853.0	39,101.6	2,127.8	5,385.6	2,132.3	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	812.1	0.0	544.1	5,325.9	126.6	575.7	112.6	0.0	0.0
	medio	12,899.1	0.0	4,653.9	16,374.5	816.8	3,989.1	102.1	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>21,540.8</b>	<b>0.0</b>	<b>8,529.8</b>	<b>67,555.1</b>	<b>3,090.5</b>	<b>10,425.3</b>	<b>3,058.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2017*.

**Tabla A.3.2.3.4**

Tierras de cultivo: prácticas de gestión por zona climática y tipo de suelo 2010 (ha)

CULTIVOS ANUALES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	4,833.0	0.0	3,663.3	11,439.2	515.6	4,535.7	10,297.6	6,964.5	0.0
	medio	12,292.3	0.0	2,926.5	41,894.6	830.4	3,632.2	22,153.0	1,803.5	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	291.9	0.0	208.5	668.0	20.5	228.9	459.7	78.2	0.0
	medio	82.5	0.0	61.0	169.1	6.3	69.3	39.0	0.9	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	8,601.2	0.0	3,205.6	22,421.5	1,209.2	3,907.8	17,255.8	13,861.7	0.0
	medio	9,432.2	0.0	2,255.8	31,972.5	666.3	2,790.1	16,709.1	1,347.6	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>35,532.9</b>	<b>0.0</b>	<b>12,320.8</b>	<b>108,564.7</b>	<b>3,248.4</b>	<b>15,164.0</b>	<b>66,914.2</b>	<b>24,056.4</b>	<b>0.0</b>
CULTIVOS PERENNES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	473.8	0.0	378.8	1,772.0	106.5	210.7	67.2	17.8	0.0
	medio	583.0	0.0	451.2	4,890.6	48.4	331.5	458.1	160.4	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	172.1	0.0	130.7	1,912.4	0.0	110.3	200.1	71.3	0.0
	medio	5,200.8	0.0	2,259.6	29,356.3	1,616.0	3,026.7	1,961.7	673.8	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	2,151.8	0.0	1,310.7	13,633.8	387.3	1,228.6	283.9	0.0	0.0
	medio	11,544.1	0.0	3,998.7	15,990.0	932.3	2,674.1	87.7	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>20,125.6</b>	<b>0.0</b>	<b>8,529.8</b>	<b>67,555.1</b>	<b>3,090.5</b>	<b>7,582.0</b>	<b>3,058.6</b>	<b>923.3</b>	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2017*.

**Tabla A.3.2.3.5**

Tierras de cultivo: prácticas de gestión por zona climática y tipo de suelo 2013 (ha)

CULTIVOS ANUALES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	6,184.6	0.0	3,898.7	14,848.3	724.1	4,534.7	12,630.5	9,447.9	0.0
	medio	13,795.1	0.0	3,096.8	47,504.8	964.8	3,615.4	25,623.0	2,081.3	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	359.6	0.0	263.5	758.7	23.6	277.2	372.0	52.8	0.0
	medio	89.5	0.0	73.5	165.4	4.8	78.6	33.8	0.6	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	8,998.9	0.0	3,320.8	23,432.7	1,278.4	3,785.8	17,944.9	14,266.8	0.0
	medio	6,805.7	0.0	1,667.5	22,993.1	486.1	1,924.6	12,167.8	976.9	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>36,233.4</b>	<b>0.0</b>	<b>12,320.8</b>	<b>109,703.0</b>	<b>3,481.9</b>	<b>14,216.3</b>	<b>68,771.9</b>	<b>26,826.3</b>	<b>0.0</b>
CULTIVOS PERENNES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	445.8	0.0	376.9	1,452.1	99.7	184.5	60.6	17.7	0.0
	medio	521.5	0.0	425.3	4,014.4	34.9	282.2	416.2	159.7	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	169.0	0.0	135.7	1,621.4	0.0	100.6	182.6	71.0	0.0
	medio	5,587.8	0.0	2,497.8	26,271.0	1,798.6	3,009.0	1,809.9	674.9	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	2,628.0	0.0	1,219.0	21,007.8	317.7	1,705.7	519.5	0.0	0.0
	medio	10,773.5	0.0	3,875.0	12,247.0	839.5	2,300.0	69.8	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>20,125.6</b>	<b>0.0</b>	<b>8,529.8</b>	<b>66,613.7</b>	<b>3,090.5</b>	<b>7,582.0</b>	<b>3,058.6</b>	<b>923.3</b>	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2017*.

