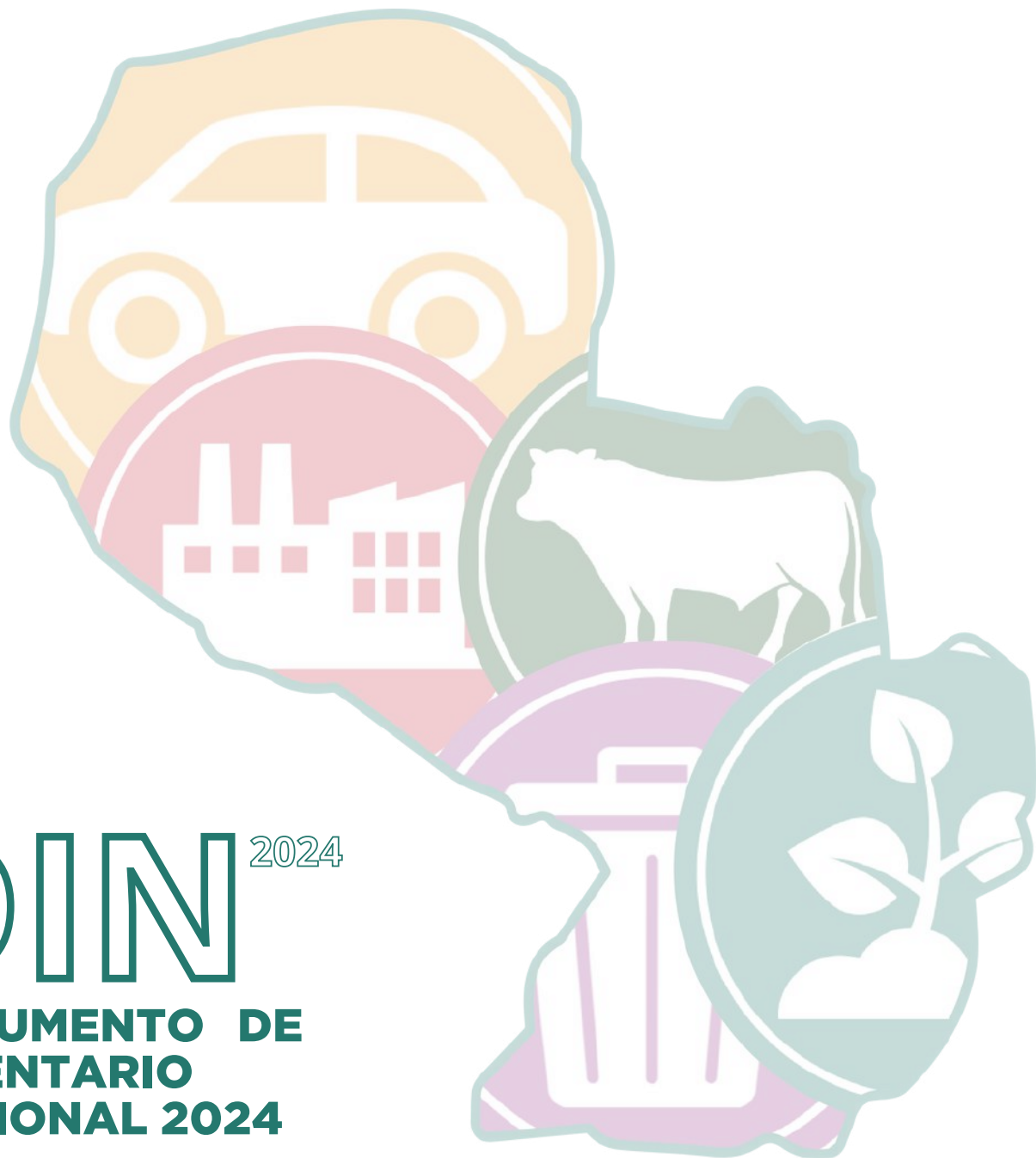




GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE



DIN 2024

**DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024**

PARAGUAY

Primer Informe Bienal de Transparencia de Paraguay

a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el
Cambio Climático

Autoridades

Señor Santiago Peña Palacios
Presidente de la República del Paraguay

Señor Rolando de Barros Barreto
Ministro
Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES)
Punto Focal Titular ante la CMNUCC

Señora Ethel Estigarribia
Directora Nacional
Dirección Nacional de Cambio Climático (DNCC)
Punto Focal Alterna ante la CMNUCC

Señora Lilian Portillo
Directora
Dirección de Planificación Estratégica (DPE)

**Equipo Técnico del Proyecto Primer y Segundo Informe Bienal de Transparencia y Quinta
Comunicación Nacional**

Ethel Estigarribia, Punto Focal del Proyecto 1BTR + 5NC/2BTR

Stephanie Petta, Jefa del Departamento de Inventario y Reportes

Alejandro Martí, Coordinador Proyecto 1BTR + 5NC/2BTR

Enrique Insfrán, Administrador

Mabel Noguera, Técnica INGEI compiladora/generalista

Cindy Rojas, Técnica INGEI sector Energía

Belén Acosta, Técnica INGEI sector IPPU

Luisa Cáceres, Técnica INGEI sector Agricultura y Ganadería

Fiorella Ricardi, Asistente Técnica INGEI sector UTCUTS

Cielito Lezcano, Técnica INGEI sector Residuos

Jazmín Vera, Técnica Marco de Transparencia del Acuerdo de París

Elizabeth Martínez, Técnica del Proyecto 1BTR + 5NC/2BTR

Fabiana Cardozo, Asistente administrativo del Proyecto 1BTR + 5NC/2BTR

CRÉDITOS Y AUTORES DEL DIN 2024

Contacto del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Paraguay

País:	Paraguay
Nombre:	Abg. Stephanie Petta
Cargo:	Jefa del Departamento de Inventario y Reportes
Unidad:	Dirección Nacional de Cambio Climático
Organización:	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
Dirección:	Avda. Madame Lynch N°3500 esq. Reservas de la Guerra del Chaco
Teléfono:	(021) 287-9000
Correo:	Inventarioyreportes.mades@gmail.com
Sitio web:	www.mades.gov.py

Listado de autores y contribuciones del DIN 2024 de Paraguay

Autor principal:	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Paraguay (MADES)
Compiladora:	Mabel Noguera, MADES.
Capítulo 1:	Mabel Noguera, MADES. (Colaboradores: Cindy Rojas, Luisa Cáceres, Belén Acosta, Cielito Lezcano, MADES. Aldo Ozuna, INFONA).
Capítulo 2:	Mabel Noguera, Cindy Rojas, Luisa Cáceres, Belén Acosta, Cielito Lezcano, MADES. Aldo Ozuna, INFONA.
Capítulo 3:	Cindy Rojas, MADES. Colaboradora: Alejandra González, MADES.
Capítulo 4:	Belén Acosta, MADES. Colaboradoras: Cindy Rojas y Luz Alvarenga, MADES.
Capítulo 5:	Luisa Cáceres, MADES.
Capítulo 6:	Aldo Ozuna, Fiorella Ricardi, INFONA.
Capítulo 7:	Cielito Lezcano, MADES. Colaboradoras: Cindy Rojas y Luz Alvarenga, MADES.
Capítulo 10:	Cindy Rojas, Luisa Cáceres, Belén Acosta, Cielito Lezcano, Mabel Noguera, MADES. Aldo Ozuna, INFONA.
Revisión de textos:	Alejandro Martí, Stephanie Petta, Mabel Noguera.

Cita sugerida para el DIN 2024 de Paraguay

MADES-DNCC/PNUD-FMAM. 2024. Documento de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Paraguay, serie 1990-2021. Proyecto 1BTR + 5NC/2BTR. Asunción, Py. 507.

CONTENIDOS DEL DIN

CRÉDITOS Y AUTORES DEL DIN 2024	4
CONTACTO DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE PARAGUAY	4
LISTADO DE AUTORES Y CONTRIBUCIONES DEL DIN 2024 DE PARAGUAY	4
CITA SUGERIDA PARA EL DIN 2024 DE PARAGUAY	4
CONTENIDOS DEL NID	5
ACRÓNIMOS Y SIGLAS DEL DIN	12
Capítulo 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL.....	16
1.1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE INVENTARIOS DE GEI Y EL CAMBIO CLIMÁTICO	16
1.1.1. <i>Cambio climático</i>	16
1.1.2. <i>Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero</i>	16
1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CIRCUNSTANCIAS NACIONALES Y ARREGLOS INSTITUCIONALES	19
1.2.1. <i>Entidad nacional o punto focal nacional</i>	19
1.2.2. <i>Proceso de elaboración del inventario</i>	22
1.2.3. <i>Archivo de la información</i>	25
1.2.4. <i>Proceso para el examen y la aprobación oficial del inventario</i>	25
1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS, MÉTODOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN	26
1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS PRINCIPALES	30
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE AC/CC Y SU APLICACIÓN	31
1.6. EVALUACIÓN GENERAL DE LA INCERTIDUMBRE	32
1.7. EVALUACIÓN GENERAL DE LA EXHAUSTIVIDAD	33
1.7.1. <i>Información sobre la exhaustividad</i>	33
1.7.2. <i>Descripción de las categorías insignificantes</i>	36
1.8. SISTEMAS DE MEDICIÓN	36
1.9. RESUMEN DE LA FLEXIBILIDAD APLICADA	37
Capítulo 2. TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	40
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA TENDENCIA AGREGADA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI	40
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES POR SECTOR Y GAS	43
2.2.1. <i>Descripción de la tendencia por sector</i>	43
2.2.2. <i>Descripción de la tendencia por gas de efecto invernadero</i>	45
Capítulo 3. ENERGÍA (CRT 1)	49
3.1. PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	49
3.1.1. <i>Descripción del sector</i>	49
3.1.2. <i>Tendencia de los GEI del sector</i>	50
3.1.3. <i>Aspectos metodológicos generales del sector</i>	56
3.2. ACTIVIDADES DE QUEMA DE COMBUSTIBLES (CRT 1.A)	58
3.2.1. <i>Descripción y tendencia de los GEI de la categoría</i>	58
3.2.2. <i>Aspectos metodológicos de la categoría</i>	60
Subcategoría	61
3.2.3. <i>Comparación del método sectorial con el método de referencia</i>	65
3.2.4. <i>Combustibles internacionales</i>	68
3.2.5. <i>Materias primas y uso no energético de los combustibles</i>	73
3.2.6. <i>Industrias de la energía (CRT 1.A.1)</i>	73
3.2.7. <i>Industrias manufactureras y de la construcción (CRT 1.A.2)</i>	79
3.2.8. <i>Transporte (CRT 1.A.3)</i>	86
3.2.9. <i>Otros sectores (CRT 1.A.4)</i>	97

<i>Fuente de GEI</i>	99
3.2.10. Otro (CRT 1.A.5)	104
3.2.11. AC/CC de la categoría	105
3.3. EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES (CRT 1.B)	106
3.3.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	106
3.3.2. Aspectos metodológicos de la categoría	107
3.3.3. Combustibles sólidos (CRT 1.B.1)	108
3.3.4. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía (CRT 1.B.2)	113
3.3.5. AC/CC de la categoría	119
3.4. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE CO2 (CRT 1.C)	120
Capítulo 4. PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (CRT 2)	122
4.1. PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	122
4.1.1 Descripción del sector	122
4.1.2 Tendencia de los GEI del sector	123
4.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector	128
4.2 INDUSTRIA DE LOS MINERALES (CRT 2.A)	130
4.2.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	130
4.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría	132
4.2.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	142
4.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	142
4.2.5 AC/CC de la categoría	142
4.2.6 Nuevos cálculos de la categoría	143
4.2.1 Mejoras planificadas para la categoría	143
4.3 INDUSTRIA QUÍMICA (CRT 2.B)	144
4.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	144
4.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría	145
4.3.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	148
4.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	148
4.3.5 AC/CC de la categoría	148
4.3.6 Nuevos cálculos de la categoría	149
4.3.7 Mejoras planificadas para la categoría	149
4.4 INDUSTRIA DE LOS METALES (CRT 2.C)	150
4.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	150
4.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría	152
4.4.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	160
4.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	160
4.4.5 AC/CC de la categoría	160
4.4.6 Nuevos cálculos de la categoría	161
4.4.7 Mejoras planificadas para la categoría	162
4.5 PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y USO DE SOLVENTES (CRT 2.D)	162
4.5.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	162
4.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría	164
4.5.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	168
4.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	168
4.5.5 AC/CC de la categoría	168
4.5.6 Nuevos cálculos de la categoría	169
4.5.7 Mejoras planificadas para la categoría	169
4.6 INDUSTRIA ELECTRÓNICA (CRT 2.E)	170
4.7 USO DE PRODUCTOS SUSTITUTOS DE LAS SAO (CRT 2.F)	170
4.7.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	170
4.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría	172

4.7.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	177
4.7.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	177
4.7.5	AC/CC de la categoría	178
4.7.6	Nuevos cálculos de la categoría	179
4.7.7	Mejoras planificadas para la categoría	179
4.8	MANUFACTURA Y UTILIZACIÓN DE OTROS PRODUCTOS (CRT 2.G)	179
4.8.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	179
4.8.2	Aspectos metodológicos de la categoría	181
4.8.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	184
4.8.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	184
4.8.5	AC/CC de la categoría	184
4.8.6	Nuevos cálculos de la categoría	185
4.8.7	Mejoras planificadas para la categoría	186
4.9	OTROS (ESPECIFICAR) (CRT 2.H)	186
Capítulo 5.	AGRICULTURA Y GANADERÍA (CRT 3)	188
5.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	188
5.1.1.	Descripción del sector	188
5.1.2.	Datos del último año y tendencia del INGEI	189
5.1.3.	Comparación de resultados con los reportes anteriores	195
5.1.4.	Aspectos metodológicos generales del sector	197
5.2.	FERMENTACIÓN ENTÉRICA (CRT 3.A)	198
5.2.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	198
5.2.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	202
5.2.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	236
5.2.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	236
5.2.5.	AC/CC de la categoría	236
5.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría	237
5.2.7.	Mejoras planificadas para la categoría	239
5.3.	GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL (CRT 3.B)	240
5.3.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	240
5.3.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	241
5.3.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	250
5.3.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	250
5.3.5.	AC/CC de la categoría	250
5.3.6.	Nuevos cálculos de la categoría	251
5.3.7.	Mejoras planificadas para la categoría	252
5.4.	CULTIVO DEL ARROZ (CRT 3.C)	253
5.4.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	253
5.4.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	254
5.4.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	257
5.4.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	257
5.4.5.	AC/CC de la categoría	257
5.4.6.	Nuevos cálculos de la categoría	259
5.4.7.	Mejoras planificadas para la categoría	260
5.5.	SUELOS AGRÍCOLAS (CRT 3.D)	261
5.5.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	261
5.5.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	262
5.5.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	266
5.5.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	266
5.5.5.	AC/CC de la categoría	266
5.5.6.	Nuevos cálculos de la categoría	267

5.5.7.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	271
5.6.	QUEMA DE BIOMASA VINCULADA A ACTIVIDADES AGROPECUARIAS: QUEMA PRESCRITA DE SABANAS (CRT 3.E) Y QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS	271
5.6.1.	<i>Mejoras planificadas para las categorías</i>	272
5.7.	ENCALADO (CRT 3.G)	273
5.7.1.	<i>Descripción y tendencia de los GEI de la categoría</i>	274
5.7.2.	<i>Aspectos metodológicos de la categoría</i>	275
5.7.3.	<i>Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría</i>	277
5.7.4.	<i>Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	277
5.7.5.	<i>AC/CC de la categoría</i>	278
5.7.6.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	279
5.7.7.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	279
5.8.	APLICACIÓN DE UREA (CRT 3.H)	279
5.8.1.	<i>Descripción y tendencia de los GEI de la categoría</i>	280
5.8.2.	<i>Aspectos metodológicos de la categoría</i>	281
5.8.3.	<i>Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría</i>	282
5.8.4.	<i>Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	283
5.8.5.	<i>AC/CC de la categoría</i>	283
5.8.6.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	284
5.8.7.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	284
5.9.	OTROS FERTILIZANTES QUE CONTIENEN CARBONO (CRT 3.I)	285
5.9.1.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	285
Capítulo 6.	USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (CRT 4)	287
6.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	287
6.1.1.	<i>Descripción del sector</i>	287
6.1.2.	<i>Tendencia de los GEI del sector</i>	288
6.1.3.	<i>Aspectos metodológicos generales del sector</i>	293
6.2.	DEFINICIONES DE USO DE LA TIERRA	297
6.2.1.	<i>Categorías de uso de la tierra</i>	297
6.2.2.	<i>Subcategorías de uso de la tierra</i>	298
6.2.3.	<i>Prácticas de gestión de la tierra y características biofísicas</i>	299
6.3.	MÉTODOS ESPECÍFICOS DEL PAÍS	302
6.3.1.	<i>Métodos utilizados para la representación de las tierras</i>	302
6.4.	TIERRAS FORESTALES (CRT 4.A)	307
6.4.1.	<i>Descripción y tendencia de los GEI de la categoría</i>	307
6.4.2.	<i>Aspectos metodológicos de la categoría</i>	312
6.4.3.	<i>Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría</i>	325
6.4.4.	<i>Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	326
6.4.5.	<i>AC/CC de la categoría</i>	326
6.4.6.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	326
6.4.7.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	327
6.5.	TIERRAS DE CULTIVO (CRT 4.B)	328
6.5.1.	<i>Descripción y tendencia de los GEI de la categoría</i>	328
6.5.2.	<i>Aspectos metodológicos de la categoría</i>	333
6.5.3.	<i>Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría</i>	344
6.5.4.	<i>Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	344
6.5.5.	<i>AC/CC de la categoría</i>	344
6.5.6.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	345
6.5.7.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	345
6.6.	PASTIZALES (CRT 4.C)	346
6.6.1.	<i>Descripción y tendencia de los GEI de la categoría</i>	346

6.6.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	348
6.6.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	352
6.6.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	352
6.6.5.	AC/CC de la categoría	352
6.6.6.	Nuevos cálculos de la categoría	353
6.6.7.	Mejoras planificadas para la categoría	353
6.7.	HUMEDALES (CRT 4.D)	354
6.7.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	354
6.7.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	355
6.7.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	358
6.7.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	358
6.7.5.	AC/CC de la categoría	359
6.7.6.	Nuevos cálculos de la categoría	359
6.7.7.	Mejoras planificadas para la categoría	359
6.8.	ASENTAMIENTOS (CRT 4.E)	360
6.8.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	360
6.8.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	361
6.8.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	364
6.8.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	364
6.8.5.	AC/CC de la categoría	365
6.8.6.	Nuevos cálculos de la categoría	365
6.8.7.	Mejoras planificadas para la categoría	365
6.9.	OTRAS TIERRAS (CRT 4.F)	366
6.9.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	366
6.9.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	367
6.9.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	370
6.9.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	371
6.9.5.	AC/CC de la categoría	371
6.9.6.	Nuevos cálculos de la categoría	371
6.9.7.	Mejoras planificadas para la categoría	371
6.10.	PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA (CRT 4.G)	372
6.11.	OTROS (ESPECIFICAR) (CRT 4.H)	372
Capítulo 7.	RESIDUOS (CRT 5)	374
7.1.	PANORAMA GENERAL DEL SECTOR	374
7.1.1.	Descripción del sector	374
7.1.2.	Tendencia de los GEI del sector	374
7.1.3.	Aspectos metodológicos generales del sector	377
7.2.	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (CRT 5.A)	380
7.2.1.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	380
7.2.2.	Aspectos metodológicos de la categoría	381
7.2.3.	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría	390
7.2.4.	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	390
7.2.4.1	Incertidumbre específica de la categoría	390
7.2.4.2.	Coherencia de la serie temporal de la categoría	391
7.2.5.	AC/CC de la categoría	391
7.2.6.	Nuevos cálculos de la categoría	392
7.2.7.	Mejoras planificadas para la categoría	392
7.3.	TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS (CRT 5.B)	393
7.4.	INCINERACIÓN Y QUEMA ABIERTA DE RESIDUOS (CRT 5.C)	393
7.4.4.	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	393
7.4.5.	Aspectos metodológicos de la categoría	395

7.4.6.	<i>Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría</i>	405
7.4.7.	<i>Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	405
7.4.4.1.	<i>Incertidumbre de la serie temporal de la categoría</i>	405
7.4.4.2.	<i>Coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	405
7.4.5.	<i>AC/CC de la categoría</i>	405
7.4.5.1.	<i>Control de Calidad</i>	405
7.4.2.2.	<i>Garantía de la calidad</i>	406
7.4.6.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	406
7.4.7.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	407
7.5.	TRATAMIENTO Y DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES (CRT 5.D)	407
7.5.4.	<i>Descripción y tendencia de los GEI de la categoría</i>	407
7.5.5.	<i>Aspectos metodológicos de la categoría</i>	409
7.5.6.	<i>Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría</i>	421
7.5.7.	<i>Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	421
7.5.7.2.	<i>Coherencia de la serie temporal de la categoría</i>	421
7.5.8.	<i>AC/CC de la categoría</i>	422
7.5.9.	<i>Nuevos cálculos de la categoría</i>	423
7.5.10.	<i>Mejoras planificadas para la categoría</i>	423
7.6.	OTROS (ESPECIFICAR) (CRT 5.E)	424
Capítulo 8.	OTRO SECTOR (CRT 6)	426
Capítulo 9.	EMISIONES INDIRECTAS DE CO₂ Y N₂O	428
Capítulo 10.	NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS	430
10.1.	EXPLICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS NUEVOS CÁLCULOS	430
10.2.	IMPLICANCIAS PARA LOS NIVELES DE EMISIONES Y ABSORCIONES	430
10.3.	ÁREAS DE MEJORA Y FOMENTO DE LA CAPACIDAD EN RESPUESTA A LOS PROCESOS DE EXAMEN	431
10.3.1.	<i>Sector Energía</i>	431
10.3.2.	<i>Sector IPPU</i>	436
10.3.3.	<i>Sector Agricultura y Ganadería</i>	439
10.3.4.	<i>Sector UTCUTS</i>	443
10.3.5.	<i>Sector Residuos</i>	446
	ANEXOS DEL DOCUMENTO DEL INVENTARIO NACIONAL	451
	ANEXO I: CATEGORÍAS PRINCIPALES	451
	ANEXO II: EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE	458
	ANEXO III: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL MÉTODO DE REFERENCIA	458
	ANEXO IV: PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD	461
	<i>Anexo IV.I: Sector Energía</i>	462
	<i>Anexo IV.II: Sector IPPU</i>	466
	<i>Anexo IV.III: Sector Agricultura y Ganadería</i>	470
	<i>Anexo IV.IV: Sector UTCUTS</i>	474
	<i>Anexo IV.III: Sector Residuos</i>	478
	ANEXO V: OTRA INFORMACIÓN ADICIONAL	482
	<i>Anexo V.I: Agricultura y Ganadería</i>	482
	<i>Anexo V.I.I: Tendencia de emisiones por categorías estimadas del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería</i>	482
	<i>Anexo V.I.II: Comparación de resultados de emisiones considerando GWP vs GTP a 100 años para los GEI distintos al CO₂ (CH₄ y N₂O)</i>	484
	<i>Anexo V.I.III: Comparación de resultados de emisiones considerando distintos niveles metodológicos (Tier 1 vs T1a/T2a)</i>	485
	<i>Anexo V.I.IV: Reporte de emisiones absolutas e intensidad de emisiones de GEI</i>	487

Anexo V.II: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)	488
Anexo V.II.I Estimaciones de CO₂	488
Anexo V.II.II Contexto normativo forestal	493
Anexo V.II.III Matrices de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra	495
Anexo V.II.IV Superficie de cultivos agrícolas	497
ANEXO VI: TABLAS COMUNES PARA LA PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN (CRT)	500
REFERENCIAS	501

ACRÓNIMOS Y SIGLAS DEL DIN

AC/CC	Aseguramiento de la calidad y control de la calidad
AIE	Agencia Internacional de la Energía
ANDE	Administración Nacional de Electricidad
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC
BCP	Banco Central del Paraguay
BEN	Balance energético nacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNEU	Balance nacional de energía útil
BTR	Informe bienal de transparencia
BUR	Informe bienal de actualización
C	Confidencial (clave de notación)
CC	Contenido de carbono
CCN	Cuarta comunicación nacional
CBIT-GSP	Iniciativa de Fomento de la Capacidad para la Transparencia y Programa de Apoyo Global o Capacity Building Initiative for Transparency – Global Support Programme en inglés
CH₄	Metano
CMA	Conferencia de las Partes que actúa como reunión de las Partes del Acuerdo de París
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNCC	Comisión Nacional de Cambio Climático
CO	Monóxido de carbono
CO₂	Dióxido de carbono
CO₂ eq	Dióxido de carbono equivalente
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
CRT	Tablas comunes de reporte
D	Valor por defecto para los factores de emisión
DA	Datos de actividad
DIN	Documento del inventario nacional o National inventory document en inglés
DINAC	Dirección Nacional de Aeronáutica Civil
DIR	Departamento de Inventario y Reportes
DNIT (ex DNA)	Dirección Nacional de Ingresos Tributarios (ex Dirección Nacional de Aduanas)
EvIA	Evaluación de impacto ambiental
Etc.	Etcétera
FCR	Formato común de reporte
FE	Factor de emisión

FOC	Fracción de carbono oxidado
g	Gramo (unidad)
GEI	Gases de efecto invernadero
Gg	Gigagramo (unidad)
GJ	Gigajulio (unidad)
GLP	Gases licuados de petróleo
HFC	Hidrofluorocarbonos
IE	Incluida en otra parte (clave de notación)
IIN	Informe del inventario nacional o National inventory report en inglés
INGEI	Inventario nacional de gases de efecto invernadero
INE (ex DGEEC)	Instituto Nacional de Estadística (ex Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos)
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IPPU	Procesos industriales y uso de productos (sector)
kg	Kilogramo (unidad)
kt	Kilotonelada o gigagramo (unidad)
ktep	Kilotonelada equivalente de petróleo (unidad)
l	Litro (unidad)
m³	Metro cúbico (unidad)
MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
MCMC	Cadena de Markov de Monte Carlo o Markov Chain Monte Carlo en inglés (método estadístico)
MIC	Ministerio de Industria y Comercio
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
MPG	Modalidades, procedimiento y directrices del marco de transparencia del Acuerdo de París
MTR	Marco de Transparencia Reforzado
N₂O	Óxido nitroso
NA	No aplica (clave de notación)
NDC	Contribución determinada a nivel nacional
NE	No estimado (clave de notación)
NF₃	Trifluoruro de nitrógeno
NIR	Informe del inventario nacional
NO	No ocurre (clave de notación)
NO_x	Óxidos de nitrógeno
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
PCA	Potencial de calentamiento atmosférico
PETROPAR	Petróleos Paraguayos
PFC	Perfluorocarbonos
PIB	Producto interno bruto

PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RE	Resumen ejecutivo
RedINGEI	Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
SF₆	Hexafluoruro de azufre
SIEN	Sistema de información energética nacional
siePARAGUAY	Sistema de información energética del Paraguay
STP	Secretaría Técnica de Planificación
SO_x	Óxidos de azufre
SPSS	Paquete estadístico para las ciencias sociales o Statistical package for the social sciences en inglés (método estadístico)
s/d	Sin dato
t	Tonelada (unidad)
T1	Nivel 1 o Tier 1 en inglés (metodología)
TJ	Terajulio (unidad)
UTCUTS	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (sector)
VCN	Valor calórico neto
VMME	Viceministerio de Minas y Energía
VMT	Viceministerio de Transporte



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

1

CAPÍTULO

CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL



Capítulo 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL

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

1.1.1. Cambio climático

La ciencia del cambio climático estudia las alteraciones del clima atribuibles, directa o indirectamente, a la actividad humana, las cuales modifican la composición de la atmósfera global, sumándose a la variabilidad climática natural observada a lo largo del tiempo (IPCC, 2014). En este contexto, es fundamental mencionar el efecto invernadero: la Tierra recibe energía del sol, que calienta directamente su superficie, océanos y capas de hielo. Sin embargo, no toda esta energía es absorbida; una parte es reflejada hacia la atmósfera, donde queda retenida por el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y otros gases conocidos como gases de efecto invernadero (GEI). Este fenómeno permite que las temperaturas diarias no sean excesivamente altas ni las nocturnas demasiado bajas, manteniendo el planeta en condiciones favorables para la vida. Sin este equilibrio, las variaciones de temperatura serían extremas e intolerables. Pequeños cambios en el balance de emisión y absorción de energía pueden, sin embargo, producir efectos significativos: el incremento en las concentraciones de GEI aumenta la capacidad de la atmósfera para retener energía, intensificando así el cambio climático¹ (Grassi, 2020).

Los GEI son componentes de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en ciertas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida desde la superficie, la atmósfera y las nubes, generando así el efecto invernadero.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) constituye el marco multilateral para coordinar los esfuerzos internacionales en la lucha contra el cambio climático. Desde su adopción en 1992, se han celebrado múltiples reuniones denominadas Conferencias de las Partes (COP), en las cuales se han revisado y modificado las obligaciones y responsabilidades de los países signatarios de la CMNUCC.

1.1.2. Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

De conformidad con el artículo 13, párrafo 7.a del Acuerdo de París, cada Parte debe presentar un informe del inventario nacional (NIR) de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI). Los NIR constan de un documento del inventario nacional (DIN) y de tablas comunes de reporte (CRT) que se presentan ante la Secretaría de la CMNUCC, de conformidad con las modalidades, procedimientos y directrices

¹ <http://dncc.mades.gov.py/wp-content/uploads/2020/10/Estudio-del-Clima-Paraguay-2019-1.pdf>

(MPG), ya sea de forma separada o como parte de los informes bienales de transparencia (BTR por sus siglas en inglés)².

Paraguay elabora los informes de inventarios nacionales de GEI (NIR), como parte de sus compromisos asumidos en el marco del Acuerdo de París y la CMNUCC. En 2022, presentó su primer NIR ante la CMNUCC, incluido como parte de su Tercer Informe Bienal de Actualización (IBA3), abarcando la serie temporal 1990-2017. En abril de 2024, reportó su segundo NIR, serie temporal 1990-2019, adjunto a su Cuarta Comunicación Nacional (CCN). El presente NIR, que abarca la serie temporal 1990-2021, constituye el tercer informe del país e incluye por primera vez las Tablas Comunes de Reporte (CRT).

Es sumamente importante para Paraguay continuar con el reporte de sus NIR, incluyendo a partir de este primer BTR, el DIN y las Tablas CRT. Con el mismo, se desempeña un papel crucial al garantizar que las acciones de las partes sean consistentes, comparables y verificables. Esto permite realizar una evaluación global del progreso en la implementación de los compromisos establecidos en el Acuerdo de París.

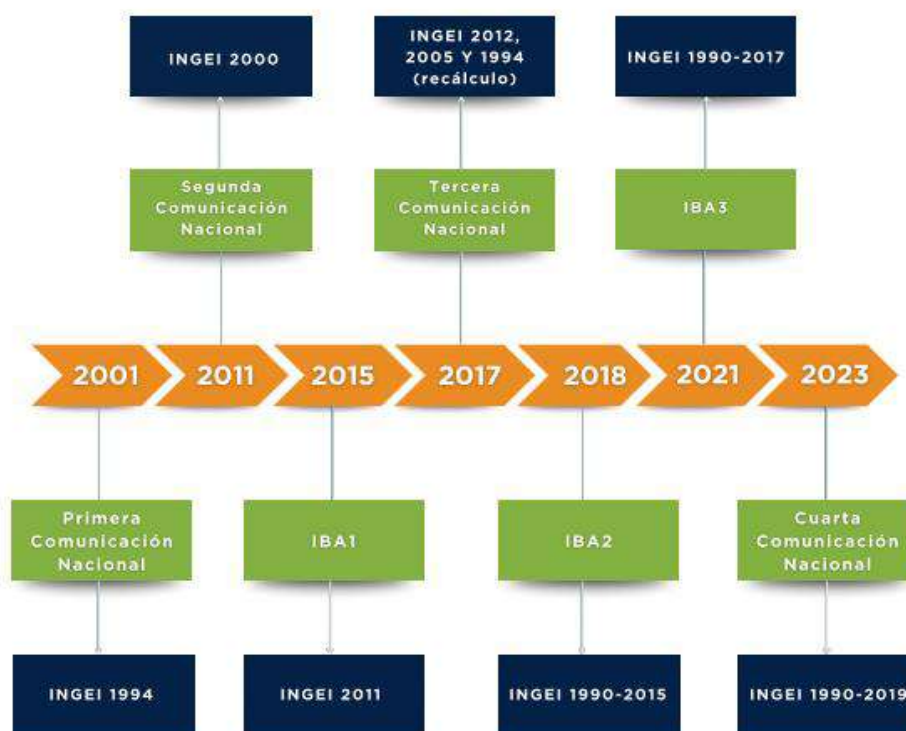
Según las Directrices del IPCC de 2006, los inventarios consisten en herramientas esenciales para evaluar el progreso de las acciones climáticas y para informar el cumplimiento de los compromisos internacionales relacionados con el cambio climático, y se basan en algunos conceptos clave para los cuales existe un consenso común. Esto ayuda a garantizar que sean comparables entre los diferentes países, que no contengan cálculos dobles ni omisiones, y que las series temporales reflejen los cambios reales producidos en las emisiones.

Los inventarios nacionales de GEI son una herramienta clave para comprender y abordar el cambio climático, ya que permiten a los países y a la comunidad internacional evaluar el impacto de las actividades humanas y tomar decisiones informadas.

A la fecha, Paraguay reportó siete inventarios (Figura 1-1), contemplando la estimación de los niveles de emisiones y absorciones de GEI durante un período de tiempo específico, atribuidos a actividades antropogénicas que, según las MPG, se encuentran agrupadas en cinco sectores: *Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU); Agricultura; Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS); y Residuos*. Si bien el sector *Agricultura* ya incluye las actividades pecuarias, Paraguay denomina al sector como *Agricultura y Ganadería* (Figura 1-2).

² <https://climate-transparency-platform.org/knowledge/plantilla-de-cbit-gsp-para-el-documento-del-inventario-nacional>

Figura 1-1
Reportes de inventarios de Paraguay a la CMNUCC.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 1-2.
Sectores incluidos en el INGEI de Paraguay.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Los inventarios se elaboraron utilizando metodologías cada vez más actualizadas y mejoradas. Además, la presentación de los reportes evolucionó hasta incluir series temporales que permiten analizar las tendencias a lo largo del tiempo.

Este NIR de 2024 incluye el INGEI 1990-2021 que es parte del Primer BTR de Paraguay, el cual ha sido desarrollado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) como punto focal del país ante la CMNUCC, en el marco del Proyecto “Primer y Segundo Informe Bienal de Transparencia y Quinta Comunicación Nacional - 1BTR + 5NC/2BTR”. El proyecto es ejecutado por el MADES, a través de la Dirección Nacional de Cambio Climático (DNCC), y por la implementación del proyecto, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) siendo responsable ante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

Las MPG, específicamente en el párrafo 20, menciona que cada parte deberá utilizar las *Directrices del IPCC de 2006* y cualquier versión o refinamiento ulteriores de las directrices, siendo actualmente el *Refinamiento de 2019* de las *Directrices del IPCC de 2006*. Paraguay utiliza la metodología propuesta por estas directrices donde describen el marco general, el alcance, el método y la estructura del inventario.

Los GEI a ser incluido en el inventario según las MPG son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbono (PFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆) y trifluoruro de nitrógeno (NF₃). En este Primer Informe Bienal de Transparencia (1BTR) Paraguay presenta los resultados de la serie temporal 1990 – 2021 e incluye emisiones y absorciones de CO₂, emisiones de CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆. Como NF₃ no ocurre en el país, no se reporta en este NIR.

1.2. Descripción de las circunstancias nacionales y arreglos institucionales

1.2.1. Entidad nacional o punto focal nacional

Paraguay ratificó la CMNUCC, mediante la Ley N° 252/93, y el Acuerdo de París a través de la Ley N° 5.681/16 que incluye el Marco de Transparencia Reforzado (MTR). Con ello, el país asumió una serie de compromisos, entre los que destacan la elaboración de sus Informes de Inventarios Nacionales (NIR), compuestos por el documento de inventario (DIN) y las CRT, así como la implementación de programas nacionales con medidas para mitigar y facilitar la adaptación adecuada al cambio climático.

El MADES, mediante su Dirección Nacional de Cambio Climático y a través del Departamento de Inventario y Reportes, es la institución responsable de liderar el desarrollo y presentación del NIR de Paraguay ante la CMNUCC.

En el marco de arreglos institucionales y jurídico se encuentra la Resolución N° 395/21, específicamente en el Artículo 3°, donde establece las funciones del Departamento de Inventario y Reportes (DIR) de la DNCC. Esta resolución asigna al Departamento de Inventario y Reportes la responsabilidad de actualizar el inventario nacional de gases de efecto invernadero, gestionar ante organizaciones nacionales e internacionales para la obtención, desarrollo, aplicación y difusión de las metodologías y/o tecnologías relacionadas con el inventario, y promover investigaciones que generen datos e insumos sobre los GEI, sus fuentes de emisión y sumideros. Así mismo, coordina las actividades necesarias para el cumplimiento del Marco de Transparencia Reforzado según el Acuerdo de París.

El Departamento de Inventario y Reportes de la DNCC se compone por un/a jefe/a encargado/a de coordinar y planificar las actividades para dicho proceso, y un equipo técnico conformado por consultores contratados a través de proyectos de cooperación internacional, denominado Equipo Técnico INGEI.

El Equipo Técnico INGEI es responsable de llevar a cabo todas las actividades para la planificación, elaboración y gestión del inventario, incluyendo las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI, así como la elaboración y presentación del NIR, incluyendo la redacción documento del inventario nacional (DIN) y la preparación de las CRT.

Por la Ley N.º 5.875/17, se crea la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC), como órgano colegiado de carácter interinstitucional e instancia deliberativa y consultiva de la Política Nacional de Cambio Climático. La CNCC estaba compuesta inicialmente según la Ley N.º 5875/17, en su Artículo 9, por 26 instituciones públicas y privadas, y actualmente está conformada por 38 instituciones miembros.

Paraguay ha creado también mesas sectoriales, y ha actualizado su conformación a través de la Resolución N° 585/23 “por la cual se crea y conforman las mesas sectoriales del inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI), y se deroga la Resolución N° 04/18”. (MADES-DNCC, 2023).

Según esta resolución, la DNCC es quien preside y coordina estas mesas a través del Departamento de Inventario y Reportes; y podrán integrar las mismas las instituciones públicas y privadas, personas jurídicas, y academia que provean datos o informaciones relevantes para realizar las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI a ser reportados en el NIR. Las funciones principales de las Mesas Sectoriales establecidas por la Resolución N° 585/23 son:

- Proveer información y datos que contribuyan a la elaboración del INGEI.
- Promover y adoptar mecanismos para la generación, recopilación y sistematización de informaciones vinculadas al INGEI.
- Transmitir a los representantes nombrados los acuerdos, recomendaciones y resultados alcanzados por la Mesa Sectorial a la que pertenecen, a fin de que, las Máximas Autoridades de las instituciones o personas jurídicas a los cuales representan, presenten sus sugerencias o comentarios pertinentes. La presentación de comentarios y sugerencias serán recibidos por la DNCC durante el plazo de diez (10) días hábiles a ser contabilizados desde el día posterior a la fecha de la reunión de las Mesas Sectoriales, pasado dicho plazo, y en caso de no haber comunicación por parte de las instituciones, se considerará que no poseen comentarios.
- Comunicar los trabajos realizados al Director/a Nacional de la DNCC en el marco de las Mesas Sectoriales.

Con el fin de cumplir con los compromisos asumidos por Paraguay, así como coadyuvar en la formulación de políticas públicas en materia de cambio climático, estas mesas surgen como arreglos interinstitucionales para la elaboración del NIR, con el objeto de priorizar las acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y remoción de GEI,

requiriendo el involucramiento de los sectores del gobierno nacional relacionados a las actividades, obras e instalaciones susceptibles de generar GEI.

Estas mesas sectoriales incluyen representantes técnicos de diversas instituciones, quienes acompañan el proceso de elaboración de los inventarios proporcionando datos de actividad, factores de emisión u otras informaciones relevantes; como también participando en los encuentros realizados con el fin de expresar sus dudas, sugerencias y comentarios respecto a los avances del proceso de elaboración del INGEI, entre otros. (Figura 1-3)

Figura 1-3

Instituciones sectoriales que conforman los arreglos institucionales del INGEI de Paraguay

SECTOR ENERGÍA	SECTOR IPPU
- Viceministerio de Minas y Energía y Viceministerio de Transporte del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME y VMT del MOPC) - Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC) - Ministerio de Industria y Comercio (MIC) - Dirección Nacional de Ingresos tributarios (DNIT) - Ministerio de Defensa Nacional (MDN) - Administración Nacional de Electricidad (ANDE) - Petróleos Paraguayos (PETROPAR) - Universidad Nacional de Asunción (UNA) - Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN) - Empresas privadas	- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) – Dirección General del Aire (DGA) – Departamento de Ozono - Industria Nacional del Cemento (INC) - Dirección Nacional de Aduanas (DNA) - Administración Nacional de Electricidad (ANDE) - Entidad Binacional Yacyretá (EBY) - Instituto Nacional de Estadística (INE) - Ministerio de Industria y Comercio (MIC) - Industrias privadas (cementera, calera, de vidrio y química)
SECTOR AGRICULTURA Y GANADERÍA – UTCUTS	SECTOR RESIDUOS
- MADES – DG, DGPCB, DSA - INFONA - UNA – Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV) - SENAVE - MAG - SENACSA - Asociación Rural del Paraguay (ARP) - MOPC – VMME - IPTA - FEPASIDIAS - Solidaridad Network Paraguay - FECOPROD - Guyra Paraguay - WWF - Mesa paraguaya de carne sostenible (MPCS) - Unión de Gremios de Producción (UGP) - CAPAINLAC - APROLE - Asociación de avicultores de Paraguay (AVIPAR) - Dirección Nacional de Aduanas (DNA) - CAPECO - Paraguay agricultural corporation (PAYCO) - Universidad Católica “ Nuestra Señora de la Asunción” (UC)	- Instituto Nacional de Estadística (INE) - MOPC – DAPSAN - Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN) - Municipalidad de Asunción – Dirección General de Gestión Ambiental - MADES – Dirección de Control de la Calidad Ambiental - Empresa privada de gestión de residuos

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

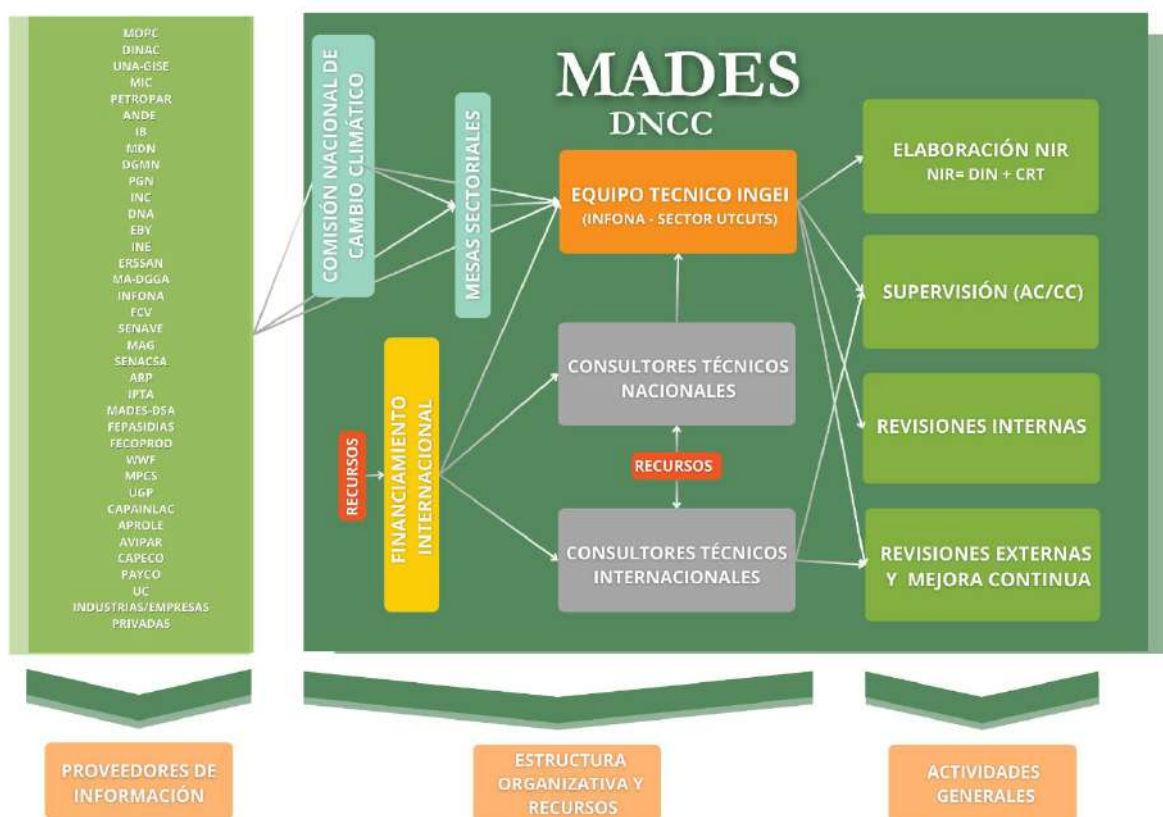
En el marco del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF), a través del Decreto N° 9.849/23 “Por el cual se reglamentan los artículos 3 y 5 de la Ley N° 6.676/20 que prohíbe las actividades de transformación y conversión de superficies con cobertura de bosques en la región oriental”, se atribuyó como función y responsabilidad al Instituto Forestal Nacional (INFONA), específicamente según el Art. 11, inciso p, el de “Realizar el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) y su correspondiente informe”. Por consiguiente, a partir de la promulgación del decreto mencionado, el INFONA es la institución encargada de elaborar el capítulo correspondiente al sector UTCUTS del NIR de Paraguay, así mismo de las CRT.

1.2.2. Proceso de elaboración del inventario

En relación con los arreglos institucionales para la elaboración del NIR de Paraguay, la Figura 1-4 ilustra un mapeo de relaciones que detalla los roles y responsabilidades de las organizaciones e instituciones involucradas a nivel general. Este esquema destaca tres componentes clave: los proveedores de información, la estructura organizativa y los recursos disponibles, así como las actividades generales asociadas al proceso.

Figura 1-4.

Mapeo de relaciones de Paraguay con respecto a los arreglos institucionales para la elaboración del NIR.



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEl del MADES.

La DNCC mantiene relaciones con diversos proveedores de datos, como ministerios, instituciones nacionales, organizaciones civiles, la academia y empresas e industrias privadas. Esta interacción se

lleva a cabo entre el Equipo Técnico INGEI, la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) y las mesas sectoriales.

Asimismo, la DNCC formula proyectos para obtener recursos económicos mediante financiamiento internacional, destinados a contratar al Equipo Técnico INGEI, compuesto por consultores nacionales y para otras actividades con consultores internacionales. Como se mencionó en la sección 1.2.1, este Equipo Técnico INGEI es el responsable de llevar a cabo las actividades para la elaboración y gestión del inventario, incluyendo las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI, así como la elaboración y presentación del NIR, incluyendo la redacción documento del inventario nacional (DIN) y la preparación de las CRT.

Las MPG establecen que “cada parte deberá elaborar un plan de AC/CC del inventario conforme a las directrices del IPCC”. En ese contexto, Paraguay desarrolla y ejecuta dicho plan, específicamente de AC, a través del trabajo conjunto entre el Departamento de Inventario y Reportes (DIR) de la DNCC (compuesto por el/la jefe/a del DIR y el Equipo Técnico INGEI), y los consultores técnicos internacionales contratados por el MADES.

Con respecto al CC, el Equipo Técnico INGEI se encarga de realizar internamente, y la responsabilidad del plan de AC/CC y de su proceso de operativización recae en el Departamento de Inventario y Reportes de la DNCC.

Paraguay ejecuta el Plan de AC a nivel nacional a través de la Comisión Nacional de Cambio Climático, que se encarga de revisar el NIR para su presentación ante la CMNUCC, y, además, existe la Red de Transparencia Climática CBIT-GSP que es un AC a nivel internacional con experticia específica para inventarios.

Considerando el *mapeo de relaciones* presentado en la Figura 1-4, en la Tabla 1-1 se presenta un panorama general de las funciones, responsabilidades y capacidades relacionadas con el proceso de elaboración del NIR de Paraguay.

En el caso de capacidades necesarias, Paraguay cuenta con programas específicos de pasantías y con una estrategia nacional de fomento de capacidades. Asimismo, se encuentra en proceso de validación de un plan nacional de capacitación que incluye componentes específicos de inventario, mitigación y adaptación.

Parte del desarrollo del inventario es también la socialización de resultados, esta socialización se estuvo realizando, para reportes anteriores, a través de presentaciones en diferentes instituciones del país con el fin de abarcar a la mayor cantidad de público posible. Actualmente, Paraguay se encuentra en proceso de desarrollo de un plan de socialización de sus inventarios.

Tabla 1-1.

Funciones, responsabilidades y capacidades para la elaboración del NIR de Paraguay.

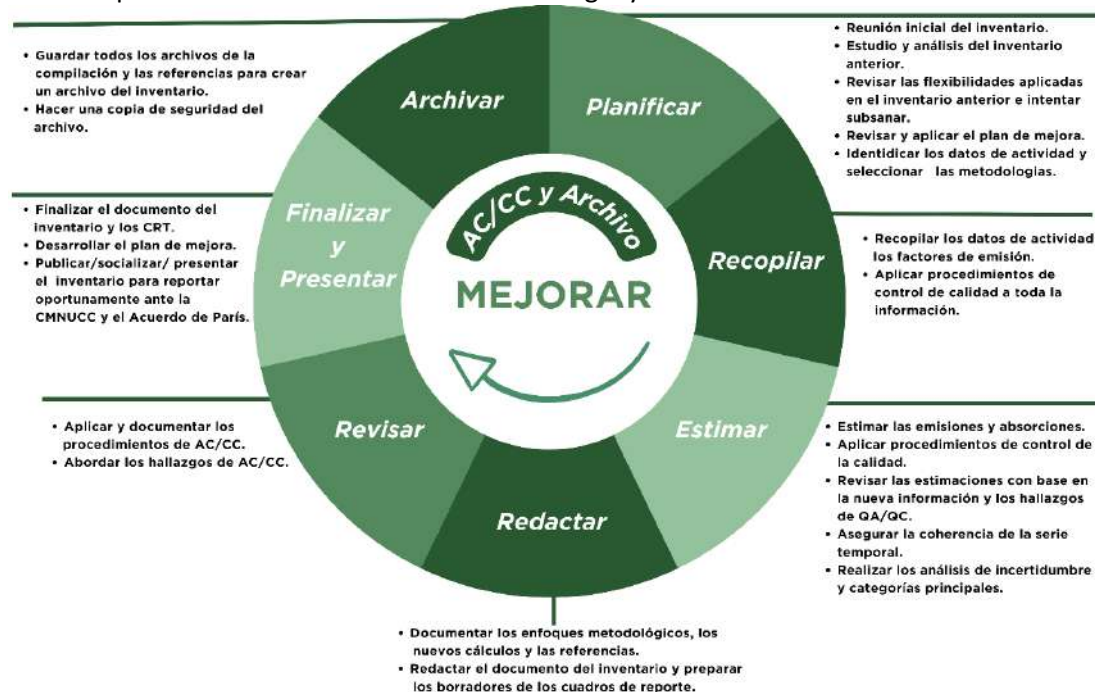
Rol		Responsabilidades Generales	Capacidades necesarias del personal
Institución encargada MADES		- Responsable de la gestión, planificación y mejora de inventarios. - Supervisión general de la elaboración de inventarios de GEI. - Gestión de contratos y entrega de inventario de GEI. - Coordinación con las partes interesadas - Identificación de los recursos necesarios para mejorar el inventario.	- Experiencia técnica y administrativa, así como autoridad gubernamental formal. - Conocimientos técnicos de los requisitos de presentación de informes de la CMNCC, las directrices del IPCC y de las MPG. - Capacidad para coordinar y liderar el proceso.
Punto Focal Nacional para BTR/CN Director/a de la DNCC		- Presentación del NIR. - Comunicación con la CMNUCC.	- Conocimiento de los procedimientos de la CMNCC, y de las MPG.
Proveedores de Información Instituciones (mesas sectoriales)		- Entrega oportuna de datos en el formato adecuado - Gestión de la adquisición y el procesamiento de datos internos, requisitos de AC/CC. - Comunicación con la institución encargada. - Participación en las mesas sectoriales.	- Habilidades técnicas, autoridad legal para mejorar y mejorar la recopilación de datos.
Coordinación del Plan de AC/CC Jefe/a del Departamento de Inventario y Reportes (DNCC)		- Coordinación general del plan de AC/CC y/o gestión general de datos y documentos.	- Conocimiento de los procedimientos de la CMNCC y de las MPG.
Equipo Técnico INGEI Consultores Técnicos Nacionales	Coordinador/a	- Planificación general, coordinación, gestión y supervisión técnica del inventario	- Experiencia técnica y administrativa. - Habilidades técnicas para comprender el INGEI.
	Compilador/a del INGEI	- Gestión general de datos y documentos - Integrar el trabajo de los expertos del sector en un producto de inventario cohesivo - Identificar y proponer formas de resolver problemas transversales	- Conocimiento técnico de los requisitos de presentación de informes ante la CMNUCC (CNs y BTRs), así como de las Directrices IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019. - Habilidades técnicas para verificar las estimaciones y compilar el NIR.
	Consultores Técnicos Sectoriales	- Llevar a cabo la investigación, la recopilación de datos, los cálculos, la redacción, el control de calidad, el archivo y la documentación - Coordinar con otros expertos del sector sobre la identificación y resolución de problemas intersectoriales	- Conocimiento del sector (energía, IPPU, agricultura y ganadería, UTCUTS y residuos) a nivel nacional, incluidos los datos de actividad y las principales estadísticas pertinentes para el sector, así como también la capacidad para emitir juicios de expertos y utilizar hipótesis en casos en que los datos no sean precisos o suficientes.
Consultores Técnicos Internacionales		- Asesoramiento técnico sobre el proceso de elaboración del NIR presentado ante la CMNUCC. - Operativizar el Plan de AC.	- Experiencia administrativa y técnica. - Conocimiento técnico de AC para grandes flujos de información técnica y elaboración de informes. - Buen conocimiento de los requisitos de la CMNUCC para las CN y los BTR, y de las directrices del IPCC. - Comprensión del cálculo de la incertidumbre.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

La elaboración del INGEI es considerado un proceso cíclico, con un enfoque de mejora continua. El proceso de preparación del NIR de Paraguay conlleva una serie de actividades vinculadas entre sí, las cuales se describen en la Figura 1-5.

Figura 1-5.

Ciclo del proceso de elaboración del NIR de Paraguay.



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Es importante destacar que, en el contexto de los nuevos requisitos de presentación de información bajo el Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París, Paraguay ha elaborado y reporta por primera vez las CRT en línea con el Anexo I de la Decisión 5/CMA.3. Además, para la elaboración y redacción de su DIN, Paraguay utiliza la *Plantilla de CBIT-GSP para el Documento del Inventario Nacional*.³

1.2.3. Archivo de la información

Paraguay está en proceso de transición hacia el Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París, lo que implica la actualización de su sistema de archivo de información.

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

Los consultores responsables de cada sector del INGEI, bajo la coordinación del Proyecto 1BTR+5NC&2BTR y del Departamento de Inventario y Reportes de la DNCC del MADES, realizan la compilación del inventario siguiendo los procedimientos y recomendaciones establecidos en el plan de AC/CC.

En cada sector, los consultores presentan a las mesas sectoriales los siguientes elementos para su revisión por los actores clave:

³ Disponible en: <https://climate-transparency-platform.org/knowledge/plantilla-de-cbit-gsp-para-el-documento-del-inventario-nacional>

- Los datos de actividad y factores de emisión que se utilizarán.
- Los vacíos de información detectados.
- Las estimaciones de emisiones y absorciones.
- Los resultados preliminares obtenidos.

En una sesión de la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) de Paraguay, se presenta la versión final del reporte que será enviado a la CMNUCC, en este caso el 1BTR. Durante esta reunión, se comparte un resumen de los resultados del INGEI, y el documento completo se envía a los miembros de la CNCC por correo electrónico para su revisión, estableciendo un plazo la emisión de comentarios.

Una vez revisados los comentarios recibidos, el Equipo Técnico INGEI del MADES realiza las modificaciones pertinentes (si las hubiere) y prepara la edición final del DIN, asegurándose de cumplir con los formatos establecidos. Esta última versión es presentada al ministro del MADES, quien, como máxima autoridad, otorga la aprobación oficial para su posterior presentación ante la CMNUCC.

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

En línea con el párrafo 20 de las MPG, Paraguay utiliza para el cálculo de sus emisiones y absorciones de GEI las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019* para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en todos los sectores. Además, para las estimaciones correspondientes, en los sectores Energía, IPPU y Residuos se ha utilizado el *Software del IPCC, versión 2.93*, y en los sectores de Agricultura y Ganadería y UTCUTS se han utilizado hojas de trabajo de Excel.

La metodología básica aplicada para estimar las emisiones (E) de GEI es la ecuación genérica que multiplica los datos de actividad (DA) por sus factores de Emisión (FE) como se muestra en la Figura 1-6.

Figura 1-6.
Metodología básica.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

El dato de actividad (DA) corresponde a los datos sobre la magnitud de la actividad humana generadora de emisiones o absorciones (para el sector UTCUTS) durante un periodo determinado.

El factor de emisión (FE) se refiere al coeficiente de relación entre el nivel de actividad y la cantidad de compuesto químico que es la fuente de las emisiones. El NIR de Paraguay ha utilizado, en su mayoría, factores por defecto del IPCC.

Si bien la fórmula básica aplica a todos los sectores, estos varían en la complejidad, utilización de parámetros específicos y otros factores.

Con relación a los datos de actividad utilizados, las principales fuentes provienen de instituciones oficiales, censos, estudios científicos, asociaciones de productores y del sector privado. En el Anexo VI, específicamente en las CRT, se encuentran los DA utilizados para cada una de las categorías estimadas, detallando en ellas la fuente de las mismas. En los casos de vacíos de datos de actividad se utilizaron técnicas estadísticas de empalme de datos, como interpolación, extrapolación y otros siguiendo las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*.

En el sector de Agricultura y Ganadería, además de reportar las emisiones absolutas de GEI se ha estimado la **intensidad de emisiones**, que al relacionar las emisiones de GEI con variables productivas permitan reflejar la mejora de la eficiencia productiva, concomitante al incremento de los niveles de emisión y la productividad del país. Los resultados se presentan en la sección 5.12 de este documento.