**Tabla A.3.2.3.6**

Tierras de cultivo: prácticas de gestión por zona climática y tipo de suelo 2017 (ha)

CULTIVOS ANUALES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	6,698.2	0.0	3,982.0	18,150.5	895.5	5,664.0	13,402.9	10,206.8	0.0
	medio	15,309.0	0.0	3,268.9	59,744.6	1,252.1	4,695.7	28,079.5	2,364.7	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	221.4	0.0	138.9	580.9	19.5	177.0	339.7	58.4	0.0
	medio	45.4	0.0	37.6	90.1	2.2	49.6	14.8	0.2	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	7,368.1	0.0	2,753.0	21,382.3	1,179.4	3,843.1	14,128.4	11,653.1	0.0
	medio	4,709.0	0.0	1,192.3	17,783.4	377.2	1,682.4	8,162.4	679.7	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>34,351.0</b>	<b>0.0</b>	<b>11,372.8</b>	<b>117,731.8</b>	<b>3,725.9</b>	<b>16,111.8</b>	<b>64,127.7</b>	<b>24,963.0</b>	<b>0.0</b>
CULTIVOS PERENNES										
Prácticas de Gestión		Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
Laboreo	Entrada de MO	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Total	bajo	433.8	0.0	343.2	1,133.4	69.3	150.8	56.4	17.6	0.0
	medio	688.7	0.0	525.4	4,066.7	28.5	312.1	421.9	158.4	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducido	bajo	237.7	0.0	179.0	1,677.0	0.0	116.5	185.7	70.4	0.0
	medio	8,984.3	0.0	3,626.0	29,548.7	2,266.7	3,962.5	1,873.3	676.9	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin laboreo	bajo	3,222.7	0.0	1,338.2	19,645.0	275.1	1,758.5	481.0	0.0	0.0
	medio	7,973.8	0.0	2,517.7	8,969.4	451.1	1,281.5	40.2	0.0	0.0
	alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total (ha)</b>		<b>21,541.0</b>	<b>0.0</b>	<b>8,529.6</b>	<b>65,040.2</b>	<b>3,090.7</b>	<b>7,582.0</b>	<b>3,058.5</b>	<b>923.3</b>	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el *Mapatón 2017*.

### ANEXO 3.2.4. Desagregación de la superficie de pastizales

Tabla A.3.2.4.1

Pastizales: prácticas de gestión por zona climática y tipo de suelo, por año (ha)

1994									
Prácticas de Gestión	Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Pasto no degradado*	47,485.4	0.0	21,419.7	63,105.4	0.0	8,707.6	0.0	0.0	0.0
Pastizal moderadamente degradado	135,379.0	914.0	15,996.5	410,506.7	909.0	11,843.7	136,246.8	18,270.4	0.0
Severamente degradados	134,324.1	2,055.4	11,602.3	292,921.1	40,670.9	3,958.0	54,321.2	59,362.0	0.0
Pastizal mejorado	12,604.0	0.0	15,172.3	78,747.0	0.0	16,623.7	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>329,792.5</b>	<b>2,969.4</b>	<b>64,190.8</b>	<b>845,280.2</b>	<b>41,579.9</b>	<b>41,133.0</b>	<b>190,568.0</b>	<b>77,632.4</b>	<b>0.0</b>
2000									
Prácticas de Gestión	Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Pasto no degradado*	52,644.1	0.0	22,746.0	66,262.3	0.0	10,425.3	0.0	0.0	0.0
Pastizal moderadamente degradado	150,086.3	934.5	16,987.0	431,042.1	934.5	14,180.0	131,911.4	17,570.9	0.0
Severamente degradados	148,916.9	2,101.5	12,320.8	307,574.3	41,811.3	4,738.8	52,592.7	57,089.2	0.0
Pastizal mejorado	13,973.3	0.0	16,111.8	82,686.3	0.0	19,902.8	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>365,620.6</b>	<b>3,036.0</b>	<b>68,165.5</b>	<b>887,564.9</b>	<b>42,745.8</b>	<b>49,246.8</b>	<b>184,504.1</b>	<b>74,660.0</b>	<b>0.0</b>
2005									
Prácticas de Gestión	Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Pasto no degradado*	52,644.1	0.0	21,798.3	92,313.3	0.0	10,425.3	0.0	0.0	0.0
Pastizal moderadamente degradado	225,751.9	3,036.0	19,830.2	573,493.4	19,147.9	14,180.0	157,889.5	41,598.5	0.0
Severamente degradados	78,611.2	0.0	0.0	154,768.5	24,765.4	0.0	28,724.8	33,295.1	0.0
Pastizal mejorado	14,921.0	0.0	30,328.0	82,686.3	0.0	23,693.8	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>371,928.2</b>	<b>3,036.0</b>	<b>71,956.5</b>	<b>903,261.4</b>	<b>43,913.3</b>	<b>48,299.0</b>	<b>186,614.3</b>	<b>74,893.6</b>	<b>0.0</b>
2010									
Prácticas de Gestión	Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Pasto no degradado*	97,611.8	0.0	30,576.8	165,168.4	0.0	21,792.3	1,253.0	0.0	0.0
Pastizal moderadamente degradado	190,162.0	2,053.7	17,228.9	532,568.3	18,277.9	3,025.0	149,725.3	29,324.3	0.0
Severamente degradados	66,772.5	982.3	0.0	126,855.9	26,335.9	0.0	31,894.8	45,808.4	0.0
Pastizal mejorado	19,659.7	0.0	25,098.6	89,667.1	0.0	27,272.7	2,831.1	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>374,205.9</b>	<b>3,036.0</b>	<b>72,904.2</b>	<b>914,259.7</b>	<b>44,613.8</b>	<b>52,090.0</b>	<b>185,704.3</b>	<b>75,132.6</b>	<b>0.0</b>
2013									
Prácticas de Gestión	Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Pasto no degradado*	62,631.9	0.0	17,059.5	99,758.2	0.0	13,268.5	9,296.1	0.0	0.0
Pastizal moderadamente degradado	197,727.0	3,036.0	11,300.5	593,825.5	31,395.2	3,754.7	144,044.7	20,139.4	0.0
Severamente degradados	70,282.5	0.0	0.0	113,001.4	13,229.3	0.0	29,585.1	51,767.0	0.0
Pastizal mejorado	47,081.8	0.0	45,492.0	111,879.0	0.0	36,962.3	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>377,723.3</b>	<b>3,036.0</b>	<b>73,852.0</b>	<b>918,464.1</b>	<b>44,624.5</b>	<b>53,985.5</b>	<b>182,925.9</b>	<b>71,906.4</b>	<b>0.0</b>

2017									
Prácticas de Gestión	Tropical montano (TM)			Tropical muy húmedo (TMH)			Tropical húmedo (TH)		
	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico	Suelos Arcillosos de Baja Actividad	Suelos Arcillosos de Alta Actividad	Volcánico
Pasto no degradado*	43,067.9	0.0	9,003.2	53,146.3	0.0	13,955.3	9,483.8	0.0	0.0
Pastizal moderadamente degradado	189,798.1	3,036.5	10,734.9	618,714.3	31,161.5	3,949.1	159,188.3	29,458.9	0.0
Severamente degradados	65,856.1	0.0	0.0	94,010.3	12,751.5	0.0	17,942.8	44,043.3	0.0
Pastizal mejorado	73,205.7	0.0	52,218.3	163,382.5	0.0	39,872.2	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>371,927.8</b>	<b>3,036.5</b>	<b>71,956.3</b>	<b>929,253.3</b>	<b>43,913.0</b>	<b>57,776.5</b>	<b>186,614.9</b>	<b>73,502.1</b>	<b>0.0</b>

Nota: (\*) se refiere a pasto gestionado.