En la Tabla 1-2 se presentan los métodos aplicados en el INGEI 1990-2021, de Paraguay.



Tabla 1-2.

Resumen de métodos aplicados en el inventario de Paraguay

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆		NF ₃	
		Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE
1. Energía		T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO								
1.A. Actividades de quema de combustible		T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO								
1.A.1. Industrias de la energía		T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO								
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción		T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE								
1.A.3. Transporte		T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO								
1.A.4. Otros sectores		T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE								
1.A.5. Otro (actividades militares)		IE	IE	IE	IE	IE	IE								
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles		T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO								
1.B.1. Combustibles sólidos		T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO								
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía		T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO								
1.C. Transporte y almacenamiento de CO ₂		NO	NO												
2. Procesos industriales y uso de productos		T1, T2, T3, NE, NA, NO	PS, D, NE, NA, NO	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	NA, NO	NA, NO	T3, NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.A. Industria de los minerales		T1, T2, T3, NO	PS, D, NO												
2.B. Industria química		T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.C. Industria de los metales		T1, NE, NO	D, NE, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes		T1, NA	D, NA	NA	NA	NA	NA								
2.E. Industria electrónica						NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO								NO, T1a	NO, D	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.G. Manufactura y utilización de otros productos		NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	T3, NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.H. Otros (Industria de la alimentación y las bebidas)		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3. Agricultura		T1, NE, NO	D, NO	T2, T1a, NO, NA, NE	D, PE	T1, NO, NA, NE	D, NE, NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
3.A. Fermentación entérica				T2a, T1a, NO, NA	PE										
3.B. Gestión del estiércol				T2a, T1a, NO, NA	PE	T1, NE, NO, NA	D								
3.C. Cultivo del arroz				T1, NO	D										
3.D. Suelos agrícolas				NE	NE	T1, NE, NO, NA	D								
3.E. Quema prescrita de sabanas				NE	NE	NE	NE								
3.F. Quema de residuos agrícola en el campo				NE	NE	NE	NE								
3.G. Encalado		T1, NE	D												
3.H. Aplicación de urea		RT1	D												
3.I. Otros fertilizantes que contienen carbono		NO	NO												



Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆		NF ₃	
		Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE	Método	FE
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO								
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	T2, T1, NE, NO	D, CS	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
4.A.	Tierras forestales	T1, T2, NE	D, CS	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO								
4.B.	Tierras de cultivo	T1, T2, NE, NO	D, CS	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO								
4.C.	Pastizales	T1, NE, NO	D, CS	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO								
4.D.	Humedales	T1, NE, NO	D, CS	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO								
4.E.	Asentamientos	T1, NE, NO	D, CS	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO								
4.F.	Otras tierras	T1, NE, NO	D, CS	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO								
4.G.	Productos de madera recolectada	NE	NE												
4.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO								
5.	Residuos	T2a, NA, NO	D, NA, NO	T1, T2, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO								
5.A.	Disposición de residuos sólidos			T2	D										
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos			NE	NE	NE	NE								
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	T2a	D	T1, NE	D, NE	T1	D								
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales			T1	D	T1	D								
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO								
6.	Otros (especificar)														
Elementos informativos															
1.D.1.	Combustibles internacionales	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE								
1.D.1.a	Aviación	T1	D	T1	D	T1	D								
1.D.1.b	Navegación	IE	IE	IE	IE	IE	IE								
1.D.2.	Operaciones multilaterales	IE	IE												
1.D.3.	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	T1	D												
1.D.4.	CO ₂ capturado	NO	NO												
5.F.1.	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO	NO												
	Emisiones indirectas de N ₂ O														
	Emisiones indirectas de CO ₂	NO	NO												

Notas:

- Utilice las siguientes claves de notación para especificar el método aplicado: D = por defecto del IPCC; T1 = método de Nivel 1 del IPCC; T1a, T1b, T1c = método de Nivel 1a, 1b, 1c del IPCC, respectivamente; T2 = método de Nivel 2 del IPCC; T3 = método de Nivel 3 del IPCC; CR = CORINAIR; CS = país específico; M = modelo; RA = método de referencia; OTH = otro.

- Utilice las siguientes claves de notación para especificar el factor de emisión aplicado: D = por defecto del IPCC; CR = CORINAIR; CS = país específico; M = modelo; PS = planta específica; OTH = otro.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

1.4. Descripción de las categorías principales

Según las *Directrices del IPCC de 2006* los resultados del análisis de categorías principales (ACP) proporcionan al país una lista de sus categorías de inventario más importantes y ayudan al mismo a priorizar los esfuerzos para mejorar el inventario a lo largo del tiempo. El Método 1 permite identificar las categorías principales según su aporte al nivel absoluto de emisiones y absorciones nacionales, y a la tendencia de emisiones y absorciones.

Para mejorar el inventario, puede ser necesario considerar la aplicación de metodologías más exactas o de nivel superior, recopilar datos de actividad más detallados o desarrollar factores de emisión específicos del país. Todas estas actividades requieren recursos adicionales y no es posible realizar mejoras para cada categoría de inventario a la vez. Es por ello que el ACP proporciona un aporte importante al plan nacional de mejora del inventario.

El análisis de categorías principales se realizó para el año base 1990 y para 2021 como último año de reporte en el INGEI incluyendo y excluyendo el sector UTCUTS. La evaluación se efectuó por nivel (N) y tendencia (T) utilizando el método 1 incluyendo todos los GEI. El método 1 evalúa la influencia que ejercen ciertas categorías en términos absolutos. Al sumarse de forma acumulada, estas categorías totalizan el 95 % de la suma total de las emisiones, principalmente aquellas que más contribuyen a las emisiones y a cambios en el inventario.

El método utilizado por Paraguay para identificar las categorías y el nivel de desglose consistió en: en los sectores de Energía, IPPU y Residuos se utilizó el desglose de categorías propuesta por el software del IPCC, y en los sectores de Agricultura y Ganadería, y UTCUTS se utilizaron las categorías agregadas como tal.

En la Tabla 1-3 se presenta el resumen del análisis de categorías principales del INGEI 1990-2021 incluyendo UTCUTS con un umbral de 95 %.

Tabla 1-3.

Resumen del análisis de categorías principales 1990-2021 Método 1, incluyendo a UTCUTS. Umbral 95 %.

Ítem	Categorías del IPCC	GEI	1990	2021	Tendencia
1	1.A.3.b Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	X	X	X
2	2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	HFCs		X	X
3	3.A. Fermentación entérica	CH ₄	X	X	X
4	3.B. Gestión del estiércol	N ₂ O		X	
5	3.D. Suelos agrícolas	N ₂ O	X	X	X
6	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	X	X	X
7	4.A.2.a Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	CO ₂		X	X
8	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO ₂	X	X	X
9	4.B.2.a Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	X	X	X
10	4.C.2.a Tierras forestales convertidas en pastizales	CO ₂	X	X	X
11	4.E.2.a Tierras forestales convertidas en asentamientos	CO ₂	X	X	
12	5.A Disposición de residuos sólidos	CH ₄		X	X
13	5.D Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄		X	

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

En la Tabla 1-4 se presenta el resumen del análisis de categorías principales del INGEI 1990-2021 excluyendo UTCUTS con un umbral de 95 %.

Tabla 1-4.

Resumen del análisis de categorías principales 1990-2021 método 1, excluyendo a UTCUTS. Umbral 95 %.

ítem	Categorías del IPCC		GEI	1990	2021	Tendencia
1	1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	X		X
2	1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	X	X	X
3	1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	N ₂ O			X
4	1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	CH ₄	X	X	X
5	1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO ₂	X		X
6	1.B.1.c	Transformación de combustibles	CH ₄	X	X	
7	2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	X	X	
8	2.A.2	Producción de cal	CO ₂			X
9	2.C.1	Producción de hierro y acero	CO ₂			X
10	2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFCs		X	X
11	3.A.	Fermentación entérica	CH ₄	X	X	X
12	3.B.	Gestión del estiércol	CH ₄	X	X	X
13	3.B.	Gestión del estiércol	N ₂ O		X	X
14	3.C.	Cultivo del arroz	CH ₄		X	X
15	3.D.	Suelos agrícolas	N ₂ O	X	X	X
16	3.G.	Encalado	CO ₂			X
17	5.A	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	X	X	X
18	5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄	X	X	X

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

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

Un objetivo importante de la orientación para el inventario es respaldar el desarrollo de inventarios que puedan evaluarse fácilmente con respecto a la calidad. Es una buena práctica instrumentar procedimientos de aseguramiento de la calidad / control de calidad (AC/CC) y verificación para el desarrollo de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, con miras a alcanzar este objetivo.

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el *control de la calidad* es un sistema de actividades técnicas rutinarias destinado a evaluar y mantener la calidad del inventario a medida que se lo compila. Lo realiza el personal encargado de compilar el inventario. La *verificación* se refiere al conjunto de actividades y procedimientos que se llevan a cabo durante la planificación y la elaboración de un inventario, o después de terminarlo, y que puede contribuir a definir su fiabilidad para los usos que se pretende dar al inventario. El *aseguramiento de la calidad* es un sistema planificado de procedimientos de revisión efectuados por personal que no participa directamente del proceso de elaboración del inventario.

Paraguay ha elaborado un plan de AC/CC que se encuentra en constante proceso de mejora, este plan incluye actividades de *control de la calidad* general y específica para los sectores, incluye *verificación* y también *actividades de aseguramiento de la calidad* con pares externos al proceso del inventario. Sin embargo, el país entiende que necesita incrementar sus capacidades para poder mejorar su plan de AC/CC.

La responsabilidad del plan de AC/CC de Paraguay, incluyendo la coordinación de las actividades de AC/CC y verificación es del Departamento de Inventario y Reportes de la DNCC del MADES.

Con respecto al *control de calidad* (CC), el encargado de realizar este proceso es el Equipo Técnico INGEI, incluyendo controles durante la recopilación y gestión de datos, los cálculos, la documentación y el archivo, cumpliendo con la orientación de las Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019. En los capítulos sectoriales se presentan informaciones desagregadas con las

actividades generales y específicas de CC aplicadas, y en el Anexo IV se presentan planillas de cumplimiento y responsables de las mismas.

La *verificación* también es responsabilidad del Equipo Técnico INGEI del MADES, y consiste en actividades como la comparación de los resultados de las emisiones de CO₂ obtenidos con el método de referencia y el método sectorial en el sector Energía. En el sector Agricultura y Ganadería, se realizaron comparaciones entre resultados de emisiones de GEI con FE tier1 y tier2, específicamente en las categorías de fermentación entérica y gestión del estiércol, del mismo modo, entre resultados de emisiones en kt CO₂ eq con potenciales de calentamiento global del AR2 y del AR5 para el CH₄, y, en la categoría de cultivo de arroz se realizó la comparación de resultados con datos oficiales del país en tier1 con resultados obtenidos con la calculadora del International Rice Research Center (IRRI) en tier2. Asimismo, en los cinco sectores se realizaron comparaciones de los resultados de con el inventario anterior.

El proceso de *Aseguramiento de la calidad (AC)* del INGEI de Paraguay se realiza por parte de pares externos del inventario. A nivel nacional se realiza a través de las mesas sectoriales, donde sus integrantes se encargan de acompañar el proceso de elaboración del inventario verificando los DA, FE y resultados obtenidos. Asimismo, se realiza también a través de la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC), quien revisa el NIR para su presentación ante la CMNUCC, y, además, a nivel internacional través de la Red de Transparencia Climática CBIT-GSP que es un AC con experticia específica para inventarios.

1.6. Evaluación general de la incertidumbre

El análisis de la incertidumbre es un medio para priorizar los esfuerzos nacionales destinados a aumentar la precisión y exactitud de los inventarios futuros y para guiar las decisiones sobre la elección metodológica.

Paraguay aplica la flexibilidad en la disposición 29 de las MPG, la cual menciona que se podrá presentar como mínimo, un análisis cualitativo de la incertidumbre de las categorías principales cuando no dispongan de datos de entrada cuantitativos para estimar cuantitativamente las incertidumbres.

El INGEI de Paraguay representa un importante avance en el reporte de emisiones y absorciones de GEI, y en general, la incertidumbre del INGEI 1990-2021 se encuentra reflejada en:

Coherencia Temporal: en la mayoría de los sectores, las estimaciones de emisiones y absorciones se consideran coherentes en el tiempo debido a la aplicación de metodologías homogéneas (generalmente de Nivel 1 y algunas pocas categorías con Nivel 2) y el uso de fuentes oficiales nacionales o técnicas de empalme. Sin embargo, esta coherencia no siempre es suficiente para capturar las especificidades locales, particularmente cuando los factores de emisión y datos de actividad se basan en valores genéricos.

Limitaciones de Datos de Actividad: la disponibilidad y calidad de los datos de actividad constituyen un desafío transversal, en el sector Energía se resalta la importancia de excluir los consumos de combustibles asociados a actividades internacionales y de lograr una desagregación más detallada del consumo según el tipo de fuente; en el sector Agricultura y Ganadería las limitaciones se relacionan con la falta de desagregación en prácticas agrícolas y ganaderas, así como con la ausencia

de parámetros locales; en el sector UTCUTS se destaca la falta de información detallada sobre el manejo de tierras y las características del carbono en suelos y biomasa incrementa las incertidumbres; en el sector Residuos la clasificación de residuos, los sitios de disposición, y la cobertura del tratamiento de aguas residuales representan puntos críticos de mejora.

Dependencia de Factores de Emisión por Defecto: en todos los sectores, la dependencia de factores de emisión por defecto, en lugar de parámetros específicos nacionales, limita la exactitud de las estimaciones y aumenta la incertidumbre. Esta situación es especialmente relevante en sectores como Energía, Agricultura y Ganadería, y UTCUTS, donde los factores de emisión son altamente sensibles a las condiciones locales.

Incertidumbres en las categorías principales: se encuentran reflejadas principalmente en la categoría de transporte terrestre (sector Energía) debido a la variabilidad en la flota vehicular y la inclusión de consumos no relacionados a la categoría, en la categoría de fermentación entérica (sector Agricultura y Ganadería) por la falta de información detallada sobre el manejo animal y regionalización completa, en la categoría de tierras forestales (sector UTCUTS) por la heterogeneidad en los estratos forestales y la falta de datos específicos sobre manejo y edad de los bosques, en la categoría de tierras de cultivo (sector UTCUTS) principalmente por los datos de actividad, especialmente en la clasificación de tierras de cultivo y pastoreo, y la rotación de cultivos no se han incorporado aún al inventario, así como también el uso de factores de emisión y absorción por defecto, junto con valores genéricos del contenido de carbono en el suelo, y por último en la categoría de disposición de residuos sólidos (sector Residuos) por la ausencia de transparencia en la información.

1.7. Evaluación general de la exhaustividad

1.7.1. Información sobre la exhaustividad

En la exhaustividad se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de gases. En los casos de elementos faltantes, se documentan las ausencias y se justifican las exclusiones, siguiendo las recomendaciones de las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*.

El inventario incluye de forma general a todo el territorio nacional en una serie de tiempo 1990-2021 con emisiones y absorciones de GEI como el CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆; mas no fueron estimados por falta de tiempo para su cálculo correspondiente los gases precursores como el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), óxido de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx). Las categorías excluidas se han reportado usando las claves de notación siguientes:

- NO (no ocurre): actividades o procesos en una categoría particular que no ocurren dentro de un país.
- NE (no estimado): emisiones y absorciones existentes que no se han estimado.
- NA (no aplica): actividades en una categoría determinada que no producen emisiones o absorciones de un gas específico.
- IE (incluido en otra parte): las emisiones por fuentes y las absorciones por sumideros se estimaron, pero se incluyeron en otra parte del inventario en lugar de la categoría esperada.

Por otro lado, se reportan como *elementos informativos*, y por tanto no suman en el balance del inventario, las emisiones del transporte internacional aéreo y las emisiones de CO₂ de la biomasa quemada con fines energéticos.

Teniendo en cuenta el proceso de mejora continua de los inventarios nacionales, se espera poder abordar estos vacíos en los próximos reportes.

En la Tabla 1-5 se presentan las categorías no estimadas (NE) para el presente inventario, ya sea por falta de datos de actividad o datos incompletos en la serie.

Tabla 1-5

Fuentes y sumideros de GEI del inventario de Paraguay reportados como no estimados

GEI	Sector	Categorías de fuente y sumidero	Explicación o comentario
CO ₂	IPPU	Negro de humo	No se cuenta con la información correspondiente.
	IPPU	Producción de Plomo	NE hasta 2005, luego se estima
	Agricultura y Ganadería	Quema prescrita de sabanas	NE para toda la serie temporal por falta de DA validados nacionalmente
	Agricultura y Ganadería	Quema de residuos agrícolas en el campo	NE para toda la serie temporal por falta de DA validados nacionalmente
	UTCUTS	Pastizales convertidos en tierras forestales	No se dispone de información suficiente sobre la conversión de pastizales en tierras forestales.
	UTCUTS	Pastizales convertidos en tierra de cultivos	No se dispone de información para toda la serie temporal.
	UTCUTS	Humedales que permanecen como tales	No se dispone de información suficiente sobre esta categoría de uso.
	UTCUTS	Pastizales convertidos en humedales	No se dispone de información suficiente para toda la serie temporal.
	UTCUTS	Asentamientos convertidos en humedales	No se dispone de información suficiente para toda la serie temporal.
	UTCUTS	Asentamientos que permanecen como tales	No se dispone de información suficiente sobre esta categoría de uso.
	UTCUTS	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	No se dispone de información suficiente sobre esta categoría.
	UTCUTS	Pastizales convertidos en asentamientos	No se dispone de información suficiente sobre esta categoría.
	UTCUTS	Otras tierras que permanecen como tales	No se dispone de información suficiente sobre esta categoría de uso.
	UTCUTS	Pastizales convertidos en otras tierras	No se dispone de información suficiente sobre esta categoría.
	UTCUTS	Productos de madera recolectada	No se dispone de información suficiente sobre esta categoría.
CH ₄	IPPU	Negro de humo	No se cuenta con la información correspondiente.
	Agricultura y Ganadería	Quema prescrita de sabanas	NE para toda la serie temporal por falta de DA validados nacionalmente
	Agricultura y Ganadería	Quema de residuos agrícola en el campo	NE para toda la serie temporal por falta de DA validados nacionalmente
	Residuos	Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se estima por falta de datos de actividad.
	Residuos	Incineración	No se estima por falta de datos de actividad.
N ₂ O	Agricultura y Ganadería	Quema prescrita de sabanas	NE para toda la serie temporal por falta de DA validados nacionalmente
	Agricultura y Ganadería	Quema de residuos agrícola en el campo	NE para toda la serie temporal por falta de DA validados nacionalmente
	Agricultura y Ganadería	Suelos agrícolas	NE por falta de caracterización representativa de los abonos

GEI	Sector	Categorías de fuente y sumidero	Explicación o comentario
			orgánicos/aguas residuales de los sistemas de gestión del estiércol
	Agricultura y Ganadería	Suelos agrícolas	NE para toda la serie temporal por falta de DA validados nacionalmente sobre mineralización de la materia orgánica
	Residuos	Tratamiento biológico de residuos sólidos	No se estima por falta de datos de actividad.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 1-6. Fuentes y sumideros de GEI del inventario de Paraguay reportados como incluidos en otro lugar.

GEI	Sector	Categoría incluida en otro lugar (IE)	Asignación según el país	Asignación según el IPCC	Explicación o comentario
CO ₂	Energía	Hierro y acero	1.A.2.	1.A.2.a.	No se dispone de información suficiente para desagregar estimaciones
	Energía	Metales no ferrosos	1.A.2.	1.A.2.b.	
	Energía	Sustancias químicas	1.A.2.	1.A.2.c.	
	Energía	Pulpa, papel e imprenta	1.A.2.	1.A.2.d.	
	Energía	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	1.A.2.	1.A.2.e.	
	Energía	Minerales no metálicos	1.A.2.	1.A.2.f.	
	Energía	Otros (construcción, productos de la madera, textiles, etc.)	1.A.2.	1.A.2.g.	
	Energía	Automóviles	1.A.3.b.	1.A.3.b.i.	
	Energía	Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.	1.A.3.b.ii.	
	Energía	Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.	1.A.3.b.iii.	
	Energía	Motocicletas	1.A.3.b.	1.A.3.b.iv.	
	Energía	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	1.A.3.b.	1.A.3.b.v.	
	Energía	Catalizadores basados en urea	1.A.3.b.	1.A.3.b.vi.	
	Energía	Navegación marítima y fluvial	1.A.3.b.	1.A.3.d.	
	Energía	Otro tipo de transporte (todo terreno)	1.A.3.b.	1.A.3.e.	
	Energía	Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.3.b. 1.A.4.a.	1.A.4.c.	
	Energía	Otro (actividades militares)	1.A.3.b.	1.A.5.	
CH ₄	Energía	Hierro y acero	1.A.2.	1.A.2.a.	
	Energía	Metales no ferrosos	1.A.2.	1.A.2.b.	
	Energía	Sustancias químicas	1.A.2.	1.A.2.c.	
	Energía	Pulpa, papel e imprenta	1.A.2.	1.A.2.d.	
	Energía	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	1.A.2.	1.A.2.e.	
	Energía	Minerales no metálicos	1.A.2.	1.A.2.f.	
	Energía	Otros (construcción, productos de la madera, textiles, etc.)	1.A.2.	1.A.2.g.	
	Energía	Automóviles	1.A.3.b.	1.A.3.b.i.	
	Energía	Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.	1.A.3.b.ii.	
	Energía	Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.	1.A.3.b.iii.	
	Energía	Motocicletas	1.A.3.b.	1.A.3.b.iv.	
	Energía	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	1.A.3.b.	1.A.3.b.v.	
	Energía	Catalizadores basados en urea	1.A.3.b.	1.A.3.b.vi.	
	Energía	Navegación marítima y fluvial	1.A.3.b.	1.A.3.d.	
	Energía	Otro tipo de transporte (todo terreno)	1.A.3.b.	1.A.3.e.	
	Energía	Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.3.b. 1.A.4.a.	1.A.4.c.	
	Energía	Otro (actividades militares)	1.A.3.b.	1.A.5.	
N ₂ O	Energía	Hierro y acero	1.A.2.	1.A.2.a.	
	Energía	Metales no ferrosos	1.A.2.	1.A.2.b.	
	Energía	Sustancias químicas	1.A.2.	1.A.2.c.	
	Energía	Pulpa, papel e imprenta	1.A.2.	1.A.2.d.	
	Energía	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	1.A.2.	1.A.2.e.	
	Energía	Minerales no metálicos	1.A.2.	1.A.2.f.	

GEI	Sector	Categoría incluida en otro lugar (IE)	Asignación según el país	Asignación según el IPCC	Explicación o comentario
	Energía	Otros (construcción, productos de la madera, textiles, etc.)	1.A.2.	1.A.2.g.	
	Energía	Automóviles	1.A.3.b.	1.A.3.b.i.	
	Energía	Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.	1.A.3.b.ii.	
	Energía	Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.	1.A.3.b.iii.	
	Energía	Motocicletas	1.A.3.b.	1.A.3.b.iv.	
	Energía	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	1.A.3.b.	1.A.3.b.v.	
	Energía	Catalizadores basados en urea	1.A.3.b.	1.A.3.b.vi.	
	Energía	Navegación marítima y fluvial	1.A.3.b.	1.A.3.d.	
	Energía	Otro tipo de transporte (todo terreno)	1.A.3.b.	1.A.3.e.	
	Energía	Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.3.b. 1.A.4.a.	1.A.4.c.	
	Energía	Otro (actividades militares)	1.A.3.b.	1.A.5.	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

INFONA menciona que las emisiones de GEI no CO₂ (CH₄ y N₂O), generadas por las pérdidas de carbono atribuibles a perturbaciones como incendios, no fueron estimadas debido a la falta de datos representativos y coherentes para toda la serie temporal. Paraguay tiene la intención, en la medida de sus posibilidades, de generar esta información de manera progresiva, con el objetivo de producir reportes que ofrezcan una mayor precisión y exhaustividad en futuros inventarios.

1.7.2. Descripción de las categorías insignificantes

Según las MPG (disposición 32), cada país podrá utilizar la clave de notación “NE” (no estimadas) cuando el nivel de las estimaciones sea insignificante, teniendo en cuenta ciertas consideraciones. Paraguay no utilizó la clave de notación “NE” para estimaciones insignificantes.

1.8. Sistemas de medición

Según las MPG, plasmadas en la Decisión 18/CMA.1, los GEI a ser incluidos en el inventario son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbono (PFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆) y trifluoruro de nitrógeno (NF₃).

Como se menciona en la sección 1.1.2, Paraguay presenta los resultados de la serie temporal 1990 – 2021 e incluye emisiones y absorciones de CO₂, emisiones de CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆. Debido a que NF₃ no ocurre en el país, no se reporta en este NIR.

Las MPG, en su párrafo 37, mencionan que “cada Parte deberá utilizar los valores del potencial de calentamiento atmosférico (GWP, por sus siglas en inglés) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC” (AR5⁴, por sus siglas en inglés). Por lo tanto, Paraguay presenta las emisiones de CH₄, N₂O, HFC y SF₆ en unidades de kilotoneladas de dióxido de carbono equivalente (kt CO₂ eq) utilizando los GWP del AR5, cuyos valores se presentan en la Tabla 1-7.

Asimismo, las MPG establecen que “cada Parte podrá utilizar otros sistemas de medición (por ejemplo, el potencial de cambio de la temperatura media mundial) para proporcionar información adicional sobre las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO₂ eq. Por

⁴ Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

consiguiente, las emisiones de GEI pueden calcularse con distintas métricas de equivalencias en CO₂, y a modo de información adicional, en el presente INGEI, específicamente en el sector de *Agricultura y Ganadería* se estimaron las emisiones con la métrica de potencial de cambio de la temperatura media global (GTP, por sus siglas en inglés) del AR5. En el Anexo V.I.II se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 1-7.

Potencial de calentamiento atmosférico y potencial de cambio en la temperatura global utilizados en el inventario, valores para un horizonte temporal de 100 años

Nombre comercial o común	Fórmula química	Potencial de calentamiento atmosférico (GWP)	Potencial de cambio de la temperatura media mundial (GTP)
Dióxido de carbono	CO ₂	1	1
Metano	CH ₄	28	4
Óxido nitroso	N ₂ O	265	234
HFC-23	CHF ₃	12.400	12.700
HFC-32	CH ₂ F ₂	677	94
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	3.170	967
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1.300	201
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	4.800	2.500
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	138	19
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	8.060	8.380
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	23.500	28.200

Fuente: Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)

1.9. Resumen de la flexibilidad aplicada⁵

De conformidad con el artículo 13, párrafo 2, del Acuerdo de París, el marco de transparencia reforzado ofrece flexibilidad a las Partes que son países en desarrollo que lo necesiten, teniendo en cuenta sus capacidades, para la aplicación de las disposiciones del artículo. Esa flexibilidad se refleja en las MPG.

La flexibilidad de las MPG tiene relación con el alcance y el nivel de detalle de la información y de la frecuencia con que ha de presentarse, así como del alcance de su examen.

En este contexto, Paraguay aplica diferentes disposiciones de flexibilidad para el desarrollo y presentación del presente NIR, las cuales son resumidas en las Tabla 1-8.

Paraguay se ha comprometido a mejorar sus inventarios teniendo en cuenta las orientaciones sobre los principios de transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud que brindan las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*.

⁵ Los países pueden optar por presentar la información sobre disposiciones de flexibilidad específicas aplicadas en un capítulo separado o integrar esta información en capítulos sectoriales pertinentes donde se hayan aplicado disposiciones de flexibilidad específicas.

Tabla 1-8.

Resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas

<i>Disposición de flexibilidad de la MPG</i>	<i>Año</i>	<i>Sector</i>	<i>Categoría</i>	<i>Gas</i>	<i>Descripción de la aplicación de flexibilidad</i>	<i>Clarificación de la limitación de capacidad</i>	<i>Plazo para la mejora de la capacidad</i>	<i>Avances realizados para abordar las áreas a mejorar</i>
58	2022	Todos	Todos	Todos	Último año de reporte tres años previos al año de presentación del informe.	Falta de información al momento de iniciar el proceso de elaboración del inventario	3BTR	Procesos de mejoras en las solicitudes de información nacional a los actores claves
29	Todos	Todos	Todos	Todos	Presentar análisis cualitativo de la incertidumbre de las categorías principales	Falta de capacidad técnica, específicamente expertos técnicos (estadístico) (incluso mediante dictamen de expertos) que puedan definir los valores numéricos para estimar cuantitativamente las incertidumbres, específicamente para las categorías estimadas con tier2.	3BTR	Procesos de mejora en la obtención de DA y aunar los esfuerzos para la incorporación de un estadístico fijo en el Equipo Técnico INGEI

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

2

CAPÍTULO

TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 2000-2001



Capítulo 2. TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

2.1. Descripción de la tendencia agregada de las emisiones y absorciones de GEI

El total neto de emisiones (emisiones menos absorciones) para 2021 estimaron en 35.971,8 kt CO₂ eq. Las emisiones de CO₂ totalizan 13.523,2 kt, mientras que el CH₄ fueron 18.095,7 kt CO₂ eq, el N₂O corresponde a 3.603,4 kt CO₂ eq, los HFCs 725,1 kt CO₂ eq. y el SF₆ 24,4 kt CO₂ eq.

La Tabla 2.1 presenta un resumen de las emisiones de Paraguay desagregadas por sectores y categorías. La información detallada sobre el INGEI de Paraguay para la serie temporal 1990-2021 se encuentra en el Anexo VI.



Tabla 2-1.

Resumen del inventario nacional de GEI Año 2021 por sectores y categorías.

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	Mezclas no específicas de HFC y PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
	Total (emisiones netas)	13.523,2	646,35	13,6	725,1	NA, NO	NA, NO	24,4	NA, NO	35.971,8
1.	Energía	8.020,90	32,8	1,1						9.239,8
1.A.	Actividades de quema de combustible	8.020,90	16,1	1,1						8.765,9
1.A.1.	Industrias de la energía	1,7	6,9,E-05	1,4,E-05						1,7
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	253,6	1,7	0,2						359,4
1.A.3.	Transporte	7.536,40	1,5	0,7						7.770,4
1.A.4.	Otros sectores	229,2	13	0,2						634,4
1.A.5.	Otro	IE	IE	IE						IE
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	IE, NO	16,6	3,3,E-02						473,9
1.B.1.	Combustibles sólidos	IE, NO	16,6	3,3,E-02						473,9
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NO	NO	NA,NO						NA,NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NA	NA						NA,NO
2.	Procesos industriales y uso de productos	647,6	0,1	NE, NA, NO	725,1	NA, NO	NA, NO	24,4	NA, NO	1.399,7
2.A.	Industria de los minerales	484,2								484,2
2.B.	Industria química	17,6	0,1	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	19,8
2.C.	Industria de los metales	114,9	0	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	115,2
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	30,9	NA	NA						30,9
2.E.	Industria electrónica				NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				725,1	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	725,1
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NA, NO	NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	24,4	NA, NO	24,4
2.H.	Otros (especificar)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.	Agricultura	153,6	523,8	12,3						18.090,7
3.A.	Fermentación entérica		492,6							13.793,1
3.B.	Gestión del estiércol		19,1	2,1						1.079,3
3.C.	Cultivo del arroz		12,0							336,9
3.D.	Suelos agrícolas			10,3						2.727,9
3.E.	Quema prescrita de sabanas		NE	NE						NE
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo		NE	NE						NE
3.G.	Encalado	133,5								133,5
3.H.	Aplicación de urea	20,1								20,1
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO								NO
3.J.	Otros (especificar)	NE	NE	NE						NE
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	4.699,40	NE	NE						4.699,4
4.A.	Tierras forestales	-21.521,50	NE	NE						-21.521,5
4.B.	Tierras de cultivo	-731,2	NE	NE						-731,2
4.C.	Pastizales	26.123,80	NE	NE						26.123,8
4.D.	Humedales	NO	NE	NE						NO
4.E.	Asentamientos	584,8	NE	NE						584,8
4.F.	Otras tierras	243,5	NE	NE						243,5
4.G.	Productos de madera recolectada	NE								NE



Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	Mezclas no específicas de HFC y PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NF ₃ (kt CO ₂ eq)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
4.H.	Otros (especificar)	NA	NA	NA						NA
5.	Residuos	1,7	89,7	0,1						2.614,2
5.A.	Disposición de residuos sólidos		49,4							1.384
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE						NE
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	1,7	0,9	0						29,3
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		39,4	0,1						1.200,9
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO						NO
6.	Otros (especificar)									
	Elementos informativos									
1.D.1.	Combustibles internacionales	97,4	6,8,E-04	2,7,E-03						98,1
1.D.1.a.	Aviación	97,37	6,8,E-04	2,7,E-03						98,1
1.D.1.b.	Navegación	IE	IE	IE						IE
1.D.2.	Operaciones multilaterales	IE								IE,NA
1.D.3.	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	11.710,30								11.710,30
1.D.4.	CO ₂ capturado	NO								NO
1.D.4.a.	Para almacenamiento nacional	NO								NO
1.D.4.b.	Para almacenamiento en otros países	NO								NO
Total de CO ₂ equivalente sin UTCUTS										8.823,81
Total de CO ₂ equivalente con UTCUTS										13.523,19
Total de CO ₂ equivalente, incluyendo emisiones indirectas de CO ₂ , sin UTCUTS										NE
Total de CO ₂ equivalente, incluyendo emisiones indirectas de CO ₂ , con UTCUTS										NE

Nota: utilice las siguientes claves de notación cuando no disponga de datos numéricos: NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lugar; C = confidencial.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

2.2. Descripción de la tendencia de las emisiones y absorciones por sector y gas

2.2.1. Descripción de la tendencia por sector

En 2021, el total neto de emisiones de Paraguay resultó 35.971,8 kt CO₂ eq, siendo el sector Agricultura y Ganadería el que contribuye en mayor porcentaje con un 50,3 % de este balance nacional de GEI con 18.090,7 kt CO₂ eq. El sector Energía representa el segundo sector con mayor porcentaje de contribución, con 9.239,8 kt CO₂ eq de emisiones, alcanzando un 25,7 %, seguidamente el sector UTCUTS con 4.699,4 kt CO₂ eq representando un 13,1 %. Por su parte el sector Residuos con 2.614,2 kt CO₂ eq con un 7,1 %, mientras que el sector IPPU con un total estimado de 1.399,7 kt CO₂ eq representando un 3,9 % del total de las emisiones.

En la serie temporal, las emisiones netas han disminuido en 14,1 % desde 1990 y 34,4 % desde 2019, teniendo un máximo histórico de 71.962,6 kt CO₂ eq en 2010, y una considerable reducción en 2021 a 35.971,8 kt CO₂ eq.

El sector Energía representa el 25,7 % de las emisiones netas en el año 2021, incluyendo las emisiones de UTCUTS. Mostrando un comportamiento creciente de emisiones con un aumento del 218,3 % respecto a 1990 y en un 1,6 % desde 2019. El crecimiento de las emisiones entre 1990 y 2021 se debe a un periodo prolongado de aumento sostenido de las emisiones, impulsado principalmente por la expansión del parque automotor y el consecuente incremento en el consumo de combustibles fósiles. Por otro lado, las variaciones más recientes reflejan los efectos económicos de la pandemia de COVID-19, que ocasionaron una disminución temporal en las emisiones, seguida de una recuperación moderada en los años posteriores.

El sector IPPU representa el 3,9 % de las emisiones netas en el año 2021. Aunque con cifras menores, este sector también muestra un aumento progresivo en las emisiones, aumentando en 421,4 % con respecto a 1990, y 5,7 % con respecto a 2019. Presenta un comportamiento creciente de emisiones y con algunos picos resaltantes relacionados principalmente con las categorías de mayor contribución de GEI en este sector como lo son la producción de cemento y el uso de HFC en equipo de refrigeración y aire acondicionado.

El sector Agricultura y Ganadería representó el 50,3 % de las emisiones netas en 2021, aumentando en un 70,3 % desde 1990 y disminuyendo en un 6,8 % desde 2019. Este sector presenta un aumento sostenido hasta 2019 con un pico en 2019 de 19.420,8 kt CO₂ eq., seguido de una disminución en 2020 y 2021. El aumento desde 1990 es debido principalmente al aumento de los datos de actividad (DA) de las categorías agropecuarias (ej. cabezas de ganado, superficies y rendimientos agrícolas etc.). **Asimismo, guarda relación con el auge de la actividad agropecuaria del país, sin embargo, debe destacarse que los valores de algunas categorías como de *fermentación entérica*, denotan también un aumento de la eficiencia productiva puesto que para casi la duplicación del hato bovino nacional (≈7,7 millones en 1990 a ≈13,9 millones de cabezas en 2021) las emisiones sólo han aumentado un 50%.**

**LOS VALORES DE ALGUNAS CATEGORÍAS COMO DE FERMENTACIÓN
ENTÉRICA, DENOTAN TAMBIÉN UN AUMENTO DE LA EFICIENCIA
PRODUCTIVA PUESTO QUE PARA CASI LA DUPLICACIÓN DEL HATO BOVINO
NACIONAL ($\approx 7,7$ MILLONES EN 1990 A $\approx 13,9$ MILLONES DE CABEZAS EN
2021) LAS EMISIONES SÓLO HAN AUMENTADO UN 50%.**

Las estimaciones de CO₂ para el sector UTCUTS correspondientes al año 2021 registraron emisiones de 48.312,7 kt CO₂ y absorciones de -43.613,3 kt CO₂, resultando en un total neto de 4.699,4 kt CO₂. A lo largo de toda la serie temporal, las categorías de *pastizales*, *tierras de cultivo* y *tierras forestales*, tanto como fuentes o como sumideros de CO₂, han sido las principales influencias en este balance. En 2021, este sector representó el 13,1 % del total nacional de emisiones de GEI, mostrando una disminución significativa en comparación con los años 1990 y 2019, con reducciones del 82,7 % y 79,2 %, respectivamente. La tendencia del sector ha mostrado fluctuaciones importantes a lo largo de la serie temporal, especialmente desde 2005. Estas variaciones se explican por cambios en el uso de la tierra (emisiones), la conservación de tierras forestales (absorciones) y, más recientemente, la adopción de buenas prácticas agrícolas (absorciones).

Y, por último, el sector Residuos, con un total de 2.542,3 kt CO₂ eq en el año 2021, representando 7,1 % del total de emisiones netas nacionales. Las principales causas del incremento de las emisiones de GEI del sector son el aumento de la población y el consiguiente aumento de la generación de residuos sólidos y líquidos. Desde 1990, las emisiones de GEI del sector se han incrementado en un 177,5 % y con respecto al año 2019 hubo un aumento de 5,2 %.

En la Tabla 2-2 y Figura 2-1 se presenta un resumen del total neto de GEI por sector, y en el Anexo VI se presentan los valores para toda la serie temporal.

Tabla 2-2.

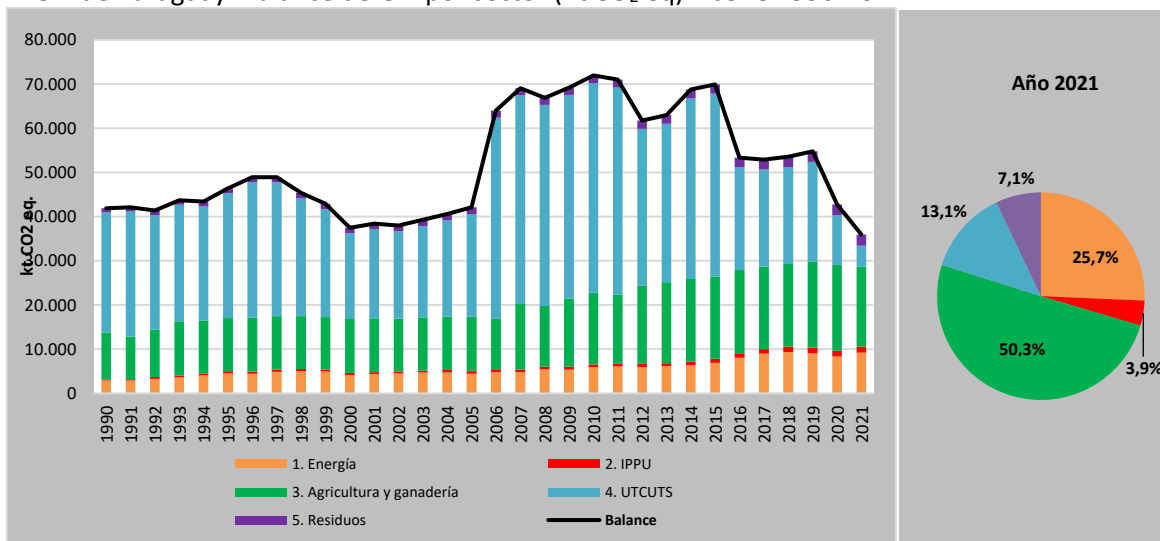
INGEI de Paraguay: balance de GEI por sector (kt CO₂ eq).

Sector	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
Energía	2.902,5	4.525,3	4.181,7	4.432,3	5.952,7	6.930,7	9.091,7	8.376,6	9.239,8
IPPU	268,4	526,6	461,7	572,4	618,5	921,6	1.323,7	1.320,6	1.399,7
Agricultura y Ganadería	10.622,7	11.974,9	12.167,0	12.331,8	16.216,7	18.633,4	19.420,8	19.385,7	18.090,7
UTCUTS	27.180,2	28.262,9	19.472,6	23.254,7	47.411,9	41.372,3	22.556,2	11.224,4	4.699,4
Residuos	916,2	1.069,8	1.205,5	1.515,9	1.762,8	2.068,7	2.417,6	2.455,8	2.542,3
Total neto	41.890,13	46.359,5	37.488,5	42.107,1	71.962,6	69.926,8	54.809,9	42.763,1	35.971,8

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table10s6** de los CRT.

Figura 2-1.

INGEI de Paraguay: Balance de GEI por sector (Kt CO₂ eq) – serie 1990-2021.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES

La Figura 2-1 muestra que las emisiones históricas denominadas por el sector UTCUTS han sido reducidas significativamente, por los cambios ocurridos en la categoría de *tierras de cultivo*, donde las emisiones se redujeron gracias a un refinamiento en el mapa correspondiente a ese año, mientras que las absorciones aumentaron debido al incremento de las superficies de siembra directa incluidas en la estimación para el último año.

2.2.2. Descripción de la tendencia por gas de efecto invernadero

En la serie temporal 1990-2021, como se observa en la Figura 2-2, el CO₂ presenta un aumento desde 1990 hasta 2010, y luego disminuye considerablemente desde 2011, específicamente en los últimos años. El CH₄ sigue un patrón ascendente, con algunos aumentos notables en la década de 2000, alcanzando un pico en 2015-2016. Las emisiones de N₂O, asociadas principalmente al uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, también presentan una tendencia creciente, aunque no con tanta intensidad como el CO₂ o el CH₄. Las emisiones de HFCs son pequeñas en comparación con CO₂ y CH₄, sin embargo, muestran una tendencia creciente, lo que está relacionado con el uso de productos como refrigerantes y aerosoles, y con respecto al SF₆ presentan emisiones muy bajas y constantes a lo largo del tiempo, sin fluctuaciones significativas.

En 2021, el CH₄ presenta una participación destacada con un 50,3 %, seguido por el CO₂, el segundo GEI más significativo con 37,6 % de participación. En cuanto al N₂O presenta una contribución de 10,0 %, y en menor porcentaje los gases HFC y SF₆ con 2,0 % y 0,1 % respectivamente.

En cuanto a las emisiones de CO₂ el principal contribuyente es el sector UTCUTS seguido por el sector Energía. Este gas sufrió una disminución de 54,1 % en relación al año 1990 y de 56,7 % en comparación con el año 2019.

Con respecto al CH₄, las emisiones son generadas principalmente en el sector *Agricultura y Ganadería*, y en menor aporte en los sectores Residuos y Energía. Este gas sufrió un aumento del 61,1 % en relación al año 1990 y un aumento del 0,6 % con respecto a 2019.

Para emisiones de N₂O, el principal contribuyente es el sector Agricultura y Ganadería seguido por los sectores Energía y Residuos. Este gas sufrió un aumento de 210,3 % en relación al año 1990 y una disminución de 27,8 % en comparación con el año 2019.

Con relación a los gases HFCs, estos son reportados desde el año 1997 y en la serie se observa un comportamiento creciente desde ese año, con un incremento de 17,8 % con respecto al año 2019. Las emisiones de este gas provienen del sector IPPU, específicamente por el uso de productos sustitutos de las SAO.

En menor proporción el gas SF₆ presenta un aumento del 61,7 % desde el año 1990 y un aumento de 22,7 % desde 2019. Las emisiones provienen del sector IPPU, específicamente por la manufactura y utilización de otros productos.

En la Tabla 2-3, conforme a las MPG, se presenta un resumen de cada uno de los GEI del inventario de Paraguay, con y sin UTCUTS en kt CO₂ eq.

Tabla 2-3.

INGEI de Paraguay: emisiones y absorciones por cada GEI (kt CO₂ eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
CO ₂ : sin el CO ₂ neto de UTCUTS	2.300,7	4.138,7	3.836,9	4.127,4	5.361,9	6.558,4	8.644,0	7.900,4	8.823,8
CO ₂ : con el CO ₂ neto de UTCUTS	29.480,9	32.401,6	23.309,5	27.382,1	52.773,8	47.930,7	31.200,2	19.124,7	13.523,2
CH ₄ : sin el CH ₄ de UTCUTS	11.233,0	12.419,5	12.466,6	12.714,7	15.862,6	17.687,6	17.986,0	17.982,7	18.095,7
CH ₄ : con el CH ₄ de UTCUTS	11.233,0	12.419,5	12.466,6	12.714,7	15.862,6	17.687,6	17.986,0	17.982,7	18.095,7
N ₂ O: sin el N ₂ O de UTCUTS	1.161,1	1.495,0	1.667,2	1.920,0	3.171,2	3.965,9	4.988,4	4.921,5	3.603,4
N ₂ O: con el N ₂ O de UTCUTS	1.161,1	1.495,0	1.667,2	1.920,0	3.171,2	3.965,9	4.988,4	4.921,5	3.603,4
HFC	0,0	0,0	30,2	60,9	147,0	322,7	615,4	709,8	725,1
PFC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mezclas no específicas de HFC y PFC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SF ₆	15,1	43,4	14,9	29,4	8,0	19,9	19,9	24,4	24,4
NF ₃	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total (sin UTCUTS)	14.709,9	18.096,6	18.015,8	18.852,4	24.550,7	18.525,0	32.253,8	31.538,7	31.272,4
Total neto (con UTCUTS)	41.890,1	46.359,5	37.488,5	42.107,1	71.962,6	42.918,0	54.809,9	42.763,1	35.971,8

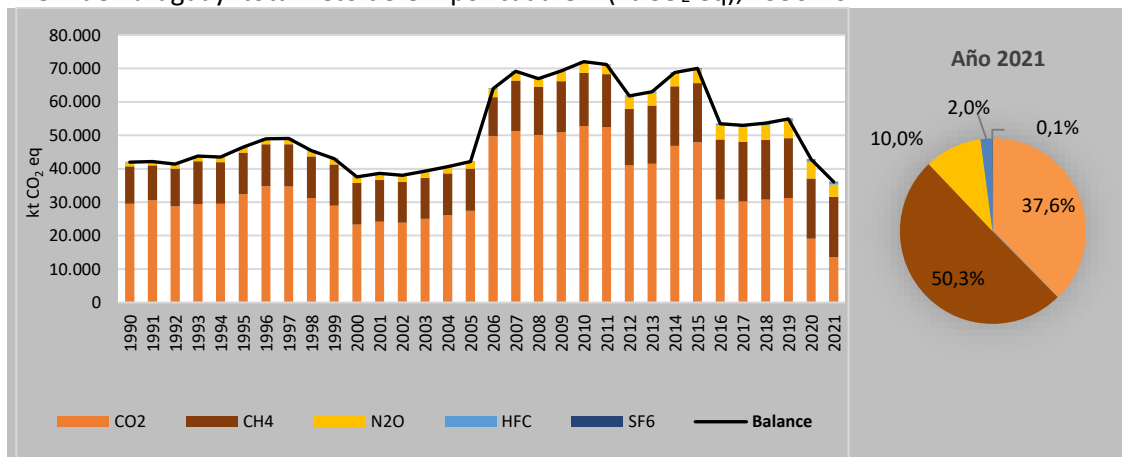
Nota: utilice las siguientes claves de notación cuando no disponga de datos numéricos: NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lugar; C = confidencial.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table10s6** de los CRT.

En la Figura 2-2 se presenta un resumen del balance de GEI por cada GEI y en el Anexo VI se presentan los valores para toda la serie temporal.

Figura 2-2.

INGEI de Paraguay: total neto de GEI por cada GEI (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

3

CAPÍTULO

SECTOR ENERGÍA



Capítulo 3. ENERGÍA (CRT 1)

3.1. Panorama general del sector

3.1.1. Descripción del sector

El sector *energía* abarca tres grandes categorías que generan emisiones de GEI. Estas categorías corresponden a las emisiones derivadas de *actividades de quema de combustible*, las *emisiones fugitivas del combustible*, y el *transporte y almacenamiento de CO₂*, según se menciona en las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019*.

En el contexto nacional, las categorías y subcategorías incluidas junto con los GEI que resultan de las mismas son las siguientes:

1.A. Actividades de quema de combustible

1.A.1. Industrias de la energía (CO₂, CH₄ y N₂O)

1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción (CO₂, CH₄ y N₂O)

1.A.3. Transporte (CO₂, CH₄ y N₂O)

1.A.4. Otros sectores (CO₂, CH₄ y N₂O)

1.B. Emisiones fugitivas del combustible

1.B.1. Combustibles sólidos (CO₂, CH₄ y N₂O)

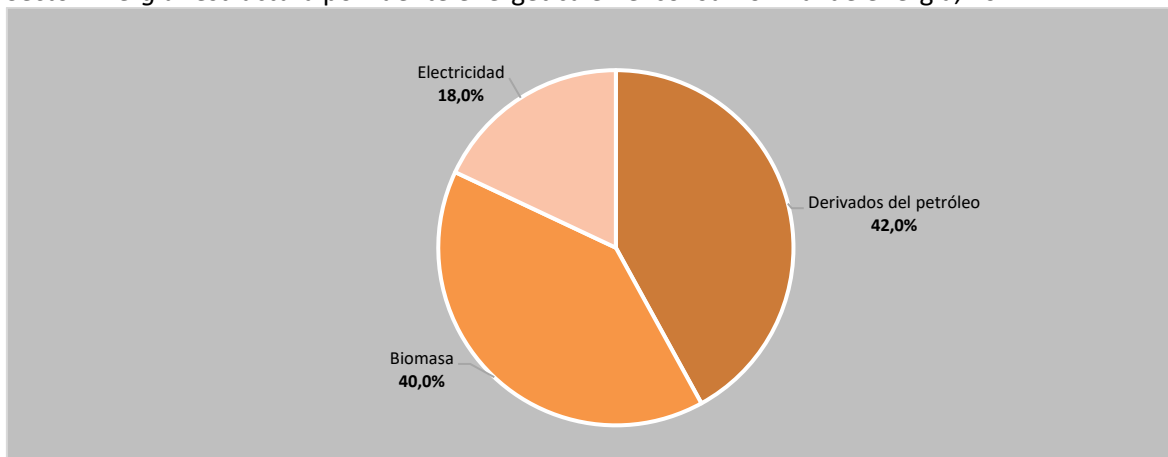
1.B.2. Petróleo y gas natural (CO₂, CH₄ y N₂O)

En Paraguay, el sector *energía* aportó el 25,7 % del total de emisiones en 2021, incluyendo las emisiones de *UTCUTS*, y el 29,6 % si se excluyen las emisiones de *UTCUTS*. Esto se debe a que gran parte de la energía consumida proviene de fuentes renovables, específicamente de la generación eléctrica a partir de sus centrales hidroeléctricas en operación: la Hidroeléctrica de Acaray, operada por ANDE; la Hidroeléctrica de Yacyretá, compartida entre Paraguay y Argentina; y, la Hidroeléctrica de Itaipú, compartida entre Paraguay y Brasil.

Como se observa en la Figura 3-1, la estructura del consumo final de energía en el país para el año 2021, se caracteriza por una fuerte participación de los productos derivados del petróleo, que representaron el 42,0 % del consumo final. A continuación, se encuentra la biomasa y sus derivados con un 40,0 %, y finalmente, la electricidad con un 18,0 %.

Figura 3-1.

Sector Energía: estructura por fuente energética en el consumo final de energía, 2021



Fuente: VMME/MOPC (2024).

Los recursos energéticos nacionales están compuestos casi exclusivamente por fuentes renovables de energía (hidroenergía y biomasa). El uso de otras fuentes alternativas de energía primaria (biodiesel, solar, etc.) es aún limitado y no intervienen de manera significativa en el BEN (VMME/MOPC, 2021).

En los BEN se visualiza que el suministro de energía en Paraguay se completa con la importación de derivados del petróleo (gas/diésel oil, gasolina para motores, gas licuado de petróleo, entre otros) para su uso en transportes, industrias, residencias, entre otros. La principal actividad relacionada con la generación de emisiones en este sector del país corresponde al *transporte terrestre*.

Hasta el año 2005, Paraguay disponía de una refinería de petróleo, propiedad de la empresa estatal PETROPAR, que operaba desde 1970 procesando petróleo crudo importado, pasando luego a importar directamente los diversos combustibles derivados de petróleo (PETROPAR, 2020).

Es importante señalar que las emisiones de CO₂ de origen biogénico no se contabilizan en el sector *energía* del INGEI, sino en el sector de *UTCUTS*.

3.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones totales del sector *energía* estimadas de GEI directos en el año 2021 fueron de 9.239,8 kt CO₂ eq, representando el 25,7 % del total de emisiones nacionales (incluyendo las emisiones de *UTCUTS*).

En la Tabla 3-1 se reporta el resumen de los resultados del inventario de 2021 del sector *energía* por gas, categoría, subcategoría y fuente. Adicionalmente se presentan los resultados de toda la serie temporal en el Anexo VI.



Tabla 3-1.

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

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO _x (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
1.	Energía	8.020,9	32,8	1,1	NA,NE,NO	NA,NE,NO	NA,NE,NO	NA,NE,NO	9.239,8
1.A.	Actividades de quema de combustible	8.020,9	16,1	1,1	NA,NE,NO	NA,NE,NO	NA,NE,NO	NA,NE,NO	8.765,9
1.A.1.	Industrias de la energía	1,7	6,9,E-05	1,4,E-05	NA,NE,NO	NA,NE,NO	NA,NE,NO	NA,NE,NO	1,7
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	1,7	6,9,E-05	1,4,E-05	NE	NE	NE	NE	1,7
1.A.1.b.	Refinación del petróleo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	253,6	1,7	0,2	NE	NE	NE	NE	359,4
1.A.2.a.	Hierro y acero	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.2.b.	Metales no ferrosos	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.2.c.	Sustancias químicas	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.2.d.	Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.2.f.	Minerales no metálicos	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.2.g.	Otros (construcción, productos de la madera, textiles, etc.)	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.3.	Transporte	7.536,4	1,5	0,7	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	7.770,4
1.A.3.a.	Aviación civil	21,1	1,5,E-04	5,9,E-04	NE	NE	NE	NE	21,2
1.A.3.b.	Transporte terrestre	7.515,3	1,5	0,7	NE	NE	NE	NE	7.749,2
1.A.3.c.	Ferrocarriles	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.3.e.	Otro tipo de transporte (todo terreno)	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.4.	Otros sectores	229,2	13,0	0,2	NE	NE	NE	NE	634,4
1.A.4.a.	Comercial/institucional	13,7	0,3	2,5,E-03	NE	NE	NE	NE	21,4
1.A.4.b.	Residencial	215,5	12,7	0,2	NE	NE	NE	NE	613,0
1.A.4.c.	Agricultura/silvicultura/pesca	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.5.	Otro (actividades militares)	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.5.a.	Estacionaria	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.A.5.b.	Móvil	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	IE, NO	16,6	3,3,E-02	NA,NE,NO	NE,NO	NE,NO	NA,NE,NO	473,9
1.B.1.	Combustibles sólidos	IE, NO	16,6	3,3,E-02	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NA,NE,NO	473,9
1.B.1.a.	Minería y manejo del carbón	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.b.	Transformación de combustibles sólidos	IE	16,6	3,3,E-02	NE	NE	NE	NE	473,9
1.B.1.c.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	NO	NO	NA,NO	NA,NO	NO	NO	NO	NA,NO
1.B.2.a.	Petróleo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.b.	Gas natural	NO	NO			NO	NO	NO	NA,NO
1.B.2.c.	Venteo y quemado	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.d.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA,NO
1.C.1.	Transporte de CO ₂	NO							NA,NO
1.C.2.	Inyección y almacenamiento	NO							NA,NO
1.C.3.	Otros	NO							NA,NO



Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO _x (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
	Elementos informativos								
1.D.1.	Combustibles internacionales	97,4	6,8,E-04	2,7,E-03	NE	NE	NE	NE	98,1
1.D.1.a.	Aviación	97,37	6,8,E-04	2,7,E-03	NE	NE	NE	NE	98,1
1.D.1.b.	Navegación	IE	IE	IE	NE	NE	NE	NE	IE
1.D.2.	Operaciones multilaterales	IE							IE,NA
1.D.3.	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	11.710,3							11.710,3
1.D.4.	CO ₂ capturado	NO							NA,NO
1.D.4.a.	Para almacenamiento nacional	NO							NA,NO
1.D.4.b.	Para almacenamiento en otros países	NO							NA,NO

Nota: NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lugar; NA o celdas en gris = no aplica.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table1** de los CRT.

Algunas fuentes de emisiones dentro del sector *energía* no ocurren en el país (NO), otras por falta de información suficiente se han incluido dentro de las estimaciones de otras categorías (IE) o no fueron estimadas (NE) en el caso de los gases precursores.

Las emisiones de GEI en el sector *energía* presentan un comportamiento creciente, con un aumento del 218,3 % con respecto al año 1990 y del 1,6 % con respecto al año 2019.

La contribución porcentual del sector *energía* en el INGEI pasó del 6,9 % en el año 1990 a un 16,6 % en el año 2019, representando un 25,7 % en el año 2021, considerando las emisiones de *UTCUTS*.

En la serie temporal se observan picos de emisiones en los años 1998, 2011, 2018 y leves descensos en los años 2000, 2005; lo cual se puede explicar por la relación existente entre el consumo de combustibles y las actividades económicas reflejadas en los valores del producto interno bruto (PIB) reportadas por el BCP (2024). Se resalta la gran influencia que ejerce el *transporte terrestre* por el aumento significativo del parque automotor a partir del 2008 con la importación de vehículos usados de menor costo y el consecuente aumento del consumo de combustible, principalmente de la gasolina para motores y el gas/diésel oil, que resultan determinantes en las variaciones de las emisiones de GEI observadas en el sector. Cabe mencionar además que el comportamiento de reducción del consumo de combustibles en 2020 está vinculada a los efectos de la emergencia sanitaria derivada de la pandemia global de COVID-19.