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en el Mapatón 2017.

## ANEXO 3.2.5. Factores de emisión y otros parámetros aplicados

**Tabla A.3.2.5.1**

Tierras forestales: factores de emisión y otros parámetros aplicados

Parámetro	Notación	Unidad	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente	
				TM	TMH	TH		
Fracción de carbono de la materia seca	CF	t C tdm <sup>-1</sup>	Bosque Maduro	0.490	0.490	0.490	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.57, Cuadro 4.3 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Bosque Intervenido	0.490	0.490	0.490		
			Bosque Secundario	0.490	0.490	0.490		
			Manglar	0.450	0.450	0.450	Cap. 4, Pág. 4.13, Cuadro 4.2 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Plantaciones, Latifoliadas	0.490	0.490	0.490	Vol.4, Cap. 4, Pág. 4.57, Cuadro 4.3 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Plantaciones, Coníferas	0.490	0.490	0.490		
Promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea	G <sub>w</sub>	t dm ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Rastrojos	0.460	0.460	0.460	Criterio técnico (Consenso MiAMBIENTE)	
			Bosque Maduro	0.000	0.000	0.000		
			Bosque Intervenido	2.000	3.100	2.000		
			Bosque Secundario	2.000	3.100	2.000		
			Manglar	2.000	3.100	2.000		Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.66, Cuadro 4.9 (Directrices del IPCC de 2006)
			Plantaciones, Latifoliadas	13.700	18.400	16.600		Herrera, C. 2020. Informe de consultoría - MiAMBIENTE/PNUD. Panamá
Relación entre la biomasa subterránea y la aérea	R	t raíz dm (t dm) <sup>-1</sup>	Bosque Maduro	0.240	0.240	0.240	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.58, Cuadro 4.4 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Bosque Intervenido	0.240	0.240	0.240		
			Bosque Secundario	0.270	0.240	0.240		
			Manglar	0.490	0.490	0.490	Cap. 4, Pág. 4.13, Cuadro 4.5 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Plantaciones, Latifoliadas	0.270	0.240	0.240	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.58, Cuadro 4.4 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Plantaciones, Coníferas	0.270	0.240	0.240		
Densidad básica de la madera	D	t m <sup>3</sup>	Plantaciones, Latifoliadas	0.650	0.650	0.650	Chávez, E y Fonseca, W. 1991	
			Plantaciones, Coníferas	0.510	0.510	0.510	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.77, Cuadro 4.13 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Leña	0.567	0.567	0.567	Datos estimados con la densidad de 12 especies utilizadas para leña en Panamá	
			Bosque Maduro	160.550	160.550	160.550	Datos nacionales (INFC)	
Bosque Intervenido	94.170	94.170	94.170					
Bosque Secundario	94.170	94.170	94.170					
Existencias de biomasa aérea	B-Bw	t dm ha <sup>-1</sup>	Manglar	75.670	75.670	75.670	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.63, Cuadros 4.8 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Plantaciones, Latifoliadas	150.000	240.000	120.000		
			Plantaciones, Coníferas	300.000	270.000	270.000		
			Rastrojos	28.720	28.720	28.720	Datos nacionales (INFC)	
			Bosque Maduro	199.082	199.082	199.082	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 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Bosque Intervenido	116.771	116.771	116.771		
Bosque Secundario	119.596	116.771	116.771					
Manglar	112.748	112.748	112.748					
Plantaciones, Latifoliadas	190.500	297.600	148.800					
Plantaciones, Coníferas	381.000	334.800	334.800					
Lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra	T	año	Rastrojos	40.208	40.208	40.208	Criterio técnico (Consenso MiAMBIENTE)	
			Bosque Maduro	1.000	1.000	1.000		
			Bosque Intervenido	1.000	1.000	1.000		
			Bosque Secundario	1.000	1.000	1.000		
			Manglar	1.000	1.000	1.000		
			Plantaciones, Latifoliadas	1.000	1.000	1.000		
Existencias de carbono de referencia	SOC <sub>REF</sub>	t C ha <sup>-1</sup>	Suelos de baja actividad	63.000	60.000	47.000	Vol. 4. Cap. 2, Pág. 2.36, Cuadro 2.3 (Directrices del IPCC de 2006)	
			Suelos de alta actividad	88.000	44.000	65.000		
			Suelos volcánicos	80.000	130.000	70.000		
			Suelos de humedales	86.000	86.000	86.000		

Parámetro	Notación	Unidad	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente
				TM	TMH	TH	
Factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen comerciable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza)	BCEF <sub>r</sub>	t remoción de biomasa m <sup>3</sup> de remociones	Bosque Maduro	1.440	1.440	1.440	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.59, Cuadro 4.5 (Directrices del IPCC de 2006)
			Bosque Intervenido	1.440	1.440	1.440	
			Bosque Secundario	1.440	1.440	1.440	
			Manglar	1.440	1.440	1.440	
			Plantaciones de latifoliadas	1.050	1.050	1.050	
			Plantaciones de coníferas	0.770	0.770	0.770	
			Rastrojos	3.110	3.110	3.110	
Existencias de madera muerta/hojarasca	C <sub>m</sub> -o	t C ha <sup>-1</sup>	Bosque Maduro	20.900	20.900	20.900	Datos nacionales (INFC)
			Bosque Intervenido	15.180	15.180	15.180	
			Bosque Secundario	15.180	15.180	15.180	
			Manglar	10.880	10.880	10.880	
			Plantaciones, Latifoliadas	6.140	6.140	6.140	
			Plantaciones, Coníferas	6.130	6.130	6.130	
			Rastrojos	13.590	13.590	13.590	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>LU</sub>		Bosques	1.000	1.000	1.000	
			Plantaciones	1.000	1.000	1.000	
			Rastrojos	0.800	0.800	0.800	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>MG</sub>		Bosques	1.000	1.000	1.000	Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.20. Cuadro 5.5 (Directrices del IPCC de 2006)
			Plantaciones	1.000	1.000	1.000	
			Rastrojos	1.000	1.000	1.000	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F <sub>i</sub>		Bosques	1.000	1.000	1.000	
			Plantaciones	1.000	1.000	1.000	
			Rastrojos	1.000	1.000	1.000	
Fracción de biomasa perdida en la perturbación	fd		Bosque Maduro	0.200	0.200	0.200	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)
			Bosque Intervenido	0.200	0.200	0.200	
			Bosque Secundario	0.200	0.200	0.200	
			Manglar	0.200	0.200	0.200	
			Plantaciones, Latifoliadas	0.200	0.200	0.200	
			Plantaciones, Coníferas	0.150	0.150	0.150	
Existencias de biomasa inmediatamente después de la conversión	B <sub>DESPUES</sub>	t dm ha <sup>-1</sup>	Plantaciones de latifoliadas	13.650	18.369	16.588	Herrera, C. 2020. Informe de consultoría - MiAMBIENTE/PNUD. Panamá Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.66, Cuadro 4.9 (Directrices del IPCC de 2006)
			Plantaciones de coníferas	26.169	20.800	17.329	
			Rastrojos	7.000	11.000	7.000	