A nivel de categorías, las emisiones correspondientes a las *actividades de quema de combustibles* representan casi el total de las emisiones de GEI del sector *energía* durante la serie temporal, representado el 94,9 % del total de las emisiones y la categoría *emisiones fugitivas de combustibles* el 5,1 % restante.

En la Tabla 3-2 y Figura 3-2 se puede observar un resumen del total de GEI del inventario del sector *energía* por categoría y en el Anexo VI los resultados de toda la serie.

Tabla 3-2.

Sector Energía: total de GEI por categoría (kt CO₂ eq)

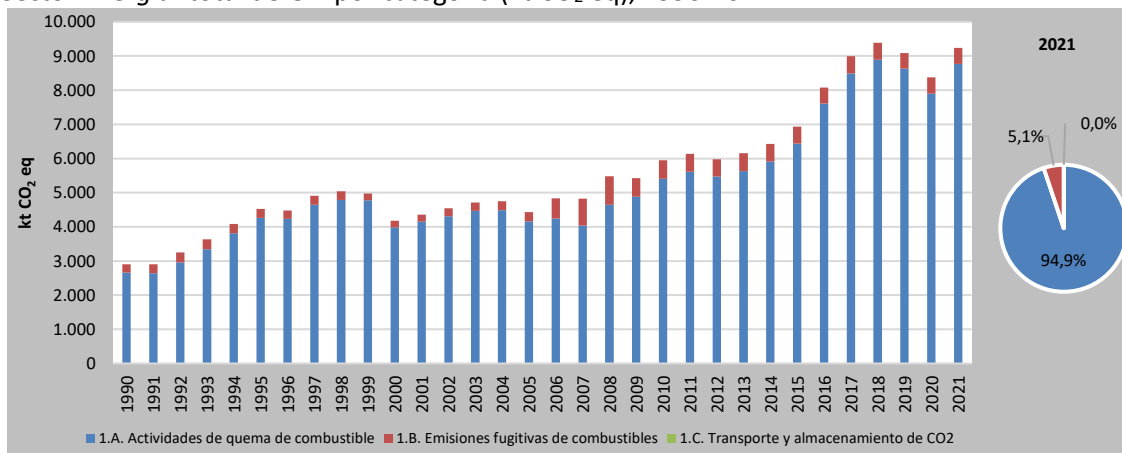
<i>Categoría</i>	<i>1990</i>	<i>1995</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2015</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2021</i>
1.A. Actividades de quema de combustible	2.658,2	4.264,5	3.984,7	4.163,4	5.401,1	6.436,4	8.629,1	7.897,4	8.765,9
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	244,3	260,8	197,0	269,0	551,6	494,4	462,6	479,1	473,9
1.C. Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	2.902,5	4.525,3	4.181,7	4.432,3	5.952,7	6.930,7	9.091,7	8.376,6	9.239,8

Nota: NO= no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-2.

Sector Energía: total de GEI por categoría (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En cuanto a las subcategorías, el *transporte* representa el 84,1 % de las emisiones del sector *energía* en el año 2021, siendo la de mayor relevancia el *transporte terrestre*. Le sigue en importancia la correspondiente a *otros sectores* con un aporte del 6,9 % siendo la de mayor relevancia la fuente *residencial*.

En la Tabla 3-3 y Figura 3-3 se puede observar el resumen del total de GEI del inventario del sector *energía* por subcategoría y en el Anexo VI los resultados de toda la serie.

Tabla 3-3.

Sector Energía: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

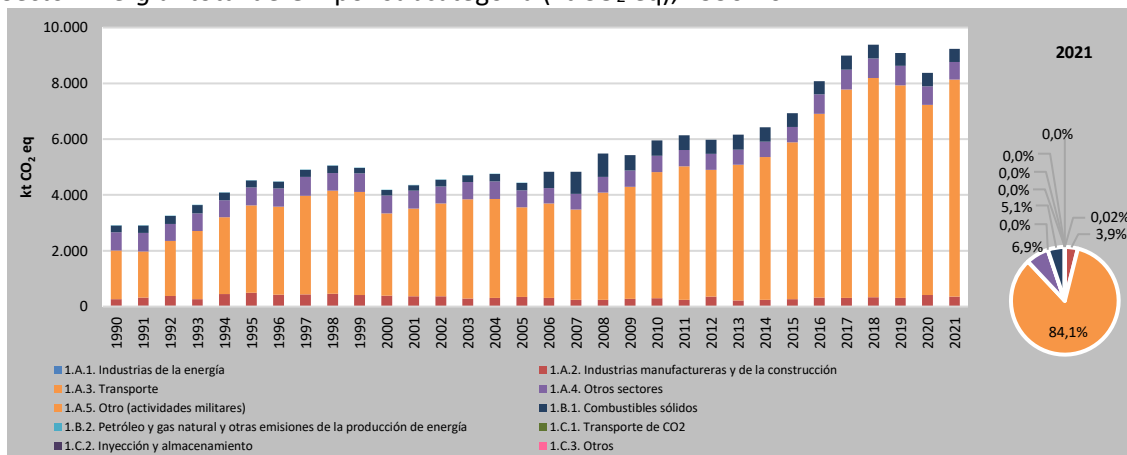
Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.A.1. Industrias de la energía	30,0	4,2	2,7	0,4	0,4	1,3	1,7	1,6	1,7
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	238,1	490,5	389,2	351,3	298,5	260,3	307,7	418,8	359,4
1.A.3. Transporte	1.744,7	3.126,2	2.953,3	3.203,5	4.521,3	5.627,5	7.623,8	6.811,4	7.770,4
1.A.4. Otros sectores	645,4	643,6	639,5	608,2	581,0	547,2	695,9	665,6	634,4
1.A.5. Otro (actividades militares)	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.B.1. Combustibles sólidos	241,2	258,8	195,9	268,7	551,6	494,4	462,6	479,1	473,9
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	3,1	2,0	1,1	0,3	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.1. Transporte de CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.2. Inyección y almacenamiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.3. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	2.902,5	4.525,3	4.181,7	4.432,3	5.952,7	6.930,7	9.091,7	8.376,6	9.239,8

Referencia: IE = incluido en otro lugar; NO= no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-3.

Sector Energía: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Con respecto a la contribución de cada GEI estimado en el sector, en la Tabla 3-4 y Figura 3-4 se pueden observar su evolución en la serie temporal, siendo el CO₂ el principal GEI emitido, representando en el año 2021 el 86,8 % de las emisiones con 8.020,9 kt CO₂ eq, el 9,9 % corresponde al CH₄ con 917,1 kt CO₂ eq, y el 3,3 % a N₂O con 301,8 kt CO₂ eq.

El principal impulsor de las emisiones de CO₂ corresponde a *transporte*, siguiendo en importancia *residencial y comercial/institucional*, *industrias manufactureras y de la construcción* y en menor medida las *industrias de la energía*.

Según los resultados del INGEI, entre los años 1990 a 2021, las emisiones de CO₂ tuvieron un incremento del 293,0 %, las emisiones de CH₄ un 25,4 % y las de N₂O un 131,4 %. Con respecto al año 2019, en el año 2021 las emisiones de CO₂ se incrementaron un 2,3 %, el CH₄ disminuyó un 3,7 % y el N₂O aumentó un 0,5 %. Se podría decir que esta disminución de CH₄ en el sector *energía* se debió a una disminución de consumo de combustible fósiles en la *aviación de cabotaje* principalmente y así también en la disminución del consumo de biomasa en la fuente *residencial*.

En la Tabla 3-4 y Figura 3-4 se puede observar un resumen de emisiones por GEI del inventario del sector *energía* y en el Anexos VI los resultados de toda la serie.

Tabla 3-4.

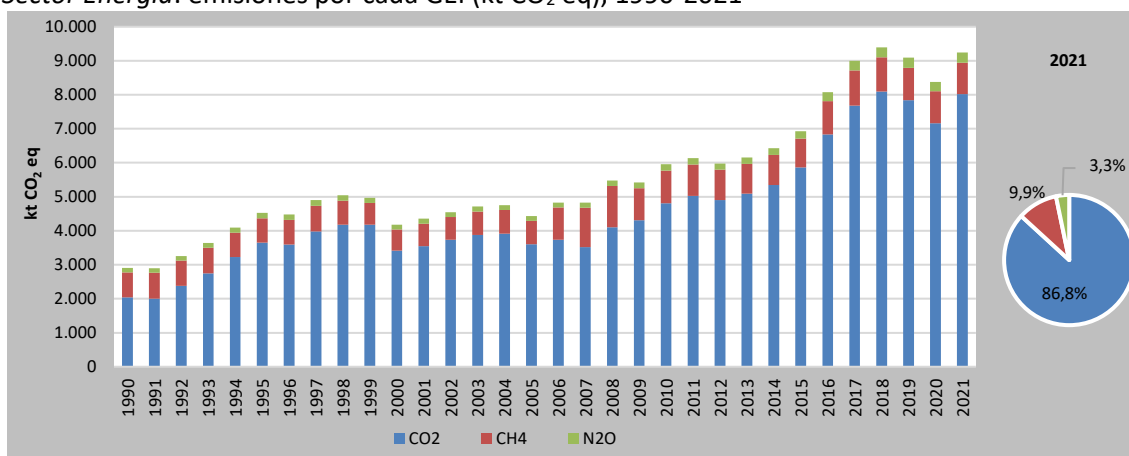
Sector Energía: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
CO ₂	2.041,1	3.647,9	3.410,5	3.604,7	4.807,8	5.862,9	7.839,0	7.161,9	8.020,9
CH ₄	731,1	722,6	628,1	686,0	957,3	851,2	952,5	938,5	917,1
N ₂ O	130,4	154,8	143,0	141,6	187,7	216,7	300,2	276,2	301,8
Total	2.902,5	4.525,3	4.181,7	4.432,3	5.952,7	6.930,7	9.091,7	8.376,6	9.239,8

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-4.

Sector Energía: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para las categorías *actividades de quema de combustibles* y *emisiones fugitivas de combustibles*, fueron utilizadas las metodologías propuestas por las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019* para las estimaciones de CO₂, CH₄ y N₂O. Se aplicaron métodos de Nivel 1 para todas las estimaciones, con factores de emisión (FE) por defecto en todos los casos. Adicionalmente para *actividades de quema de combustibles* se aplicó el *método de referencia* como verificación de las emisiones de CO₂ del *método sectorial* (ver Sección 3.2.3). En la Tabla 3-5 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI y las ecuaciones empleadas se encuentran detalladas en las secciones pertinentes de cada fuente de emisión.

Tabla 3-5.

Sector Energía: resumen de métodos aplicados por categoría

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1. Energía	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO
1.A. Actividades de quema de combustible	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.C. Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NO	NA	NA	NA	NA

Notas: T1 = nivel 1; D = por defecto; IE = incluido en otro lugar; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

El cálculo de las emisiones de GEI para este sector se realizó a través del *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

En el sector *energía* los datos de actividad (DA) son en su mayoría las cantidades de combustibles quemados, lo que es suficiente para una estimación de las emisiones de GEI aplicando un método Nivel 1. Estas informaciones son recopiladas, analizadas y publicadas a nivel nacional por el

VMME/MOPC bajo el nombre de BEN en el Sistema de información energética nacional (SIEN)⁶ y en el Sistema de información energética del Paraguay (siePARAGUAY)⁷.

Los BEN constituyen un elemento de carácter general y sistemático para la evaluación del comportamiento del sistema energético del país y constituyen un instrumento para la elaboración de los planes y la toma de decisiones en el sector (VMME/MOPC, 2024).

Los datos de los BEN se presentan en unidades físicas como metros cúbicos (m³), toneladas (t) y kilotoneladas (kt), mientras que, en el caso de los datos proporcionados por la DINAC, el consumo de combustible está expresado en litros (l). Para su estandarización, las unidades volumétricas (m³ y l), se convierten a Terajulios (TJ) mediante factores de conversión basados en los valores de densidad utilizados por OLADE y los valores calóricos netos (VCN) definidos por las *Directrices del IPCC de 2006*, los cuales están detallados en la Tabla 3-6.

Así, para la conversión de unidades de volumen a masa, se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación 3-1.

Sector Energía: fórmula para conversión de unidad de volumen a masa

$$m = \mu \times V$$

m = masa en toneladas (t o kt)

μ = densidad del combustible en toneladas o kilotoneladas por metro cúbico (t o kt/m³)

V = volumen en metros cúbico o litros (m³ o l). La relación de unidades de volumen es 1 m³ = 1.000 litros (l).

Seguidamente se procede a la conversión de t a kt, mediante la relación 1 kt = 1.000 t, y se realiza la conversión a unidades de energía terajulios (TJ) para poder introducir el dato en la planilla de cálculo y realizar las estimaciones correspondientes; así, el total anual en kt debe ser multiplicado por el VCN correspondiente, por tanto:

Ecuación 3-2.

Sector Energía: fórmula para conversión de unidad de masa a energía

$$Total\ anual\ (TJ) = Total\ anual\ (kt) \times VCN$$

Sobre esta última ecuación, es importante destacar la equivalencia entre 1 Gg = 1 kt para las conversiones respectivas.

En la Tabla 3-6 se presentan los valores de las variables utilizadas para realizar las conversiones necesarias.

⁶ Disponible en: https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1405

⁷ Disponible en: <https://sieparaguay.olade.org/>

Tabla 3-6.

Sector Energía: factores de conversión por combustible

Denominación de combustibles		Valor calórico neto (TJ/Gg)	Densidad (t/m ³)
IPCC	Paraguay	IPCC	OLADE
Petróleo crudo	Petróleo crudo	42,3	
Gasolina para motores	Gasolina, Nafta	44,3	0,8
Gasolina para la aviación	Gasolina, Nafta, Aeronafta	44,3	0,8
Queroseno para motor a reacción	Kerosene, Jet fuel, Jet A1	44,1	0,8
Otro queroseno	Kerosene, Jet fuel, Otro kerosene	43,8	0,8
Gas/diésel oil	Diésel oil, Gas oil	43	0,9
Fuelóleo residual	Fuel oil	40,4	0,9
Gases licuados de petróleo	Gas licuado de petróleo	47,3	0,6
Coque de petróleo	Coque de petróleo	32,5	
Antracita	Carbón mineral	26,7	
Madera/desechos de madera	Leña	15,6	
Otra biomasa sólida primaria	Otra biomasa	11,6	
Carbón vegetal	Carbón vegetal	29,5	
Otros biocombustibles líquidos	Etanol, Alcohol de quemar	27,4	*0,8

Fuente: IPCC (2006) y OLADE (2017 y *1995).

Los BEN publicados en Informes y resúmenes estadísticos⁸ y los BNEU, también elaborados por el VMME/MOPC, se expresan en unidades de energía, es decir en kilotoneladas equivalente de petróleo (ktep). Estos se convierten a TJ mediante la relación establecida de 1 ktep = 41,84 TJ de OLADE.

En todos los casos, los FE utilizados para calcular las emisiones de GEI directos en el sector *energía*, fueron valores por defecto extraídos de las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*.

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

3.2.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *actividades de quema de combustible* abarca a las emisiones resultantes de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o bien para utilizar fuera del aparato como se menciona en las *Directrices del IPCC de 2006*.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O producidas por el consumo de combustibles que demandan las *industrias de la energía, industrias manufactureras y de la construcción, transporte*, así como aquellas producidas por *otros sectores* (como *residencial y comercial/institucional*).

En esta sección se realiza además una comparación de los resultados de las emisiones de CO₂ con el *método de referencia* y el *método sectorial*, permitiendo verificar la validez de los cálculos realizados como se indica en dichas Directrices.

⁸ Disponible en: <https://www.ssme.gov.py/>

Por otra parte, también se exponen las metodologías y resultados de *elementos informativos* correspondientes a la *aviación internacional* y la situación sobre las *materias primas y uso no energético de combustibles*.

Esta categoría representa prácticamente el total de las emisiones del sector *energía*, representando el 94,9 % en el año 2021 con 8.765,9 kt CO₂ eq. Como se puede apreciar en la Tabla 3-7, desde 1990, las emisiones de GEI se han incrementado en un 229,8 % y con respecto al año 2019 en un 1,6 %, debido principalmente al aumento en el uso de combustibles líquidos derivados del petróleo en el *transporte terrestre*.

Los GEI de esta categoría están dados en el año 2021 principalmente por el CO₂ y en menor medida el CH₄ y N₂O.

A nivel de subcategorías, se puede observar en la Tabla 3-7 y en la Figura 3-5 que *transporte* es la de mayor importancia con un 88,6 % del total, seguido de *otros sectores (comercial/institucional y residencial)* con 7,2 %, un 4,1 % de *industrias manufactureras y de la construcción* y 0,02 % de *industrias de la energía*. En el Anexo VI se muestran los resultados de toda la serie.

Tabla 3-7.

Actividades de quema de combustible: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

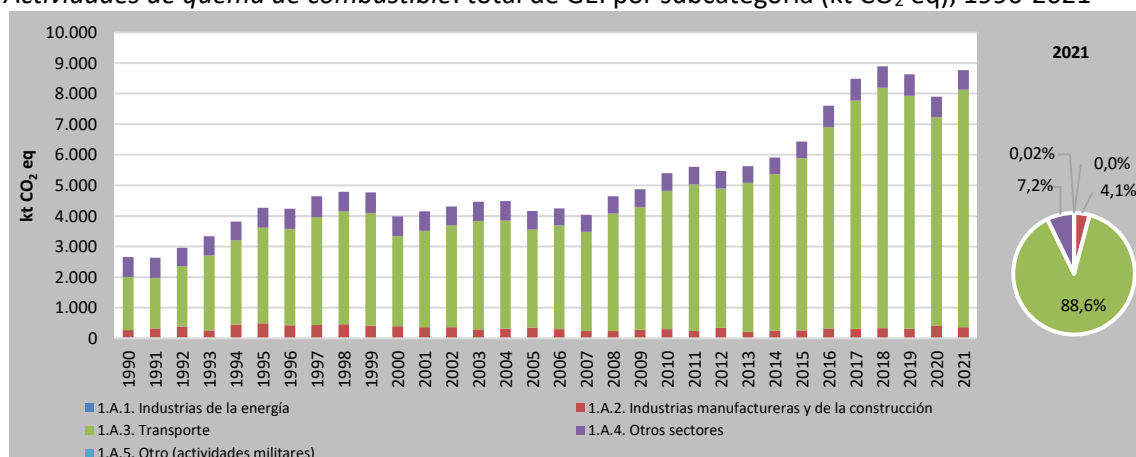
Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.A.1. Industrias de la energía	30,0	4,2	2,7	0,4	0,4	1,3	1,7	1,6	1,7
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	238,1	490,5	389,2	351,3	298,5	260,3	307,7	418,8	359,4
1.A.3. Transporte	1.744,7	3.126,2	2.953,3	3.203,5	4.521,3	5.627,5	7.623,8	6.811,4	7.770,4
1.A.4. Otros sectores	645,4	643,6	639,5	608,2	581,0	547,2	695,9	665,6	634,4
1.A.5. Otro (actividades militares)	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
Total	2.658,2	4.264,5	3.984,7	4.163,4	5.401,1	6.436,4	8.629,1	7.897,4	8.765,9

Nota: IE = incluido en otro lugar.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-5.

Actividades de quema de combustible: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de la categoría *actividades de quema de combustible* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* con FE por defecto y DA nacionales, utilizado en las Ecuaciones 3-3 y 3-4 descritas a continuación.

Ecuación 3-3.

Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI procedentes de la combustión estacionaria Nivel 1

$$Emisiones_{gases\ efecto\ invernadero} = Consumo_{combustible_{combustible}} \cdot Factor\ de\ emisión_{GEI, combustible}$$

Donde:

Emisiones_{GEI, combustible} = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI),

Consumo combustible_{combustible} = cantidad de combustible quemado (TJ),

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

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

Para calcular el total de emisiones por gas de la categoría de fuente, se suman las emisiones calculadas en la Ecuación 3-4 para todos los combustibles:

Ecuación 3-4.

Actividades de quema de combustible: total de emisiones por GEI

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

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

Las ecuaciones utilizadas para estimar emisiones de la combustión móvil se presentan en la sección correspondiente de cada fuente de emisión.

Adicionalmente esta categoría aplica *método de referencia* como una medida de verificación de las emisiones de CO₂ en comparación con el *método sectorial* (ver Sección 3.2.3).

En la Tabla 3-8 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 3-8.

Actividades de quema de combustible: resumen de métodos aplicados por subcategoría

Subcategoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A. Actividades de quema de combustible	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO
1.A.1. Industrias de la energía	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.3. Transporte	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.4. Otros sectores	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.5. Otro (actividades militares)	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Nota: T1 = nivel 1; D = por defecto; IE = incluido en otro lugar; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Las emisiones de GEI de la categoría *actividades de quema de combustible* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

3.2.2.1. Datos de actividad de la categoría

Los DA correspondientes a esta categoría provienen principalmente de los BEN elaborados por el VMME/MOPC, mientras que para la *aviación civil* se utilizaron datos proporcionados por la DINAC.

A continuación, se presenta la Tabla 3-9 y Figura 3-6, donde se observa los tipos de combustibles consumidos en toda la serie temporal 1990-2021. En algunos casos, los vacíos de información se completaron utilizando tratamientos estadísticos, cuyo resumen de métodos aplicados por tipo de combustible y fuente se presenta en la Tabla 3-10.

Tabla 3-9.

Actividades de quema de combustible: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021

Año	Combustibles líquidos								Combustibles sólidos	Biomasa			
	Gasolina para motores	Gasolina para la aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Coque de petróleo	Antracita	Madera/desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria	Carbón vegetal	Otros biocombustibles líquidos
1990	5.868,4	6,0	66,3	399,1	17.215,0	2.201,8	2.413,6	0,0	0,4	66.070,7	21.908,9	5.631,6	680,4
1991	5.784,4	6,6	125,7	401,4	16.626,9	2.100,9	2.613,7	0,0	0,4	69.746,0	22.121,2	6.139,0	785,0
1992	6.330,2	7,3	85,8	402,2	20.424,4	2.758,4	2.768,0	0,0	0,4	59.432,9	24.189,5	7.622,8	789,9
1993	7.295,8	8,1	157,7	358,8	25.064,9	2.060,4	2.924,8	0,0	0,4	59.634,1	20.924,1	7.755,6	790,7
1994	8.877,6	8,9	155,7	381,6	28.377,8	3.454,6	3.128,3	0,0	8,9	60.548,3	26.909,7	6.454,6	540,3
1995	10.437,4	9,8	129,1	403,5	32.684,8	3.267,5	3.305,0	0,0	8,9	65.477,9	29.397,9	6.546,1	294,9
1996	10.547,2	10,8	156,3	267,7	31.770,7	3.431,7	3.401,4	0,0	8,9	74.435,4	26.720,6	6.265,8	155,5
1997	10.971,3	11,9	161,9	286,5	36.236,6	3.584,0	3.566,3	0,0	8,0	78.432,1	26.963,0	6.540,2	168,3
1998	11.463,4	13,1	157,4	394,4	38.059,5	3.743,5	3.699,0	0,0	5,2	71.950,3	27.157,9	6.487,1	136,9
1999	9.855,5	14,4	81,9	149,1	39.468,7	3.490,0	4.524,2	0,0	5,2	63.821,2	27.879,4	5.026,8	225,2
2000	7.350,8	15,9	64,6	229,7	32.115,7	3.257,3	3.888,7	0,0	8,9	62.730,7	27.530,3	5.026,8	93,0
2001	7.430,7	17,5	34,7	160,4	34.631,3	3.003,1	3.420,1	0,0	8,9	65.055,1	26.153,4	5.130,1	61,3
2002	7.156,4	19,3	94,6	105,3	37.322,9	3.015,4	3.477,4	0,0	5,2	59.938,3	24.846,0	6.153,7	63,8
2003	7.707,5	21,3	122,9	93,1	39.803,5	2.012,9	3.431,7	0,0	4,1	61.024,1	24.597,8	6.280,6	63,7
2004	6.669,9	23,4	89,4	130,4	40.599,5	2.486,7	3.750,1	0,0	4,1	59.899,3	18.454,4	6.661,1	53,7
2005	6.755,6	25,8	91,2	69,9	35.877,2	2.827,1	3.880,9	0,0	8,0	58.883,8	19.063,4	6.661,1	699,7
2006	7.427,7	31,8	113,8	76,6	37.703,7	2.175,4	3.882,5	0,0	5,2	53.545,4	19.063,4	6.847,0	673,9
2007	7.648,8	51,8	113,8	54,8	35.465,9	1.270,0	3.925,7	0,0	8,9	53.888,6	18.816,4	8.147,9	1.115,7
2008	9.247,5	81,2	122,0	3,8	41.969,8	1.232,8	3.833,1	0,0	7,8	54.868,3	19.097,1	8.820,5	1.202,9
2009	10.806,0	84,3	101,1	12,9	42.557,2	1.745,9	4.042,7	0,0	4,5	56.677,9	18.739,8	7.882,4	2.257,5
2010	13.975,0	109,9	128,1	16,1	46.301,0	1.882,0	3.871,2	0,0	4,5	57.339,4	19.395,2	7.979,8	2.993,7
2011	15.702,7	129,9	127,6	16,1	47.627,2	1.694,1	4.037,7	0,0	29,9	56.373,7	18.425,9	7.112,7	3.177,4
2012	16.305,5	126,5	139,9	19,3	43.747,1	3.155,1	4.121,7	0,0	41,7	54.902,2	18.518,1	7.693,9	3.339,2
2013	16.762,3	128,9	165,1	19,3	47.858,2	1.482,2	3.927,7	0,0	5,1	49.084,2	18.702,7	9.455,3	3.938,5
2014	18.171,6	140,6	191,9	19,5	49.736,7	1.778,0	3.825,3	0,0	10,3	51.075,3	19.263,8	9.520,8	4.374,6
2015	21.166,2	142,2	171,3	19,8	53.607,2	1.831,3	3.913,5	0,0	116,7	50.894,2	19.360,1	9.673,3	5.182,2
2016	25.147,5	134,4	219,5	20,9	62.439,8	1.939,7	3.829,0	370,5	47,4	79.417,4	19.456,9	9.398,1	6.076,0
2017	30.639,7	142,4	291,2	21,0	68.921,5	194,5	3.831,8	1.635,4	36,4	80.379,5	18.484,0	10.018,5	6.289,6
2018	33.668,2	119,9	346,6	21,0	70.979,7	168,7	4.099,8	1.891,9	143,5	78.756,0	18.956,4	9.519,4	6.863,9
2019	32.028,1	140,4	344,3	21,0	69.277,0	227,5	4.146,7	1.707,5	43,9	77.595,2	18.767,3	8.841,2	8.121,1
2020	26.873,2	114,5	122,2	21,0	64.362,9	74,0	4.115,4	2.508,7	20,4	74.595,7	19.379,5	9.217,3	7.026,1
2021	32.064,6	121,9	175,2	16,3	71.946,6	31,8	4.027,1	1.914,1	21,6	74.539,1	18.446,5	7.567,2	8.413,3

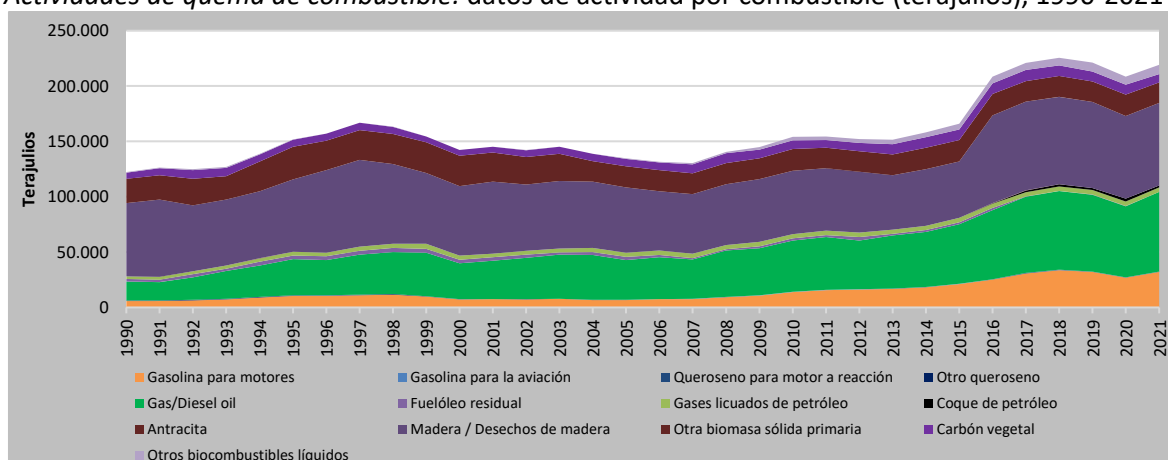
Nota: Celdas en gris = datos estimados por métodos estadísticos.

Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); PNUD (2018); VMME/MOPC y OLADE (2018); DINAC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Se puede observar en la Figura 3-6 que en el último año del INGEI el principal combustible utilizado fue la madera/desechos de madera que representa un 34,0 % del total, siguiéndole el gas/diésel oil con un 32,8 % del total.

Figura 3-6.

Actividades de quema de combustible: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); PNUD (2018); VMME/MOPC y OLADE (2018); DINAC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Tabla 3-10.