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.5.2**

*Tierras de cultivo: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Notación	Unidad	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente
				TM	TMH	TH	
Pérdida de carbono en la biomasa aérea	L	t C ha <sup>-1</sup>	Cultivos anuales	4.699	4.699	4.699	Datos nacionales (INFC) Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.11. Cuadro 5.1 (Directrices del IPCC de 2006)
			Cultivo perenne	23.990	23.990	23.990	
Tasa de acumulación de biomasa (G)	G	t C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Cultivos anuales	2.600	10.000	2.600	Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.10, Cuadro 5.1 (Directrices del IPCC de 2006)
			Cultivo perenne	2.600	10.000	2.600	
Existencias de carbono de referencia (SOCREF)	SOCREF	t C ha <sup>-1</sup>	Suelos de baja actividad	63.000	60.000	47.000	Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.36, Cuadro 2.3 (Directrices del IPCC de 2006)
			Suelos de alta actividad	88.000	44.000	65.000	
			Suelos volcánicos	80.000	130.000	70.000	
			Suelos de humedales	86.000	86.000	86.000	
Factor de cambio de existencias para el sistema o subsistema de uso de la tierra	F <sub>LU</sub>		Cultivo anual	0.640	0.480	0.480	
			Arroz bajo fangueo	1.100	1.100	1.100	
			Cultivo de perenne	1.000	1.000	1.000	
			De reserva < de 20 años (Rastrojos)	0.880	0.820	0.820	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>MG</sub>		Total	1.000	1.000	1.000	Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.20. Cuadro 5.5 (Directrices del IPCC de 2006)
			Reducido	1.090	1.150	1.150	
			Sin laboreo	1.160	1.220	1.220	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F <sub>I</sub>		Bajo	0.940	0.920	0.920	
			Medio	1.000	1.000	1.000	
			Alto sin estiércol	1.080	1.110	1.110	
			Alto con estiércol	1.410	1.440	1.440	
Reservas de biomasa	B	t dm ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual	9.590	9.590	9.590	
			Cultivo perenne	48.960	48.960	48.960	
Existencias de biomasa leñosa aérea y subterránea			Cultivo anual	13.138	13.138	13.138	Datos nacionales (INFC)
			Cultivo perenne	67.075	67.075	67.075	
			Cultivo anual y perenne (biomasa leñosa)	0.490	0.490	0.490	
Fracción de carbono de la materia seca	CF	t C ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual y perenne (biomasa no leñosa)	0.470	0.470	0.470	Vol. 4, Cap. 4, Pág. 4.57. Cuadro 4.3 (Directrices del IPCC de 2006)
			Cultivo anual y perenne (biomasa leñosa)	0.490	0.490	0.490	
Existencia de carbono en la biomasa en tierras de cultivo al año siguiente de la conversión	ΔC <sub>G</sub>	t C ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual	2.600	10.000	2.600	Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.33. Cuadro 5.9 (Directrices del IPCC de 2006)
			Cultivo perenne	2.600	10.000	2.600	
Reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa leñosa aérea	ΔC <sub>L</sub>	t C ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual	21.000	50.000	21.000	Vol. 4, Cap. 5, Pág. 5.10. Cuadro 5.1 (Directrices del IPCC de 2006)
			Cultivo perenne	21.000	50.000	21.000	
Existencias de madera muerta/hojarasca	Co-n	t C ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual	8.720	8.720	8.720	Datos nacionales - INFC
			Cultivo perenne	5.050	5.050	5.050	
Lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra	T <sub>on</sub>	año	Cultivo anual	1.000	1.000	1.000	Valor por defecto (Directrices del IPCC de 2006)
			Cultivo perenne	1.000	1.000	1.000	
Existencias de biomasa subterránea		t dm ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual	3.548	3.548	3.548	
			Cultivo perenne	18.115	18.115	18.115	
Existencias de madera muerta		t C ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual	7.550	7.550	7.550	Datos nacionales (INFC)
			Cultivo perenne	4.050	4.050	4.050	
Existencias de hojarasca		t C ha <sup>-1</sup>	Cultivo anual	1.170	1.170	1.170	
			Cultivo perenne	1.000	1.000	1.000	
Masa de combustible disponible para la combustión. Tierras de cultivo y Tierras de Pastizales	MB		Residuos de maíz	10.000	10.000	10.000	Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.51. Cuadro 2.4 (Directrices del IPCC de 2006)
			Residuos de arroz	5.500	5.500	5.500	
			Caña de azúcar	6.500	6.500	6.500	
Factor de combustión	C <sub>f</sub>		Residuos de maíz	0.800	0.800	0.800	Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.54. Cuadro 2.6 (Directrices del IPCC de 2006)
			Residuos de arroz	0.800	0.800	0.800	
			Caña de azúcar	0.800	0.800	0.800	

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.5.3**

*Pastizales: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Notación	Unidad	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente
				TM	TMH	TH	
Relación entre la biomasa subterránea y la aérea	R	t dm t dm <sup>-1</sup>	Pastizales	1.600	1.600	1.600	Vol. 4, Cap. 6, Pág. 6.8. Cuadro 6.1 (Directrices del IPCC de 2006)
Fracción de carbono de materia seca	CF	t C t dm <sup>-1</sup>	Pastizales	0.490	0.490	0.490	Cap. 4, Pág. 4.57, Cuadro 4.3 (Directrices del IPCC de 2006)
Factor de cambio de existencias para el sistema de uso de la tierra	F <sub>LU</sub>		Pastizales	1.000	1.000	1.000	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión	F <sub>MG</sub>		No degradado	1.000	1.000	1.000	Vol. 4, Cap. 6, Pág. 6.19, Cuadro 6.2 (Directrices del IPCC de 2006)
			Moderadamente degradado	0.960	0.970	0.970	
			Severamente degradado	0.700	0.700	0.700	
			Pasto mejorado	1.160	1.170	1.170	
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	F <sub>I</sub>		Medio	1.000	1.000	1.000	
			Alto	1.110	1.110	1.110	
Reservas de biomasa de especies leñosas	B-Bw	t dm ha <sup>-1</sup>	Pastizales	12.720	12.720	12.720	Datos nacionales (INFC)
Existencias de biomasa aérea y subterránea		t dm ha <sup>-1</sup>		17.426	17.426	17.426	
Existencias de madera muerta/hojarasca	Co-n	t dm ha <sup>-1</sup>	Pastizales	1.750	1.750	1.750	
Existencias de biomasa aérea		t dm ha <sup>-1</sup>	Pastizales	12.720	12.720	12.720	
Existencias de biomasa subterránea		t dm ha <sup>-1</sup>	Pastizales	4.706	4.706	4.706	
Existencias de madera muerta		t dm ha <sup>-1</sup>	Pastizales	1.450	1.450	1.450	
Existencias hojarasca		t dm ha <sup>-1</sup>	Pastizales	0.300	0.300	0.300	
Masa de combustible disponible para la combustión. Tierras de cultivo y Tierras de Pastizales	MB		Pastos	23.700	23.700	23.700	
Factor de combustión	C <sub>f</sub>		Pastos	0.200	0.200	0.200	Vol. 4, Cap. 2, Pág. 2.54. Cuadro 2.6 (Directrices del IPCC de 2006)

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en las fuentes citadas.

**Tabla A.3.2.5.4**

*Asentamientos: factores de emisión y otros parámetros aplicados*

Parámetro	Notación	Unidad	Subcategoría	Regiones climáticas			Fuente
				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>		Bosque	0.800	0.800	0.800	Vol. 4. Cap. 8. Sección 8.3.3.2. Pág. 8.28 (Directrices del IPCC de 2006)
			Cultivos	0.800	0.800	0.800	
			Pastizales	0.800	0.800	0.800	
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión en el último año de un período de inventario	F <sub>MG(0)</sub>		Bosque	0.800	0.800	0.800	
			Cultivos	0.800	0.800	0.800	
			Pastizales	0.800	0.800	0.800	
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>		Bosque	0.800	0.800	0.800	
			Cultivos	0.800	0.800	0.800	
			Pastizales	0.800	0.800	0.800	

Fuente: Elaboración propia del Departamento de Mitigación del Ministerio de Ambiente con base en las fuentes citadas.