Sector energía: resumen de método estadísticos aplicados por combustible y fuente

Fuente	Combustible	Método estadístico	Criterios para la selección del método
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	Gas/diésel oil	Imputación de valores perdidos	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Antracita	Imputación de valores perdidos	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Gasolina para motores	Imputación de valores perdidos	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Otro queroseno	Tendencia lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Gas/diésel oil	Tasa compuesta	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	GLP	Tasa compuesta	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Otros biocombustibles líquidos	Tasa compuesta	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría

<i>Fuente</i>	<i>Combustible</i>	<i>Método estadístico</i>	<i>Criterios para la selección del método</i>
1.A.3.a. Aviación civil	Queroseno para motor a reacción	MCMC	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.3.a. Aviación civil	Gasolina para la aviación	Tasa Compuesta	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4. Otros sectores	Fuelóleo residual	Tendencia Lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4. Otros sectores	Otros biocombustibles líquidos	MCMC	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.a. Comercial/institucional	GLP	Interpolación lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.a. Comercial/institucional	GLP	Extrapolación de tendencia	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.a. Comercial/institucional	Madera/desechos de madera	Interpolación lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.a. Comercial/institucional	Madera/desechos de madera	Extrapolación de tendencia	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.a. Comercial/institucional	Carbón vegetal	Interpolación lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.a. Comercial/institucional	Carbón vegetal	Extrapolación de tendencia	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.b. Residencial	GLP	Interpolación lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.b. Residencial	GLP	Extrapolación de tendencia	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.b. Residencial	Madera/desechos de madera	Interpolación lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.b. Residencial	Madera/desechos de madera	Extrapolación de tendencia	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.b. Residencial	Carbón vegetal	Interpolación lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
1.A.4.b. Residencial	Carbón vegetal	Extrapolación de tendencia	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría

Fuente	Combustible	Método estadístico	Criterios para la selección del método
			estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, se aplican los FE por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* presentados en la Tabla 3-11 por subcategoría, combustible y GEI.

Tabla 3-11.

Actividades de quema de combustible: factores de emisión aplicados por subcategoría, combustible y GEI

Subcategoría/Combustible		GEI	Valor	Unidad
1.A.1. Industrias de la energía	Gasolina para motores	CO ₂	69.300,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Otro queroseno	CO ₂	71.900,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Gas/diésel oil	CO ₂	74.100,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Fuelóleo residual	CO ₂	77.400,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	kg/TJ
		CH ₄	1,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,1	kg/TJ
	Gasolina para motores	CO ₂	69.300,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Otro queroseno	CO ₂	71.900,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Gas/diésel oil	CO ₂	74.100,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Fuelóleo residual	CO ₂	77.400,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	kg/TJ
		CH ₄	1,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,1	kg/TJ
	Coque de petróleo	CO ₂	97.500,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Antracita	CO ₂	98.300,0	kg/TJ
		CH ₄	10,0	kg/TJ
		N ₂ O	1,5	kg/TJ
	Madera/desechos de madera	CO ₂	112.000,0	kg/TJ
		CH ₄	30,0	kg/TJ
		N ₂ O	4,0	kg/TJ
	Otra biomasa sólida primaria	CO ₂	100.000,0	kg/TJ
		CH ₄	30,0	kg/TJ
		N ₂ O	4,0	kg/TJ
	Carbón vegetal	CO ₂	112.000,0	kg/TJ
		CH ₄	200,0	kg/TJ
		N ₂ O	4,0	kg/TJ

Subcategoría/Combustible		GEI	Valor	Unidad
1.A.3. Transporte	Otros biocombustibles líquidos	CO ₂	79.600,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Queroseno para motor a reacción	CO ₂	71.500,0	kg/TJ
		CH ₄	0,5	kg/TJ
		N ₂ O	2,0	kg/TJ
	Gasolina para la aviación	CO ₂	70.000,0	kg/TJ
		CH ₄	0,5	kg/TJ
		N ₂ O	2,0	kg/TJ
	Gasolina para motores	CO ₂	69.300,0	kg/TJ
		CH ₄	33,0	kg/TJ
		N ₂ O	3,2	kg/TJ
	Gas/diésel oil	CO ₂	74.100,0	kg/TJ
		CH ₄	3,9	kg/TJ
		N ₂ O	3,9	kg/TJ
	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	kg/TJ
		CH ₄	62,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,2	kg/TJ
	Otros biocombustibles líquidos	CO ₂	79.600,0	kg/TJ
		CH ₄	18,0	kg/TJ
		N ₂ O	41,0	kg/TJ
	Madera/desechos de madera	CO ₂	112.000,0	kg/TJ
		CH ₄	300,0	kg/TJ
		N ₂ O	4,0	kg/TJ
1.A.4. Otros sectores	Otro queroseno	CO ₂	71.900,0	kg/TJ
		CH ₄	10,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Fuelóleo residual	CO ₂	77.400,0	kg/TJ
		CH ₄	10,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	kg/TJ
		CH ₄	5,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,1	kg/TJ
	Madera/desechos de madera	CO ₂	112.000,0	kg/TJ
		CH ₄	300,0	kg/TJ
		N ₂ O	4,0	kg/TJ
	Carbón vegetal	CO ₂	112.000,0	kg/TJ
		CH ₄	200,0	kg/TJ
		N ₂ O	1,0	kg/TJ
	Otros biocombustibles líquidos	CO ₂	79.600,0	kg/TJ
		CH ₄	10,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ

Fuente: IPCC (2006).

3.2.3. Comparación del método sectorial con el método de referencia

3.2.3.1. Descripción y tendencia del CO₂ de la comparación entre métodos

La comparación de los resultados de las emisiones de CO₂ obtenidos con el *método de referencia* y el *método sectorial* permite verificar la validez de los cálculos realizados (IPCC, 2006).

En las mismas Directrices se menciona que el *método de referencia* es un método de arriba hacia abajo que utiliza los datos de provisión de energía del país para calcular las emisiones de CO₂ procedentes de *actividades de quema de combustible* fósiles principalmente.

Por otra parte, el *método sectorial* es un método de abajo hacia arriba que usa los valores específicos de consumo de combustible de cada subcategoría para calcular las emisiones de CO₂, que en su

conjunto suman el total nacional de la categoría *actividades de quema de combustible* del sector *energía*.

En el ámbito nacional, la tendencia de las emisiones de CO₂ muestra, en algunos años, diferencias poco significativas entre los métodos utilizados. Estas variaciones se deben a diversos factores, como: diferencias en las consideraciones sobre el uso final y la transformación de combustibles; falta de datos en las estadísticas energéticas nacionales reflejadas en los BEN, los cuales fueron estimados mediante métodos estadísticos o a partir de otras fuentes; y la inconsistencia de datos de combustibles entre 1997 y 1999, originada por el traspaso de la responsabilidad de la elaboración de los balances energéticos de la STP al VMME/MOPC, entre otros factores.

En la Tabla 3-12 y Figura 3-7 se observa un resumen comparativo de las emisiones de CO₂ calculadas por el *método de referencia* y por el *método sectorial* y en el Anexo III los resultados de toda la serie.

Tabla 3-12.

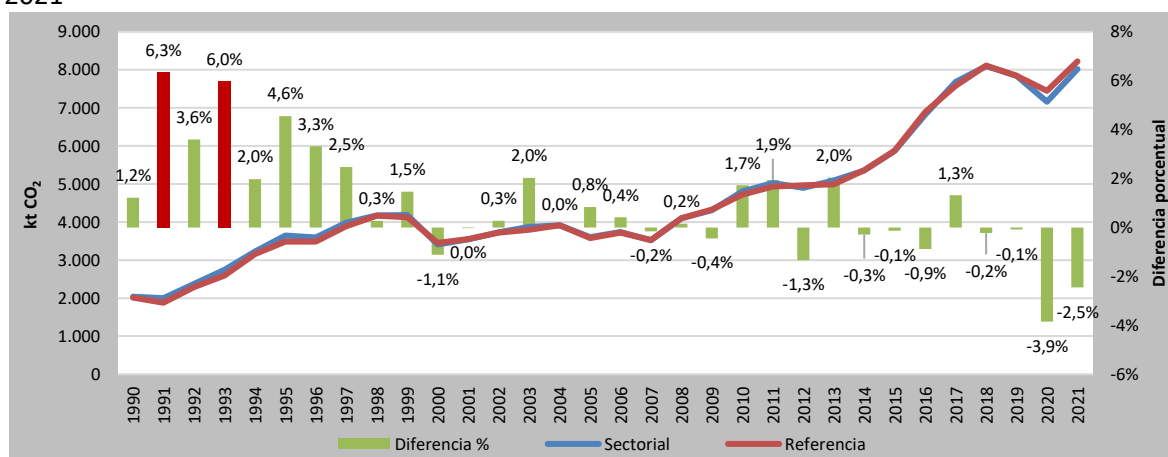
Comparación entre métodos: emisiones de CO₂ del método sectorial y de referencia (kt CO₂)

Método	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
Sectorial	2.038,9	3.646,5	3.409,8	3.604,5	4.807,8	5.862,9	7.839,0	7.161,9	8.020,9
Referencia	2.014,5	3.487,8	3.448,4	3.574,8	4.726,1	5.870,8	7.845,4	7.448,9	8.222,5
Diferencia	24,5	158,7	-38,6	29,7	81,6	-7,9	-6,4	-287,0	-201,6
Diferencia %	1,2%	4,6%	-1,1%	0,8%	1,7%	-0,1%	-0,1%	-3,9%	-2,5%

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-7.

Comparación entre métodos: emisiones de CO₂ del método sectorial y de referencia (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Considerando los criterios de las *Directrices del IPCC de 2006*, donde se menciona un 5,0 % como diferencia máxima aceptable entre ambos métodos, se puede considerar como admisibles las diferencias existentes.

3.2.3.2. Aspectos metodológicos del método de referencia

La estimación de CO₂ mediante el *método de referencia* consiste en un método de arriba hacia abajo, en el que la hipótesis es que se conserva el carbono, de modo que, por ejemplo, el carbono del

petróleo crudo es igual al contenido total de carbono de todos los productos derivados (IPCC, 2006).

La metodología del *método de referencia* desglosa el cálculo de las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustible en 5 pasos según las *Directrices del IPCC de 2006*:

- Paso 1: estimar el consumo aparente de combustible en unidades originales
- Paso 2: convertirlo en una unidad común de energía
- Paso 3: multiplicarlo por el contenido de carbono para computar el carbono total
- Paso 4: computar el carbono excluido
- Paso 5: corregir el carbono sin oxidar y convertir en emisiones de CO₂

Se expresan estos pasos en la siguiente ecuación:

Ecuación 3-5.

Comparación entre métodos: emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustible a través del método de referencia

$$Emisiones\ CO_2 = \sum_{\text{todos los combustibles}} \left[\left(\text{Consumo aparente}_{\text{combustible}} \cdot \text{Factor conv}_{\text{combustible}} \cdot CC_{\text{combustible}} \right) \cdot 10^{-3} - \text{Carbono excluido}_{\text{combustible}} \right] \cdot FOC_{\text{combustible}} \cdot 44/12$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ (Gg CO₂)

Consumo aparente_{combustible} = producción + importaciones – exportaciones – tanques de combustible internacionales – cambio en las existencias

Factor conversión_{combustible} = factor de conversión para el combustible en unidades de energía (TJ) sobre una base de VCN

CC_{combustible} = contenido de carbono (tonelada de C/TJ)

Carbono excluido_{combustible} = carbono en la alimentación a procesos y uso no energético excluido del combustible, emisiones de la quema (Gg C)

FOC_{combustible} = fracción de carbono que se oxida. Normalmente el valor es 1, lo que refleja la oxidación completa. Se usan los valores inferiores únicamente para justificar el carbono que queda retenido en forma indefinida en la ceniza o en el hollín. Nótese que ton C/TJ es idéntico a kg C/GJ

44/12 = relación del peso molecular del CO₂ al C.

Fuente: Ecuación 6.1; Capítulo 6; Volumen 2; Directrices del IPCC de 2006.

Para el *método de referencia* son utilizados como fuente de DA, las estadísticas de los BEN referentes a la producción de combustibles y su comercio interno y externo (internacional), así como las modificaciones que sufren las existencias de éstos; a partir de esta información se estima el consumo aparente.

A continuación, se presenta en la Tabla 3-13 un resumen de los DA utilizados en el *método de referencia*.

Tabla 3-13.

Comparación entre métodos: consumo aparente por tipo de combustible (terajulios), 1990-2021

Año	Petróleo crudo	Gasolina para motores	Queroseno para motor a reacción	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Coque de petróleo	Antracita
1990	13.475,8	2.410,9	-1.977,5	11.325,1	357,4	2.126,1	0,0	s/d
1991	11.805,6	2.746,1	-1.887,3	10.899,4	-2,5	2.399,6	0,0	0,4
1992	12.639,9	3.652,1	-1.181,6	14.220,5	-292,7	2.650,1	0,0	s/d
1993	10.754,6	5.001,1	-1.852,7	19.411,9	-313,9	2.752,1	0,0	s/d

Año	Petróleo crudo	Gasolina para motores	Queroseno para motor a reacción	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Coque de petróleo	Antracita
1994	10.960,8	6.732,8	-1.328,4	23.629,7	544,8	3.053,6	0,0	s/d
1995	8.666,3	8.244,9	-989,8	27.730,0	1.174,9	3.280,8	0,0	s/d
1996	6.598,6	8.906,2	108,7	27.344,1	1.730,6	3.389,2	0,0	s/d
1997	5.595,7	9.754,6	148,3	33.032,1	1.523,9	3.553,5	0,0	s/d
1998	5.485,8	10.581,9	249,8	35.458,8	1.999,3	3.692,9	0,0	s/d
1999	4.850,8	9.003,2	44,8	36.551,8	1.887,7	4.517,4	0,0	s/d
2000	4.650,2	6.830,5	56,8	30.525,9	1.606,3	3.881,1	0,0	s/d
2001	4.180,1	6.880,1	44,7	32.689,6	1.620,6	3.419,4	0,0	s/d
2002	4.045,3	6.711,0	70,4	34.819,9	2.024,7	3.467,8	0,0	s/d
2003	3.515,1	7.201,1	122,9	36.823,6	1.139,3	3.421,0	0,0	s/d
2004	2.740,5	6.256,6	73,4	39.387,4	1.597,5	3.738,1	0,0	4,1
2005	1.390,3	6.608,7	91,2	34.822,4	2.373,3	3.880,9	0,0	8,0
2006	0,0	7.496,8	173,9	37.477,8	2.190,4	3.882,5	0,0	5,2
2007	0,0	7.687,7	168,6	35.587,3	1.255,0	3.925,7	0,0	8,9
2008	0,0	9.199,8	125,8	42.023,9	1.232,9	3.833,1	0,0	7,8
2009	0,0	10.739,9	114,0	42.979,4	1.745,9	4.042,7	0,0	4,5
2010	0,0	13.698,6	149,7	45.554,6	1.905,9	3.871,2	0,0	4,5
2011	0,0	15.524,5	149,3	46.679,8	1.662,9	4.037,7	0,0	29,9
2012	0,0	15.968,7	164,4	45.195,1	3.056,6	4.121,7	0,0	41,7
2013	0,0	16.852,5	165,6	46.562,7	1.482,2	3.927,7	0,0	5,1
2014	0,0	18.346,0	208,2	49.848,5	1.871,9	3.825,3	0,0	10,3
2015	0,0	21.171,4	191,1	53.974,0	1.731,8	3.913,5	0,0	116,7
2016	0,0	25.333,5	240,3	63.254,8	1.926,8	3.829,0	370,5	47,4
2017	0,0	30.212,3	312,2	68.133,5	201,5	3.831,8	1.635,4	36,4
2018	0,0	33.668,4	354,6	71.393,2	164,7	4.099,8	1.891,9	143,6
2019	0,0	31.914,0	360,2	69.640,4	227,5	4.146,7	1.707,5	43,9
2020	0,0	27.719,8	143,6	67.584,0	74,0	4.115,4	2.508,7	20,4
2021	0,0	32.757,4	191,5	74.177,4	24,0	4.027,4	1.914,1	21,6

Nota: s/d = sin dato.

Fuente: VMME/MOPC (2024).

En cuanto a los parámetros utilizados, que hacen al FE, relacionados al contenido de carbono, los mismos provienen de las *Directrices del IPCC de 2006*, siendo presentados resumidamente en la Tabla 3-14.

Tabla 3-14.

Comparación entre métodos: contenido de carbono aplicados por combustible

Combustible	Contenido de carbono	Unidad
Petróleo crudo	20,0	t C/TJ
Gasolina para motores	18,9	t C/TJ
Queroseno para motor a reacción	19,5	t C/TJ
Gas/diésel oil	20,2	t C/TJ
Fuelóleo residual	21,1	t C/TJ
Gases licuados de petróleo	17,2	t C/TJ
Coque de petróleo	26,6	t C/TJ
Antracita	26,8	t C/TJ

Fuente: IPCC (2006).

3.2.4. Combustibles internacionales

3.2.4.1. Descripción y tendencia de los GEI de los combustibles internacionales

Esta fuente corresponde a las emisiones de combustibles del transporte internacional, según las *Directrices del IPCC de 2006*. En el presente INGEI fueron consideradas sólo las emisiones

relacionadas al transporte aéreo. Para el transporte marítimo y fluvial no se han obtenido datos que permitan realizar las estimaciones correspondientes.

Las emisiones de la *navegación marítima y fluvial*, tanto nacional como internacional, están siendo incluidos en *transporte terrestre* debido a la falta de datos desagregados para esta fuente. Esto se debe a que los emblemas que suministran combustible a las embarcaciones no registran el tipo de transporte al que venden el combustible.

La Hidrovía Paraguay-Paraná, un corredor clave para el comercio entre Argentina, Paraguay, Bolivia y Brasil, representa una fuente significativa de consumo de combustible y, en ese contexto se ha identificado como un área de mejora para los futuros ciclos del inventario.

Los GEI emitidos en la *aviación internacional* son principalmente el CO₂, así como el CH₄ y el N₂O.

En 2021, las emisiones ascendieron a 98,1 kt CO₂ eq, atribuibles en su totalidad al consumo de queroseno para motores a reacción. Esto representa un aumento del 164,3 % en comparación con el año base (1990), aunque un 49,1 % menos que en 2019. Esta disminución se debe principalmente a la reducción de vuelos internacionales ocasionada por las restricciones de movilidad impuestas por la pandemia de COVID-19.

En la Figura 3-8 se presentan notorias fluctuaciones en los valores del consumo en los años 1999 al 2001, lo cual podría deberse a los cambios en la administración de los datos estadísticos nacionales, pasando de la STP al VMME/MOPC en 1998 y posibles variaciones en el nivel de actividad.

En la Tabla 3-15 y Figura 3-8 se presenta un resumen de los valores estimados de GEI de la fuente *aviación internacional* y en el Anexo VI los resultados de toda la serie.

Tabla 3-15.

Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO₂ eq)

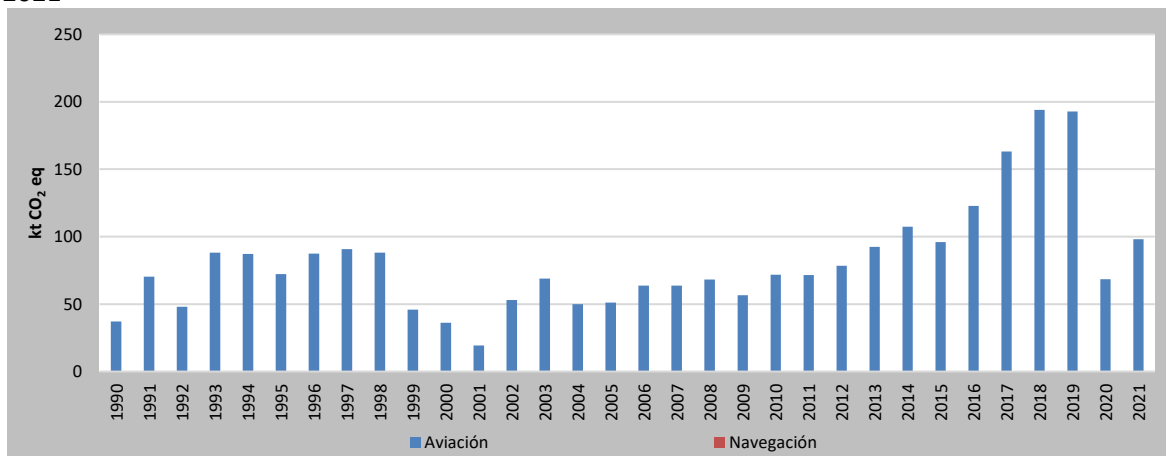
Fuente de GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
Aviación	37,1	72,3	36,2	51,0	71,8	95,9	192,8	68,4	98,1
Navegación	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
Total	37,1	72,3	36,2	51,0	71,8	95,9	192,8	68,4	98,1

Nota: IE = incluido en otro lugar.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-8.

Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.4.2. Aspectos metodológicos de los combustibles internacionales

Para estimar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O provenientes de los combustibles internacionales, se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*. Este método se basa en la cantidad de combustible consumido en la aviación y navegación internacional, multiplicado por los FE por defecto correspondientes.

La presente fuente contribuye con emisiones de GEI las cuales no son sumadas al total de emisiones del país, sino que se cuantifican y reportan como elemento informativo. Para su estimación se ha utilizado la Ecuación 3-6 para la *aviación internacional* y debido a la falta de información desagregada no se ha podido estimar las emisiones de la *navegación marítima y fluvial internacional*.

Ecuación 3-6.

Combustibles internacionales: emisiones de GEI procedentes de la aviación civil

$$\text{Emisiones} = \text{Consumo de combustible} \cdot \text{Factor de emisión}$$

Fuente: Ecuación 3.6.1; Capítulo 3; Volumen 2; Directrices del IPCC de 2006.

En la Tabla 3-16 se observa un resumen de los métodos aplicados por fuente y tipo de GEI.

Tabla 3-16.

Combustibles internacionales: resumen de métodos aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Aviación	T1	D	T1	D	T1	D
Navegación	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Referencias: T1 = nivel 1; D = por defecto; IE = incluido en otro lugar.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Las emisiones de GEI del *combustible del transporte internacional* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

Los DA utilizados fueron los recopilados del consumo de combustible en la *aviación civil*, provienen de las estadísticas nacionales de energía del BEN, tanto del SIEN (1996-2019) como del siePARAGUAY (2020-2021). También fueron recopilados datos de consumo de combustibles de la DINAC (2005-2021) utilizados como fuente de verificación.

Para los vuelos internacionales se ha considerado que los mismos utilizan en su totalidad el combustible queroseno para motor a reacción, dado que el mismo es utilizado para motores a turbina, propios de los aviones utilizados en vuelos internacionales.

Para la estimación de los datos anteriores al año 1996, fue realizado un tratamiento estadístico a los datos disponibles, resultando el más apropiado el método de Cadena de Markov de Monte Carlo (MCMC por sus siglas en inglés).

Según los datos de los BEN publicados en siePARAGUAY (2020-2021), el 88,6 % del consumo de queroseno para motor a reacción se destina a búnker (considerado internacional), mientras que el 11,4 % se destina a transporte (considerado nacional). Este porcentaje se aplicó retroactivamente a toda la serie temporal para desagregar el consumo de este combustible entre vuelos nacionales e internacionales.

El comportamiento en los niveles de consumo de combustibles del 2020 está altamente vinculado al impacto del COVID-19, lo cual obligó a restricciones más o menos severas en cuanto a la movilidad de las personas como lo menciona el VMME/MOPC (2024).

A continuación, se presenta en la Tabla 3-17 y Figura 3-9 los DA de la *aviación internacional* para toda la serie temporal 1990-2021.

Tabla 3-17.

Combustibles internacionales: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021

<i>Año</i>	<i>Queroseno para motor a reacción</i>
1990	515,3
1991	976,9
1992	666,7
1993	1.225,3
1994	1.209,9
1995	1.003,5
1996	1.214,8
1997	1.258,3
1998	1.223,3
1999	636,6
2000	501,9
2001	269,9
2002	735,0
2003	955,2
2004	694,6
2005	708,6
2006	884,4
2007	884,4
2008	947,9
2009	786,0
2010	995,9

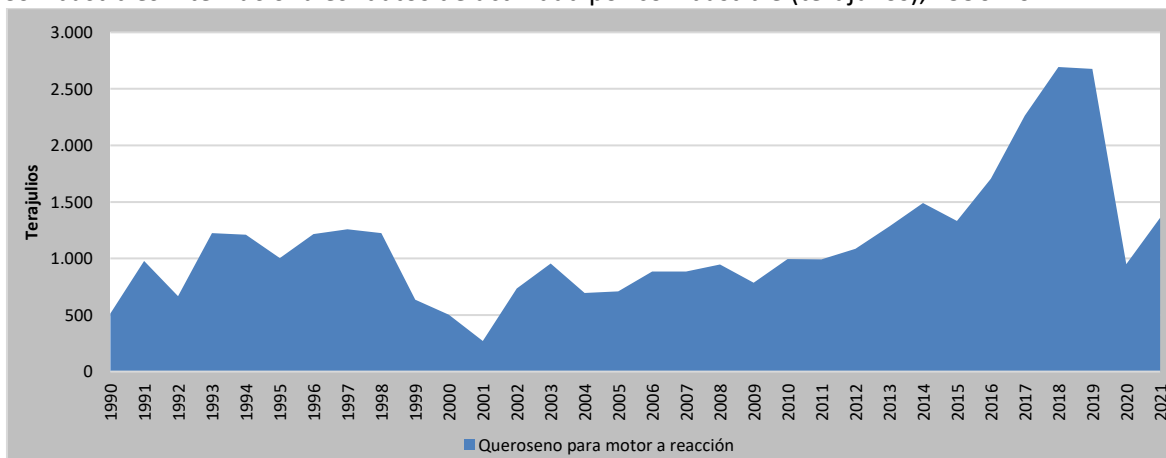
2011	992,0
2012	1.087,2
2013	1.283,5
2014	1.491,2
2015	1.331,6
2016	1.705,9
2017	2.263,2
2018	2.693,7
2019	2.675,6
2020	949,5
2021	1.361,8

Nota: Celdas en gris = datos estimados por métodos estadísticos.

Fuente: VMME/MOPC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-9.

Combustibles internacionales: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O fueron tomados por defecto, del Volumen 2, Capítulo 3, Cuadro 3.6.4 y 3.6.5 de las *Directrices del IPCC de 2006* como se muestran en la Tabla 3-18.

Tabla 3-18.

Combustibles internacionales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI y combustible

Fuente de GEI/Combustible		GEI	Valor	Unidad
Aviación	Queroseno para motor a reacción	CO ₂	71.500,0	kg/TJ
		CH ₄	0,5	kg/TJ
		N ₂ O	2,0	kg/TJ

Fuente: IPCC (2006).

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta fuente no es una categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), no se incluye dicho análisis.

Por otra parte, la serie podría considerarse consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta subcategoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con la misma fuente de datos, pero con ajuste en la metodología de relevamiento de datos del SIEN (con metodología OLADE para los BEN 1990-2019) y del siePARAGUAY (con metodología de las Recomendaciones internacionales para las estadísticas de energía (IRES) para

los BEN 2020-2021). Los vacíos de información fueron llenados mediante un mismo método estadístico.

3.2.5. Materias primas y uso no energético de los combustibles

Las emisiones de CO₂ de los usos no energéticos de los combustibles, vinculados al consumo/uso de lubricantes (incluido grasas y aceites) y ceras de parafina, se reportan en el sector *IPPU*.

Como plan de mejora respecto a este ítem, se propone identificar la asignación apropiada de los lubricantes según su uso final, estimar las emisiones de GEI correspondientes a su uso en motores de dos tiempos y reportarlas en *transporte terrestre* o más específicamente en la fuente *motocicletas*.

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

3.2.6.1. Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Esta subcategoría incluye las emisiones de todos los usos de combustible para la generación de electricidad de productores como actividad principal, excepto las centrales de generación combinadas de calor y energía. Todas las actividades de combustión que respaldan la refinación de los productos del petróleo incluyen la quema en el sitio para la generación de electricidad y calor para uso propio, excepto las emisiones por evaporación que ocurren en las mismas que se contabilizan en la categoría de emisiones fugitivas según las *Directrices del IPCC de 2006*.

En el contexto nacional, se tienen emisiones de GEI por *actividades de quema de combustible* debido a las actividades de *generación de electricidad* en centrales térmicas y en el proceso de *refinación del petróleo* en los años que estuvo operativa la única refinería de petróleo que dispone el país y *otras industrias de la energía* como la *producción de carbón vegetal*. Cabe mencionar sobre este último punto que no hay metodología en las *Directrices del IPCC de 2006* ya que, en rigor, no se produce una combustión sino una pirolisis, de manera que no son aplicables los factores por defecto del IPCC para combustión. Cabe mencionar que el carbón vegetal producido se reporta en la fuente correspondiente donde se lo consume.

En el primer caso, la *generación de electricidad* por la quema de combustibles constituye una alternativa para aquellas zonas donde no llega el sistema de distribución de energía eléctrica alimentada por las hidroeléctricas. En el caso de las actividades de *refinación del petróleo*, las mismas se realizaron hasta el año 2005, año en el que quedó inactiva. Por los motivos expuestos, esta subcategoría no tiene actualmente mucha relevancia a nivel nacional.

A nivel país, y a lo largo del periodo de estudio, la ANDE genera energía eléctrica a través de algunas centrales térmicas, alimentadas por gas/diésel oil, en ciudades que no están conectadas a la red eléctrica nacional, entre ellas las centrales de Bahía Negra, Loma Plata, Filadelfia y Nueva Mestre. Esto con una tendencia decreciente a fin de llegar a un suministro total de energía de fuentes renovables, manteniendo las centrales térmicas solo para casos de emergencias.

En el año 2021, la presente subcategoría contribuye en un 0,02 % al total del sector *energía* con emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O. Se observa una disminución del 94,3 % considerando el año 2021 con

respecto a 1990, y una disminución del 2,6 % con respecto al año 2019. En el año 2005 cesan las actividades de la *refinación del petróleo* de PETROPAR.

El principal impulsor de las emisiones de GEI en *industrias de la energía* para el año 2021 fue el combustible gas/diésel oil utilizado en las centrales térmicas existentes en el país. La cantidad de GEI estimada de esta subcategoría se presenta en la Tabla 3-19 y Figura 3-10.

Tabla 3-19.

Industrias de la energía: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

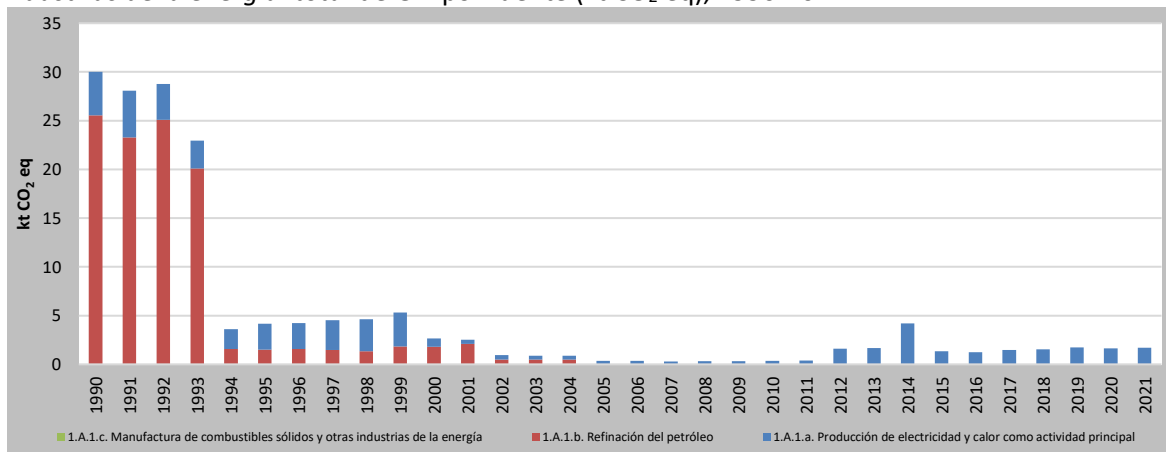
Fuente de GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	4,5	2,7	0,9	0,4	0,4	1,3	1,7	1,6	1,7
1.A.1.b. Refinación del petróleo	25,5	1,5	1,8	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	30,0	4,2	2,7	0,4	0,4	1,3	1,7	1,6	1,7

Nota: NO = no ocurre; NA = no aplica.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-10.

Industrias de la energía: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.6.2. Aspectos metodológicos de la subcategoría

De acuerdo con el árbol de decisiones de las *Directrices del IPCC de 2006* y al no tratarse de una categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), se realizan las estimaciones de CO₂, CH₄ y N₂O aplicando el Nivel 1. Esto implica el uso de DA nacionales y FE por defecto, aplicando las Ecuaciones 3-3 y 3-4 para cada categoría de fuente y combustible. A continuación, se presenta en la Tabla 3-20 un resumen de las metodologías aplicadas por fuente de GEI.

Tabla 3-20.

Industrias de la energía: resumen de métodos aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.1. Industrias de la energía	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.A.1.a. Actividad principal Producción de electricidad y calor	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.1.a.ii. Generación combinada de calor y energía (CHP)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.a.iii. Plantas generadoras de energía	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.b. Refinación del petróleo	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c.ii. Otras industrias de la energía	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Nota: T1 = nivel 1; D = por defecto; IE = incluido en otro lugar; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Las emisiones de GEI de la subcategoría *industrias de la energía* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

3.2.6.2.1. Datos de actividad de la subcategoría

El país cuenta con estadísticas nacionales de energía disponible en los BEN elaborados por el VMME/MOPC, en donde se contabiliza la quema de gas/diésel oil para generar electricidad. Parte de la generación de energía eléctrica en el país proviene de la quema de combustibles fósiles, siendo responsabilidad de la ANDE, organismo nacional de electricidad.

En los datos del BEN correspondientes a los años 1997 y 1998, se observan valores nulos de consumo, lo cual se debe a que entre los años 1996 y 1997 se realizó el traspaso de la administración y gestión de los datos energéticos nacionales desde la STP al VMME/MOPC, lo cual generó un vacío de información. Este vacío ha sido completado mediante el método estadístico de imputación de valores perdidos.

Se puede observar un comportamiento general muy irregular del consumo de gas/diésel oil en las centrales termoeléctricas de la ANDE. Esto se explica por cambios operacionales y de suministro de combustible. El descenso brusco del año 2000 se debe a la ampliación del servicio de suministro eléctrico proveniente de centrales hidroeléctricas en la ciudad de Pedro Juan Caballero que dependía de centrales térmicas. Entre los años 2001 y 2011 se observa un consumo estable correspondiente a la operación de las centrales térmicas en las ciudades de Bahía Negra y Fuerte Olimpo.

El crecimiento observado desde el año 2012 se atribuye a la instalación de centrales térmicas de la ANDE para abastecer de energía a las ciudades de Loma Plata, Filadelfia y Salto del Guairá. En particular, el consumo en Salto del Guairá se amplió en 2014 debido a su importancia comercial y económica para el país, ya que su ubicación, a más de 200 km de la central eléctrica de Itaipú, conlleva una vulnerabilidad a problemas en la red de alimentación que afectan la calidad del suministro energético.

Sin embargo, este consumo disminuyó en 2015 tras la habilitación de una subestación eléctrica en Salto del Guairá conectada a la red nacional de origen hidroeléctrico. A partir de entonces, se registró un leve crecimiento hasta 2021, impulsado por la demanda energética en ciudades como Mariscal Estigarribia, Bahía Negra y Nueva Mestre, las cuales son abastecidas por centrales térmicas. Esta tendencia se detalla en la información desglosada por central térmica, obtenida de los anuarios estadísticos del INE (2023).

En cuanto a los datos de refinamiento de petróleo, según el VMME/MOPC (2021), Paraguay disponía desde el año 1970 de una refinería de petróleo propiedad de la empresa estatal PETROPAR y cuyas operaciones fueron cerradas en el año 2005. La refinería estuvo procesando petróleo crudo importado y cesó sus actividades por no tener rentabilidad, pasando a importar directamente los diversos combustibles derivados de petróleo. Los BEN proporcionan informaciones del autoconsumo de combustibles como: gasolina para motores, otro queroseno, gas/diésel oil, fuelóleo residual y GLP, utilizados en la refinería de petróleo.

En la Tabla 3-21 y las Figuras 3-11 y 3-12 se presentan los DA utilizados para toda la serie temporal 1990-2021.

Tabla 3-21.

Industrias de la energía: datos de actividad por fuente de GEI y combustible (terajulios), 1990-2021

Año	1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	1.A.1.b. Refinación del petróleo				
	Gas/diésel oil	Gasolina para motores	Otro queroseno	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo
1990	60,3	1,7	0,0	12,2	315,4	0,4
1991	64,7	2,1	0,4	10,5	287,0	0,4
1992	49,4	2,6	0,0	16,6	304,1	1,3
1993	38,5	0,0	0,0	0,0	258,9	0,0
1994	27,1	6,8	0,0	12,7	0,0	2,6
1995	35,8	9,0	0,4	9,6	0,4	1,7
1996	35,8	12,4	0,0	6,1	0,4	3,5
1997	40,9	12,4	0,0	5,5	0,0	3,5
1998	44,0	12,4	0,0	4,9	0,0	1,9
1999	47,0	13,3	0,0	10,7	0,0	1,8
2000	11,6	15,7	0,0	4,4	0,0	5,8
2001	5,8	15,7	0,0	6,8	0,0	7,8
2002	6,2	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0
2003	5,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0
2004	5,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0
2005	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2010	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2012	21,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	56,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2017	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2018	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

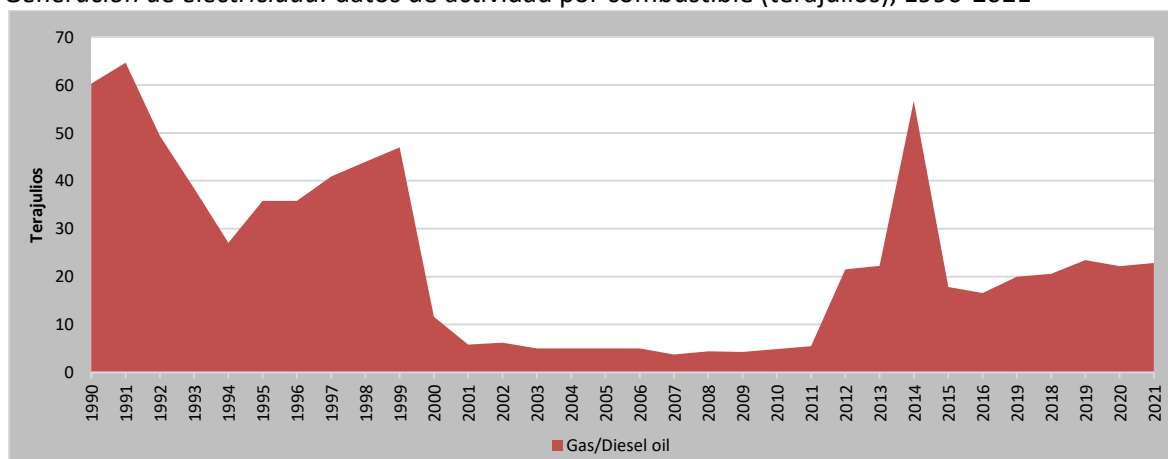
Año	1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	1.A.1.b. Refinación del petróleo				
	Gas/diésel oil	Gasolina para motores	Otro queroseno	Gas/diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo
2019	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2020	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2021	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota: Celdas en gris = datos estimados por métodos estadísticos.

Fuente: Fuente: VMME/MOPC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-11.

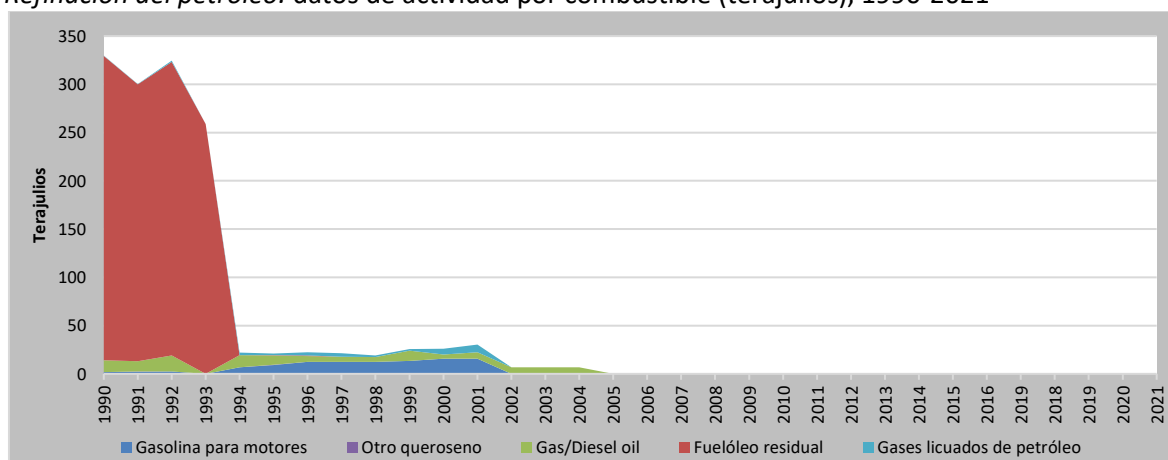
Generación de electricidad: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-12.

Refinación del petróleo: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2024).

}

3.2.6.2.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de GEI de la subcategoría fueron tomados por defecto por tipo de combustible, del Volumen 2, Capítulo 2, Cuadro 2.2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todos los GEI estimados como se muestra en la Tabla 3-22.

Tabla 3-22.

Industrias de la energía: factores de emisión aplicados por combustible

Fuente de GEI		GEI	Valor	Unidad
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	Gas/diésel oil	CO ₂	74.100,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Gasolina para motores	CO ₂	69.300,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Otro queroseno	CO ₂	71.900,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Gas/diésel oil	CO ₂	74.100,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Fuelóleo residual	CO ₂	77.400,0	kg/TJ
		CH ₄	3,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,6	kg/TJ
	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	kg/TJ
		CH ₄	1,0	kg/TJ
		N ₂ O	0,1	kg/TJ

Fuente: IPCC (2006).

3.2.6.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

3.2.6.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis. Un resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas se presenta en la Sección 1.9.

Por otra parte, la serie podría considerarse consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta subcategoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con la misma fuente de datos, pero con ajuste en la metodología de relevamiento de datos del SIEN (con metodología OLADE para los BEN 1990-2019) y del siePARAGUAY (con metodología IRES para los BEN 2020-2021). Los vacíos de información fueron llenados mediante un mismo método estadístico.

3.2.6.5. Nuevos cálculos de la subcategoría

La Tabla 3-23 presenta una comparación de emisiones. En el INGEI actual se ajustaron factores de conversión, como la densidad de OLADE y los valores calóricos netos del IPCC, además de actualizarse los datos estadísticos, el FE de la gasolina para motores y el uso del PCG de 28 para CH₄. Sin embargo, no se observan diferencias significativas en comparación con el INGEI previo.

Tabla 3-23.

Industrias de la energía: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	30,5	4,0	2,6	0,4	0,3	1,3	1,7		
INGEI actual	30,0	4,2	2,7	0,4	0,4	1,3	1,7	1,6	1,7
Diferencia	-0,5	0,1	2,4,E-02	1,6,E-02	1,5,E-02	0,1	0,1		
Diferencia %	-1,5%	3,0%	0,9%	4,3%	4,2%	4,3%	4,2%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.6.6. Mejoras planificadas para la subcategoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la subcategoría para los futuros inventarios:

- Relevar datos históricos de combustibles utilizado por la ANDE en sus centrales termoeléctricas y por PETROPAR para la refinación de petróleo, recurriendo a los registros de las instituciones.
- Apoyar y participar en las acciones que viene desarrollando el VMME/MOPC a través del proceso de armonización del lenguaje a nivel nacional en el subsistema de energía conforme a las recomendaciones de Naciones Unidas y alineados a los requerimientos del INGEI, para unificar criterios de elección de factores de conversión en el proceso de elaboración de los balances energéticos.
- Coordinar con la Dirección de Evaluación de impacto ambiental (EvIA) del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de licencias ambientales y realización de auditorías ambientales.
- Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.
- Estimar las emisiones de gases precursores (CO, NO_x, COVDM y SO_x).

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

3.2.7.1. Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Incluyen las emisiones por la quema de combustibles en la industria, la quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias (IPCC, 2006).

A nivel país no se cuenta con suficiente información de datos desagregados por tipo de industrias, más el VMME/MOPC cuenta con estadísticas nacionales considerando los diferentes tipos de combustibles (antracita, GLP, gasolina para motores, gas/diésel oil, fuelóleo residual, otro queroseno, coque de petróleo, otros biocombustibles líquidos, carbón vegetal, madera/desechos de madera y otra biomasa sólida primaria).

El comportamiento del consumo de combustible en *industrias manufactureras y de la construcción* depende en gran medida de la utilización de madera/desechos de madera y otra biomasa sólida primaria, siendo el coque de petróleo y el fuelóleo residual los más relevantes de origen fósil, utilizado en industrias de minerales, químicas, entre otros.

La presente subcategoría contribuye en un 3,9 % al total del sector *energía* para el 2021 con emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O.

En 2021, las emisiones de GEI contabilizaron 359,4 kt CO₂ eq. Desde el año 1990, las emisiones han aumentado en un 51,0 % y un 16,8 % con respecto al 2019, tal como se observa en la Tabla 3-24 y en la Figura 3-13. En Anexo VI se presenta los resultados de toda la serie.

Tabla 3-24.

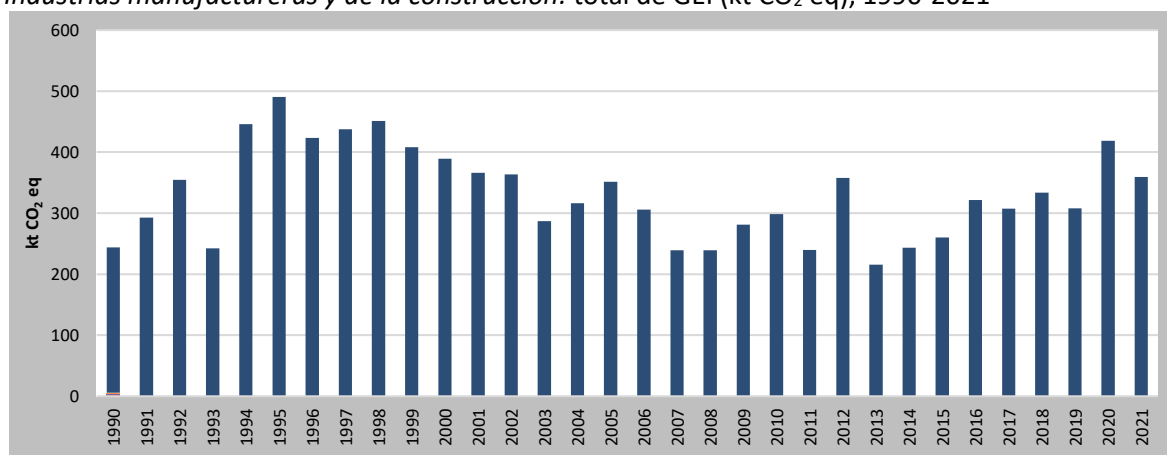
Industrias manufactureras y de la construcción: total de GEI (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	238,1	490,5	389,2	351,3	298,5	260,3	307,7	418,8	359,4
Total	238,1	490,5	389,2	351,3	298,5	260,3	307,7	418,8	359,4

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-13.

Industrias manufactureras y de la construcción: total de GEI (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.7.2. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O se utilizan metodologías de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* al no tratarse de una categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN). De esta forma, se utilizan los DA nacionales y FE por defecto, aplicando la Ecuación 3-3. Para obtener el total de emisiones de cada gas en la subcategoría, se suman las emisiones calculadas mediante la Ecuación 3-3 para todos los combustibles, conforme a lo especificado en la Ecuación 3-4. En la Tabla 3-25 se presenta un resumen de las metodologías aplicadas por fuente de GEI.

Tabla 3-25.

Industrias manufactureras y de la construcción: resumen de métodos aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.2.a. Hierro y acero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.b. Metales no ferrosos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.c. Sustancias químicas	IE	IE	IE	IE	IE	IE
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	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.g. Otros (construcción, productos de madera, textil, etc.)	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Referencias: T1 = nivel 1; D = por defecto; IE = incluido en otro lugar.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Según el VMME/MOPC, el consumo de combustibles de los distintos tipos de industrias en los BEN se incluye como un total global dentro de industrial. Sin embargo, desde el BEN 2020, se ha logrado una mayor desagregación de la información parcialmente consistente con el IPCC.

Además, el VMME/MOPC indica que el consumo de combustibles en la *construcción* en los BEN podría estar siendo incluida dentro de *transporte* y de *otros sectores*.

Cabe mencionar que el carbono presente en combustibles como la biomasa se declara como partida informativa y no se contabiliza en los totales de este sector, para evitar el cómputo doble, puesto que las emisiones netas de la biomasa ya se contabilizan en el sector *UTCUTS*. Aunque las emisiones de CO₂ del carbono biogénico no estén incluidas en los totales del sector *energía*, la quema de estos combustibles en las fuentes móviles genera CH₄ y N₂O antropogénicos, que se calculan y declaran en las estimaciones de las emisiones de este sector, según se indica en las *Directrices del IPCC del 2006*.

Las emisiones de GEI de la subcategoría *industrias manufactureras y de la construcción* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*. Cabe destacar que el software no permite realizar estimaciones en 1.A.2, sino únicamente en las fuentes incluidas dentro de esta. Por ello, en el caso específico de Paraguay, se optó por realizar el cálculo en 1.A.2.m.

3.2.7.2.1. Datos de actividad de la subcategoría

Se utilizan datos estimados de quema del combustible procedente de las estadísticas nacionales de energía (BEN), considerando los diferentes tipos de combustible: gasolina para motores, otro queroseno, gas/diésel oil, fuelóleo residual, GLP, coque de petróleo, antracita, madera/desechos de madera, otra biomasa sólida primaria, carbón vegetal y otros biocombustibles líquidos.

El comportamiento del consumo de combustible en industrias depende en gran medida del uso de madera/desechos de madera y otra biomasa sólida primaria. Entre los combustibles de origen fósil, el coque de petróleo y el fuelóleo residual son los más relevantes, especialmente en la producción de minerales, químicos, entre otros. En los últimos años, el consumo de fuelóleo residual ha disminuido debido a la adopción de nueva tecnología en una industria cementera, que ha pasado a utilizar coque de petróleo como nuevo combustible. La incorporación de coque de petróleo en los últimos años se ha centrado principalmente en la producción de cemento que desde 2014 inicia sus

operaciones una nueva industria privada de cemento. Los picos de aumento en la demanda de antracita pueden atribuirse a su uso en la producción de acero por parte de la empresa ACEPAR S.A., que entre 2014 y 2018 arrendó sus instalaciones a VETORIAL S.A. Sin embargo, esta última ha enfrentado numerosos problemas operativos y actualmente se encuentra inactiva.

El consumo de carbón vegetal en industria también está vinculado a la producción de acero. En general el comportamiento del consumo de dicha biomasa y la producción de acero crudo tienen un comportamiento relativamente similar. En los períodos 1994-1997 y 1999-2001, se observan ciertas fluctuaciones que asumimos estarían explicadas por las condiciones del proceso productivo. Cabe mencionar además que en el período anterior a 1999, los balances eran elaborados por la STP, pasando luego a la administración del VMME/MOPC.

Las disminuciones presentadas en la serie temporal del consumo de madera/desechos de madera y otra biomasa sólida primaria en industria se puede explicar por el aumento sostenido del consumo de electricidad de fuente hidroeléctrica, relacionado con la ampliación de la cobertura de la red de distribución de energía eléctrica. No se dispone de elementos que pudieran explicar el comportamiento del consumo de madera/desechos de madera anterior al año 1999 o si se trata de errores de cálculo, registro o estimación por el cambio de administración de la STP al VMME/MOPC. En el período 2000-2001, el comportamiento del consumo de madera/desechos de madera coincide aproximadamente con el comportamiento del valor agregado (en moneda nacional a precios constantes) para el sector económico industria (descontando construcción), lo que explicaría parcialmente dicho comportamiento.

Se observa la ausencia de datos de GLP, gasolina para motores, otro queroseno y otros biocombustibles líquidos, anteriores al año 2004. Esto se explica por la no contabilización de dichos consumos en el BEN considerando que la administración de dichos datos por parte del VMME/MOPC se inició en el año 1999, siendo antes realizado por la STP. También se debe considerar que en el año 1997 se implementa la digitalización de los registros de Aduanas a través del sistema SOFIA. Respecto al comportamiento del consumo de GLP específicamente, este presenta irregularidades en la serie histórica, lo cual puede ser explicado por el ingreso de contrabando, no reflejándose esto en los datos oficiales.

De la misma manera, el consumo de gas/diésel oil en período anterior a 1999 se obtiene de datos de los BEN elaborados por la STP, no contando con elementos que pudieran explicar el comportamiento del consumo en ese período o si se trata de errores de cálculo, registro o estimación. A partir del BNEU realizado en 2011, se conoce que se registran consumos de gas/diésel oil industrias. Sin embargo, siguiendo la metodología aplicada en el balance en términos de energía final que se elabora anualmente, estos consumos están registrados en transporte, según indica el VMME/MOPC. Esto explica la ausencia de datos del consumo de gas/diésel oil en industria desde el año 2000, pasando luego a ser incluido en transporte del BEN, cuyo llenado de vacíos de información mediante método estadístico fue descontado del gas/diésel oil incluido en transporte dentro de los BEN.

Los consumos de gasolina para motores registrados para industria no están vinculados directamente a los niveles de producción o gestión del sector por lo que no resulta evidente una razón que explique el comportamiento observado.

La caída en la actividad económica del país y principalmente en la industria manufacturera, el comercio y los servicios en general del 2020 está altamente vinculado al impacto del COVID-19 que tuvo su contribución en el decrecimiento en la demanda de estos energéticos.

Los tratamientos estadísticos realizados a los datos para el llenado de vacíos de la presente subcategoría fueron: el método estadístico de imputación de valores perdidos para la antracita y gasolina para motores; el método estadístico de tendencia lineal para otro queroseno; y, el método estadístico de tasa compuesta para gas/diésel oil, GLP y otros biocombustibles líquidos.

En la Tabla 3-26 y Figura 3-14 se presentan los DA utilizados para toda la serie temporal 1990-2021.

Tabla 3-26.

Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021

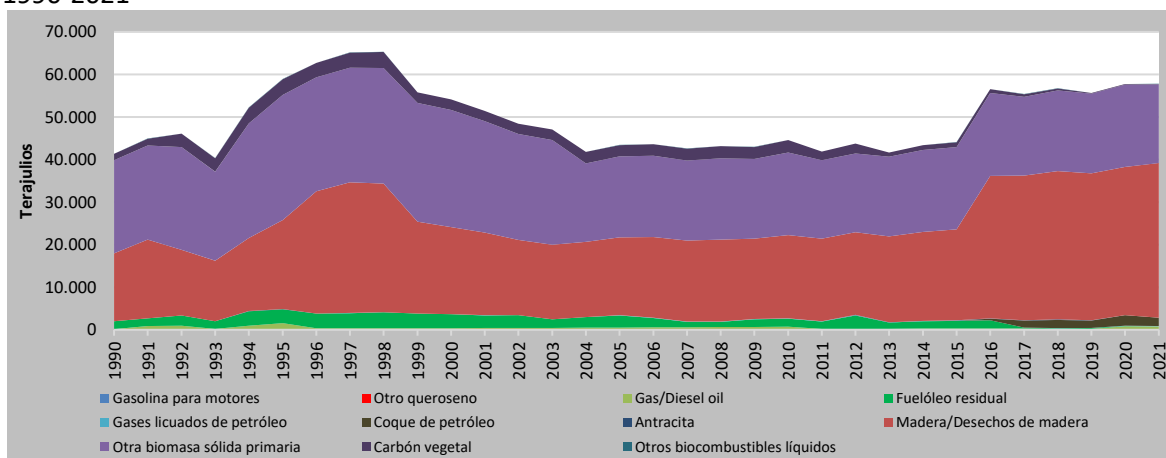
Año	Gasolina para motores	Otro queroseno	Gas/diésel oil	Fuelóleo o residual	Gases licuados de petróleo	Coque de petróleo	Antracita	Madera/desechos de madera	Otra biomasa sólida primaria	Carbón vegetal	Otros biocombustibles líquidos
1990	59,4	29,6	57,7	1.876,4	4,1	0,0	0,4	15.947,9	21.908,9	1.439,6	23,3
1991	59,4	28,8	779,1	1.804,4	4,6	0,0	0,4	18.486,0	22.121,2	1.628,4	23,2
1992	59,4	27,9	832,4	2.445,0	5,2	0,0	0,4	15.376,9	24.189,5	3.153,6	23,1
1993	59,4	27,0	119,7	1.792,6	3,0	0,0	0,4	14.238,1	20.924,1	3.159,5	23,0
1994	59,4	26,1	840,3	3.445,9	4,3	0,0	8,9	17.188,1	26.909,7	3.734,7	22,9
1995	59,4	25,2	1.476,5	3.258,7	4,3	0,0	8,9	20.929,0	29.397,9	3.752,4	22,8
1996	59,4	24,4	299,3	3.423,1	4,8	0,0	8,9	28.757,0	26.720,6	3.398,4	22,7
1997	54,0	23,5	272,7	3.576,1	5,4	0,0	8,0	30.691,4	26.963,0	3.548,9	22,6
1998	59,4	22,6	272,7	3.736,0	6,1	0,0	5,2	30.245,3	27.157,9	3.796,7	22,5
1999	59,4	21,7	272,7	3.482,8	6,8	0,0	5,2	21.549,8	27.879,4	2.501,6	22,4
2000	59,4	20,8	296,0	3.250,4	7,6	0,0	8,9	20.459,4	27.530,3	2.501,6	22,3
2001	59,4	20,0	321,4	2.996,5	8,5	0,0	8,9	19.436,0	26.153,4	2.401,3	22,2
2002	59,4	19,1	348,9	3.009,0	9,6	0,0	5,2	17.687,3	24.846,0	2.448,5	22,1
2003	59,4	18,2	378,7	2.006,8	10,7	0,0	4,1	17.509,4	24.597,8	2.498,7	22,0
2004	60,3	17,3	411,2	2.481,0	12,0	0,0	4,1	17.684,2	18.454,4	2.649,1	21,9
2005	54,0	22,5	446,4	2.820,2	69,9	0,0	8,0	18.269,2	19.063,4	2.649,1	21,8
2006	59,4	27,2	484,6	2.170,0	69,9	0,0	5,2	18.999,2	19.063,4	2.722,9	20,5
2007	59,4	27,2	526,1	1.264,6	69,9	0,0	8,9	18.999,2	18.816,4	2.805,5	19,4
2008	60,3	1,6	571,1	1.227,4	70,9	0,0	7,8	19.283,2	19.097,1	2.846,8	19,4
2009	60,3	5,3	620,0	1.743,2	69,6	0,0	4,5	18.921,2	18.739,8	2.793,7	19,4
2010	60,3	5,3	673,1	1.879,3	66,6	0,0	4,5	19.584,2	19.395,2	2.891,0	19,4
2011	60,3	5,3	154,5	1.691,4	66,6	0,0	29,9	19.427,6	18.425,9	2.024,0	19,4
2012	60,3	6,3	167,7	3.152,2	68,6	0,0	41,7	19.427,6	18.518,1	2.327,6	19,5
2013	60,3	6,3	166,6	1.479,3	43,8	0,0	5,1	20.204,7	18.702,7	987,1	19,4
2014	60,3	6,5	180,9	1.775,2	43,8	0,0	10,3	20.931,9	19.263,8	1.095,0	19,4
2015	60,3	6,6	196,4	1.828,4	43,8	0,0	116,7	21.350,6	19.360,1	1.118,3	19,4
2016	60,3	6,9	213,2	1.936,8	43,8	370,5	47,4	33.487,1	19.456,9	921,3	19,4
2017	60,3	6,9	231,5	193,0	44,3	1.635,4	36,4	34.024,2	18.484,0	646,9	19,4
2018	60,3	6,9	109,7	167,3	50,4	1.891,9	143,5	34.893,8	18.956,4	450,8	19,4
2019	60,3	6,9	119,1	226,1	50,7	1.707,5	43,9	34.545,9	18.767,3	135,1	19,4
2020	60,4	6,9	730,3	72,6	50,1	2.508,7	20,4	34.785,3	19.379,5	132,2	19,4
2021	63,4	5,4	736,0	30,6	50,1	1.914,1	21,6	36.383,0	18.446,5	132,2	20,4

Nota: Celdas en gris = datos estimados por métodos estadísticos.

Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); PNUD (2018) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-14.

Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); PNUD (2018) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

3.2.7.2.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de GEI de la subcategoría son valores por defecto por tipo de combustible, siendo extraídos del Volumen 2, Capítulo 2, Cuadro 2.3 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todos los GEI estimados como se muestra en la Tabla 3-27.

Tabla 3-27.

Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión aplicados por combustible

Combustible	GEI	Valor	Unidad
Gasolina para motores	CO ₂	69.300,0	kg/TJ
	CH ₄	3,0	kg/TJ
	N ₂ O	0,6	kg/TJ
Otro queroseno	CO ₂	71.900,0	kg/TJ
	CH ₄	3,0	kg/TJ
	N ₂ O	0,6	kg/TJ
Gas/diésel oil	CO ₂	74.100,0	kg/TJ
	CH ₄	3,0	kg/TJ
	N ₂ O	0,6	kg/TJ
Fuelóleo residual	CO ₂	77.400,0	kg/TJ
	CH ₄	3,0	kg/TJ
	N ₂ O	0,6	kg/TJ
Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	kg/TJ
	CH ₄	1,0	kg/TJ
	N ₂ O	0,1	kg/TJ
Coque de petróleo	CO ₂	97.500,0	kg/TJ
	CH ₄	3,0	kg/TJ
	N ₂ O	0,6	kg/TJ
Antracita	CO ₂	98.300,0	kg/TJ
	CH ₄	10,0	kg/TJ
	N ₂ O	1,5	kg/TJ
Madera/desechos de madera	CO ₂	112.000,0	kg/TJ
	CH ₄	30,0	kg/TJ
	N ₂ O	4,0	kg/TJ
Otra biomasa sólida primaria	CO ₂	100.000,0	kg/TJ
	CH ₄	30,0	kg/TJ
	N ₂ O	4,0	kg/TJ
Carbón vegetal	CO ₂	112.000,0	kg/TJ
	CH ₄	200,0	kg/TJ

Combustible	GEI	Valor	Unidad
	N ₂ O	4,0	kg/TJ
	CO ₂	79.600,0	kg/TJ
Otros biocombustibles líquidos	CH ₄	3,0	kg/TJ
	N ₂ O	0,6	kg/TJ

Fuente: IPCC (2006).

3.2.7.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

3.2.7.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis. Un resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas se presenta en la Sección 1.9.

Por otra parte, la serie se podría considerar parcialmente consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta subcategoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con las mismas fuentes de datos, pero con ajuste en la metodología de relevamiento de datos del SIEN (con metodología OLADE para los BEN 1990-2019) y del siePARAGUAY (con metodología IRES para los BEN 2020-2021), a excepción del consumo de diésel extraídos del BNEU 2011 y su actualización en el 2013 (generados por el VMME/MOPC), y del 2018 (generados por la Consultoría para la Elaboración de una Prospectiva Energética de la República del Paraguay 2018-2050 del PNUD). Los vacíos de información fueron llenados mediante un mismo método estadístico según tipo de combustible.

3.2.7.5. Nuevos cálculos de la subcategoría

La Tabla 3-28 presenta una comparación de emisiones. En el INGEI actual se ajustaron factores de conversión, como la densidad de OLADE y los valores calóricos netos del IPCC, además de actualizarse los datos estadísticos, el FE de la gasolina para motores y el uso del PCG de 28 para CH₄. Sin embargo, no se observan diferencias significativas en comparación con el INGEI previo.

Tabla 3-28.

Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	252,3	505,0	405,9	347,6	272,7	267,8	314,3		
INGEI actual	238,1	490,5	389,2	351,3	298,5	260,3	307,7	418,8	359,4
Diferencia	-14,2	-14,5	-16,7	3,7	25,8	-7,4	-6,5		
Diferencia %	-6,0%	-3,0%	-4,3%	1,0%	8,6%	-2,8%	-2,1%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.7.6. Mejoras planificadas para la subcategoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la subcategoría para los futuros inventarios:

- Establecer los vínculos necesarios con las organizaciones pertinentes (MIC, empresas privadas, etc.) a los efectos de posibilitar la desagregación del consumo de combustible por tipo de industria (hierro y acero; sustancias químicas; pulpa, papel e imprenta; procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco; minerales no metálicos; etc.) y extraer los incluidos dentro de *transporte* y de *otros sectores*.
- Desglosar el consumo de combustibles y biocombustibles.
- Realizar mesas de trabajo con los organismos competentes (MOPC, Universidades, etc.) a los efectos de relevar informaciones referentes a la biomasa.
- Apoyar y participar en las acciones que viene desarrollando el VMME/MOPC a través del proceso de armonización del lenguaje a nivel nacional en el subsistema de energía conforme a las recomendaciones de Naciones Unidas y alineados a los requerimientos del INGEI, para desglosar el consumo de combustibles por actividad en los datos del BEN y unificar criterios de elección de factores de conversión en el proceso de elaboración de los balances energéticos.
- Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de licencias ambientales y realización de auditorías ambientales.
- Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.
- Estimar las emisiones de gases precursores (CO, NO_x, COVDM y SO_x).

3.2.8. Transporte (CRT 1.A.3)

3.2.8.1. Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Según las *Directrices del IPCC del 2006*, esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en todas las actividades del transporte nacional (aéreo, terrestre, ferrocarriles, navegación, etc.), excluyendo el transporte militar y el transporte internacional (aéreo y marítimo/fluvial), que se reportan por separado.

En el caso del INGEI de Paraguay, en esta subcategoría se consideran las actividades de transporte aéreo nacional, terrestre y ferrocarriles. Las demás subcategorías no son reportadas debido a la falta de disponibilidad de datos, estando incluidas dentro del *transporte terrestre*.

La subcategoría *transporte* representa, para el año 2021, un 84,1 % del total de emisiones de GEI del sector *energía*, con emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O. En dicho año, las emisiones de GEI alcanzaron 7.770,4 kt CO₂ eq. Desde el año 1990, las emisiones se han incrementado en un 345,4 % y con respecto al 2019 se ha producido un aumento del 1,9 %.

El principal impulsor lo constituye el *transporte terrestre*, donde también está incluido, por falta de información desagregada, el consumo de combustible en la *navegación marítima y fluvial*, maquinarias de *agricultura/silvicultura/pesca*, de *construcción*, entre otros; representando en el año 2021 el 99,7 % de las emisiones de la subcategoría *transporte*. Cabe mencionar que se contaba con transporte por *ferrocarriles* hasta el año 2001, el cual tenía locomotoras a vapor que utilizaban como combustible la biomasa.

En cuanto a la contribución de la *aviación de cabotaje*, se tienen emisiones de GEI resultantes del tráfico civil de pasajeros y de carga (vuelos comerciales y privados), con un aporte del 0,3 % a las emisiones de la subcategoría *transporte*.

Un resumen de la cantidad de GEI estimada en *transporte* se presenta en la Tabla 3-29 y en la Figura 3-15, en el Anexo VI se exponen los resultados de toda la serie temporal.

Tabla 3-29.

Transporte: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

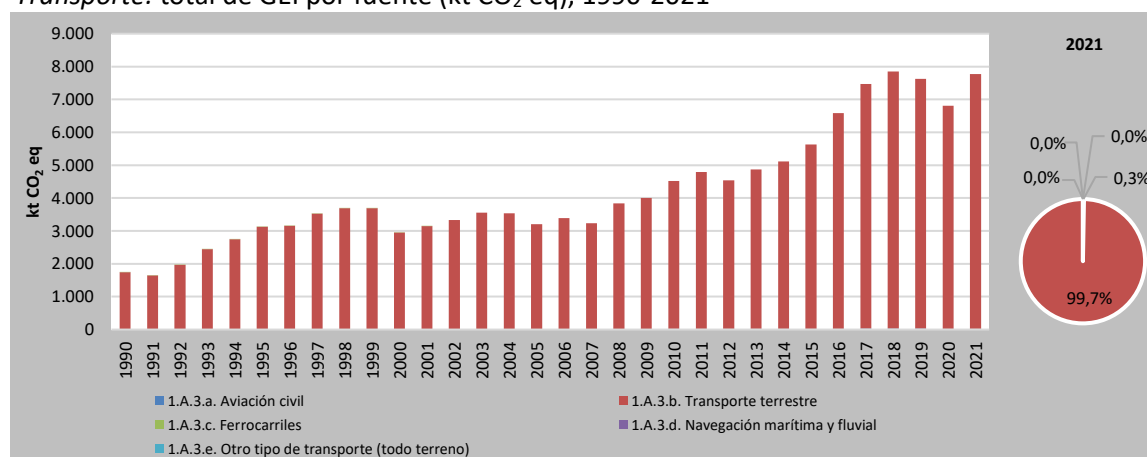
Fuente de GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.A.3.a. Aviación civil	5,2	10,0	5,8	8,4	17,0	22,4	34,7	16,9	21,2
1.A.3.b. Transporte terrestre	1.736,3	3.113,0	2.944,6	3.195,1	4.504,3	5.605,1	7.589,0	6.794,6	7.749,2
1.A.3.c. Ferrocarriles	3,2	3,2	2,9	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.e. Otro tipo de transporte (todo terreno)	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
Total	1.744,7	3.126,2	2.953,3	3.203,5	4.521,3	5.627,5	7.623,8	6.811,4	7.770,4

Nota: IE = incluido en otro lugar; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-15.

Transporte: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.8.2. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Aviación de cabotaje

Se aplica método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* al no tratarse de una categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), el cual se basa en FE por defecto multiplicada por el consumo de combustible para la *aviación de cabotaje* o nacional. Estas emisiones se estiman por separado de la *aviación internacional* mediante la Ecuación 3-6 y teniendo en cuenta los combustibles utilizados que son sumadas en la Ecuación 3-4, utilizando como DA el combustible queroseno para motores a reacción y la gasolina para motores de pistones, ambos combustibles para vuelos locales.

Transporte terrestre

Por ser considerada categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), correspondería aplicar las estimaciones de CO₂ en un Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006*. Sin embargo, al no contar con datos de contenido de carbono, factor de oxidación, VCN, entre otros parámetros de los combustibles quemados en *transporte terrestre* específicos del país, se opta por estimar en un Nivel 1.

Este método parte de la estimación de cantidad por tipo de combustible quemado (que se considera igual al combustible vendido) y el uso de FE por defecto para CO₂, CH₄ y N₂O. El cálculo de emisiones de CO₂ se representa en la Ecuación 3-7.

Ecuación 3-7.

Transporte: emisión de CO₂ del transporte terrestre

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

Donde:

Emisión = Emisiones de CO₂ (kg)

Combustible_a = combustible vendido (TJ)

EF_a = factor de emisión (kg/TJ). Es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12.

a = tipo de combustible (p. ej., gasolina, diésel, gas natural, GLP, etc.)

Fuente: Ecuación 3.2.1; Capítulo 3; Volumen 2; Directrices del IPCC de 2006.

El FE de CO₂ toma en cuenta todo el carbono del combustible, incluido el que se emite en forma de CO₂, CH₄, CO, COVDM y el material particulado. El carbono presente en el combustible derivado de la biomasa se declara como *elemento informativo* y no se contabiliza en los totales de este sector, para evitar el cómputo doble, puesto que las emisiones netas de la biomasa ya se contabilizan en el sector *UTCUTS*. Aunque las emisiones de CO₂ del carbono biogénico no estén incluidas en los totales del sector *energía*, la quema de biocombustibles en las fuentes móviles genera CH₄ y N₂O antropogénicos, que se calculan y declaran en las estimaciones de las emisiones de este sector, según se indica en las *Directrices del IPCC del 2006*.

Para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O del *transporte terrestre*, la metodología aplicada se basa en el combustible vendido, empleando FE por defecto basados en el tipo de combustible y se utiliza la Ecuación 3-8 correspondiente al método de Nivel 1 para estimar el CH₄ y N₂O de los vehículos terrestres.

Ecuación 3-8.

Transporte: emisiones de Nivel 1 de CH₄ y N₂O del transporte terrestre

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

Donde:

Emisiones = emisión de CH₄ y N₂O en kg

EF_a = factor de emisión (kg/TJ)
 Combustible_a = combustible consumido, (TJ) (representado por el combustible vendido)
 a = tipo de combustible a (p. ej., diésel, gasolina, gas natural, GLP)

Fuente: Ecuación 3.2.3; Capítulo 3; Volumen 2; Directrices del IPCC de 2006.

La Ecuación 3-8 correspondiente al método de Nivel 1 implica determinar la cantidad por tipo de combustible consumido para el *transporte terrestre*, mediante datos nacionales; para cada tipo de combustible, multiplicar la cantidad de combustible consumido por los FE por defecto de CH₄ y N₂O adecuados; y, finalmente las emisiones de cada contaminante se suman en todos los tipos de combustible.

En un Nivel 2, las emisiones de CH₄ y N₂O son más difíciles de estimar con exactitud que las del CO₂ porque los FE dependen del tipo y tecnología del vehículo, del combustible quemado y de las condiciones de uso.

Ferrocarriles

Para el caso de *ferrocarriles*, se aplica el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* al no tratarse de una categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), basado en el consumo del combustible y utilizando los FE por defecto, de acuerdo con Ecuación 3-9.

Ecuación 3-9.

Transporte: método general para las emisiones procedentes de las locomotoras

$$Emisiones = \sum_j (Combustible_j \cdot EF_j)$$

Donde:

Emisiones = emisiones (kg)

Combustible_j = tipo de combustible j consumido (representado por el combustible vendido) en (TJ)

EF_j = factor de emisión por tipo de combustible j, (kg/TJ)

j = tipo de combustible

Fuente: Ecuación 3.4.1; Capítulo 3; Volumen 2; Directrices del IPCC de 2006

La Tabla 3-30 presenta un resumen de las metodologías aplicadas por fuente y tipo de GEI.

Tabla 3-30.

Transporte: resumen de métodos aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.3. Transporte	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO
1.A.3.a. Aviación civil	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.a.i. Aviación internacional (combustibles internacionales)	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.a.ii. Aviación de cabotaje	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.b. Transporte terrestre	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO	T1, IE, NO	D, IE, NO

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.3.b.i. Automóviles	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.3.b.i.1. Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.i.2. Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.ii.1. Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.ii.2. Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.iv. Motocicletas	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.v. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.vi. Catalizadores basados en urea	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO
1.A.3.c. Ferrocarriles	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.d.i. Navegación marítima y fluvial internacional (combustibles internacionales)	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.d.ii. Navegación marítima y fluvial nacional	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.e. Otro tipo de transporte	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO	IE, NO
1.A.3.e.i. Transporte por gasoductos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.3.e.ii. Todo terreno	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Notas: T1 = nivel 1; D = por defecto; IE = incluido en otro lugar; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Según indica el VMME/MOPC el consumo de combustibles de los diferentes tipos de vehículos, como de la *navegación marítima y fluvial*, *otro tipo de transporte (todo terreno)*, están siendo incluidos dentro de *transporte terrestre* en el BEN.

Además, el VMME/MOPC indica que el consumo de combustibles de *agricultura/silvicultura/pesca* y de la *construcción* en los BEN podría estar siendo incluida dentro de *transporte* y de *otros sectores*.

Cabe mencionar que el carbono presente en combustibles como la biomasa se declara como *elemento informativo* y no se contabiliza en los totales de este sector, para evitar el cómputo doble, puesto que las emisiones netas de la biomasa ya se contabilizan en el sector *UTCUTS*. Aunque las emisiones de CO₂ del carbono biogénico no estén incluidas en los totales del sector *energía*, la quema de estos combustibles en las fuentes móviles genera CH₄ y N₂O antropogénicos, que se calculan y declaran en las estimaciones de las emisiones de este sector, según se indica en las *Directrices del IPCC del 2006*.

Las emisiones de GEI de la subcategoría *transporte* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*. Cabe destacar que el software no permite realizar estimaciones en *transporte terrestre*, sino únicamente en las fuentes incluidas dentro de esta. Por ello, en el caso específico de Paraguay, se optó por realizar el cálculo en *automóviles*.

3.2.8.2.1. Datos de actividad de la subcategoría

Aviación de cabotaje

Para la *aviación de cabotaje* o nacional se utilizaron datos de consumo de gasolina para la aviación (2005-2021) provistos por DINAC, los datos de consumo de queroseno para motor a reacción (1996-

2021) y su fracción de consumo a nivel nacional (2020-2021) fueron obtenidos de las estadísticas nacionales de energía (BEN).

La gasolina para la aviación es utilizada 100,0 % a nivel nacional, mientras que el queroseno para motor a reacción según los datos de los BEN publicados en siePARAGUAY (2020-2021), el 88,6 % del consumo se destina a búnker (considerado internacional), mientras que el 11,4 % se destina a transporte (considerado nacional). Este porcentaje se aplicó retroactivamente a toda la serie temporal para desagregar el consumo de este combustible entre vuelos nacionales e internacionales.

Como los datos proporcionados por la DINAC son a partir del año 2005 y los del BEN a partir de 1996, se aplicaron los métodos estadísticos de MCMC y tasa compuesta para el queroseno para motor a reacción y la gasolina para la aviación, respectivamente, llenando así los vacíos de información en los primeros años de ambos combustibles.

El comportamiento en los niveles de consumo de combustibles del 2020 está altamente vinculado al impacto del COVID-19, lo cual obligó a restricciones más o menos severas en cuanto a la movilidad de las personas como lo menciona el VMME/MOPC (2021).

Transporte terrestre

Las emisiones procedentes de los vehículos terrestres (autos, camionetas, motos, vehículos de carga, entre otros) se generan de los combustibles vendidos dentro del territorio nacional (gasolina para motores, gas/diésel oil, GLP y otros biocombustibles líquidos), cuyos datos se obtienen del BEN.

Considerando la falta de información discriminada de los combustibles utilizados para actividades de *navegación marítima y fluvial*, éstos forman parte del global correspondiente a esta fuente, así como las actividades de *construcción, agricultura/silvicultura/pesca*, entre otros.

Respecto a las estadísticas del BEN referente al consumo de gasolina para motores en el *transporte terrestre*, éstas incluyen a la gasolina para la aviación, por tal motivo fueron descontados los valores provistos por DINAC y los valores llenados mediante método estadístico.

La disminución en el consumo de gasolina para motores en los años 2000 y 2001 coincide con una crisis económica y posterior recuperación. A partir de 2008 se presenta un aumento significativo del parque automotor por la importación de vehículos usados de menor costo y el consecuente aumento de gasolina para motores así como de gas/diésel oil. También se observa que el aumento en los años 2013 y 2014 coincide con la disminución del precio de la gasolina para motores.

El consumo de gas/diésel oil en industrias desde el año 2000 pasa a ser incluido en *transporte* cuyo llenado de vacíos de información mediante método estadístico fue descontado del gas/diésel oil incluido en transporte dentro de los BEN, según indicación del VMME/MOPC. El comportamiento del consumo de gas/diésel oil se encuentra muy relacionado a las variables económicas reflejado en el PIB.

El consumo de GLP está relacionado en gran medida a la tecnología utilizada en los vehículos, al precio del petróleo y sus derivados y también el ingreso de contrabando procedente de Bolivia, no reflejándose este consumo en los datos oficiales.

El comportamiento del consumo de otros biocombustibles líquidos está directamente relacionado al uso de vehículos alcoholeros y al aumento de vehículos con motores Flex en los últimos años. Según justificación realizada por el VMME/MOPC, el balance de otros biocombustibles líquidos se elabora siguiendo un procedimiento metodológico ascendente siendo el consumo final el cálculo de partida. Este se estima a partir de los porcentajes de mezcla contenidos en las ventas de gasolina para motores en las estaciones de servicio, lo cual es regulado por el MIC. Las variaciones observadas en el consumo de otros biocombustibles líquidos están en correspondencia con las políticas implementadas por el Gobierno para el uso de otros biocombustibles líquidos y la formación respecto a los niveles de mezcla.

No hay duda que el comportamiento en los niveles de consumo de combustibles está altamente vinculado al impacto del COVID-19 en el año 2020, lo cual obligó a restricciones más o menos severas en cuanto a la movilidad de las personas (VMME/MOPC, 2021).

Cabe aclarar también, con respecto a la metodología de relevamiento de datos en el BEN, que, de acuerdo con justificaciones realizadas por el VMME/MOPC, los consumos de gasolina para motores y gas/diésel oil para el transporte se elaboran según la metodología de balance descendente. Esta metodología comienza con la oferta de gas/diésel oil y gasolina para motores, después se determina la forma en que cada una de ellas ha sido utilizada. Esta sucesión lógica conduce a lo que cabe denominar el balance energético descendente, cuya forma general es la siguiente:

Ecuación 3-10.

Transporte terrestre: consumo final del transporte

$$\text{Importaciones (de acuerdo a registros de la DNA) + Ventas (de acuerdo a registros del MIC) + Variación de inventarios (de acuerdo a registros de PETROPAR complementados con estimados de otras fuentes) = Consumo final sector transporte}$$

Fuente: VMME/MOPC (2018).

La metodología utilizada en la elaboración del balance de gas/diésel oil y gasolina para motores da lugar a que puedan producirse diferencias respecto al dato del consumo si éste se hubiese registrado por el método ascendente. Estas diferencias pueden estar asociadas a errores, por ejemplo, en la determinación de la variación de inventarios. La variable asociada a los niveles de consumo registrado es el comportamiento del PIB utilizado como coeficiente de correlación.

Cabe mencionar además que en el período anterior a 1999, los BEN fueron elaborados por la STP, no disponiéndose de elementos que pudieran explicar el comportamiento del consumo en ese período o si se trata de errores de cálculo, registro o estimación.

Ferrocarriles

Los *ferrocarriles* que operaron en Paraguay funcionaron hasta el año 2001. Las mismas funcionaban a vapor mediante la combustión de madera/desechos de madera, dejando de funcionar como servicio sub-urbano de pasajeros en 1999, cesando totalmente sus actividades en el año 2001. Estos datos fueron obtenidos de las estadísticas nacionales disponibles en el BEN.

Según el VMME/MOPC y OLADE, en el último BNEU elaborado en el año 2021, se menciona que el único servicio ferroviario en operación desde el 2015 hasta la actualidad es el ferrocarril internacional entre las ciudades de Posadas (Argentina) y Encarnación (Paraguay). Este servicio, operado por una empresa argentina, consiste en un tren diésel de pasajeros que recorre 8 km y cruza el río Paraná a través del puente internacional "San Roque González de Santa Cruz".

Por razones de conveniencia en los costos, se deduce que el combustible consumido proviene de Argentina. Sin embargo, debido a la falta de metodología de reporte por ser un ferrocarril internacional, además de la falta de información suficiente y a su escasa relevancia, este servicio no se considera dentro del balance energético ni del INGEI.

En la Tabla 3-31 y en las Figuras 3-16, 3-17 y 3-18 se presentan los DA utilizados para toda la serie temporal.

Tabla 3-31.

Transporte: datos de actividad por fuente de GEI y combustible (terajulios), 1990-2021

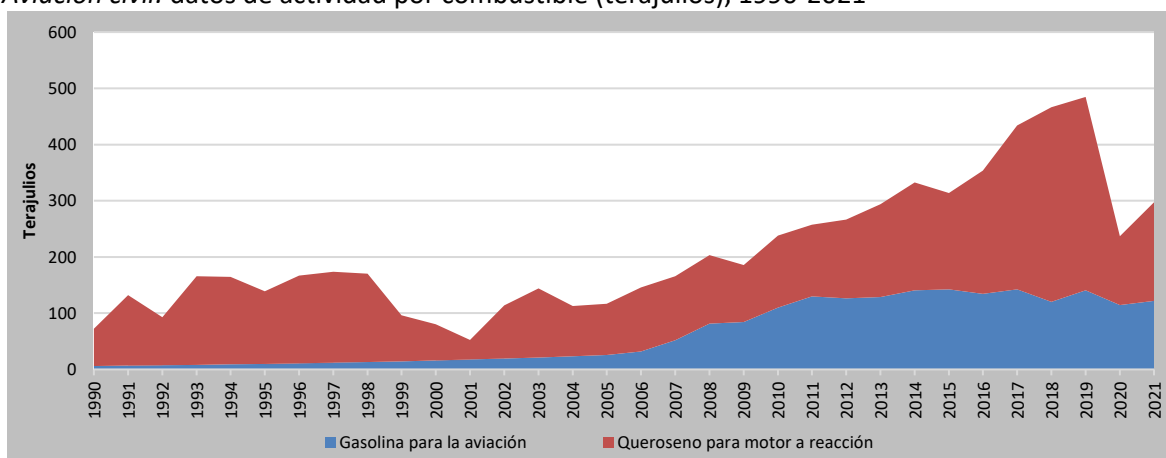
Año	1.A.3.a. Aviación civil		1.A.3.b. Transporte Terrestre				1.A.3.c. Ferrocarriles
	Gasolina para la aviación	Queroseno para motor a reacción	Gasolina para motores	Gas/diésel oil	Gases licuados de petróleo	Otros biocombustibles líquidos	Madera/desechos de madera
1990	6,0	66,3	5.807,3	17.084,8	475,6	636,1	337,0
1991	6,6	125,7	5.722,8	15.772,6	571,9	740,9	312,0
1992	7,3	85,8	6.268,2	19.526,1	540,8	745,8	310,4
1993	8,1	157,7	7.236,4	24.906,7	517,9	746,7	422,8
1994	8,9	155,7	8.811,3	27.497,8	536,9	496,4	324,5
1995	9,8	129,1	10.369,1	31.162,9	438,4	251,1	340,1
1996	10,8	156,3	10.475,4	31.429,5	451,0	111,8	312,0
1997	11,9	161,9	10.904,9	35.917,6	475,2	124,7	316,7
1998	13,1	157,4	11.391,6	37.738,0	471,0	93,4	312,0
1999	14,4	81,9	9.782,7	39.138,3	602,6	181,8	307,3
2000	15,9	64,6	7.275,8	31.803,6	523,0	49,7	307,3
2001	17,5	34,7	7.371,3	34.304,1	514,3	18,1	307,3
2002	19,3	94,6	7.097,0	36.967,9	514,3	20,7	0,0
2003	21,3	122,9	7.648,1	39.419,8	507,4	20,7	0,0
2004	23,4	89,4	6.609,6	40.183,3	554,4	10,7	0,0
2005	25,8	91,2	6.701,6	35.425,8	706,3	656,7	0,0
2006	31,8	113,8	7.368,4	37.214,1	706,6	632,4	0,0
2007	51,8	113,8	7.589,4	34.936,1	714,2	1.076,4	0,0
2008	81,2	122,0	9.187,2	41.394,3	694,7	1.163,7	0,0
2009	84,3	101,1	10.745,8	41.933,0	787,7	2.218,2	0,0
2010	109,9	128,1	13.914,7	45.623,0	754,3	2.954,4	0,0
2011	129,9	127,6	15.642,4	47.467,2	786,7	3.138,2	0,0
2012	126,5	139,9	16.245,2	43.557,8	741,3	3.299,9	0,0
2013	128,9	165,1	16.702,0	47.669,3	472,8	3.899,3	0,0
2014	140,6	191,9	18.111,4	49.499,1	472,8	4.335,4	0,0
2015	142,2	171,3	21.105,9	53.393,0	449,2	5.143,0	0,0
2016	134,4	219,5	25.087,3	62.210,0	390,2	6.036,8	0,0
2017	142,4	291,2	30.579,5	68.670,1	355,2	6.250,4	0,0
2018	119,9	346,6	33.607,9	70.849,5	355,2	6.824,7	0,0
2019	140,4	344,3	31.967,8	69.134,5	358,8	8.081,8	0,0
2020	114,5	122,2	26.812,9	63.610,4	358,4	6.986,9	0,0
2021	121,9	175,2	32.001,2	71.187,8	358,4	8.373,0	0,0

Nota: Celdas en gris = datos estimados por métodos estadísticos.

Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); PNUD (2018), DINAC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-16.

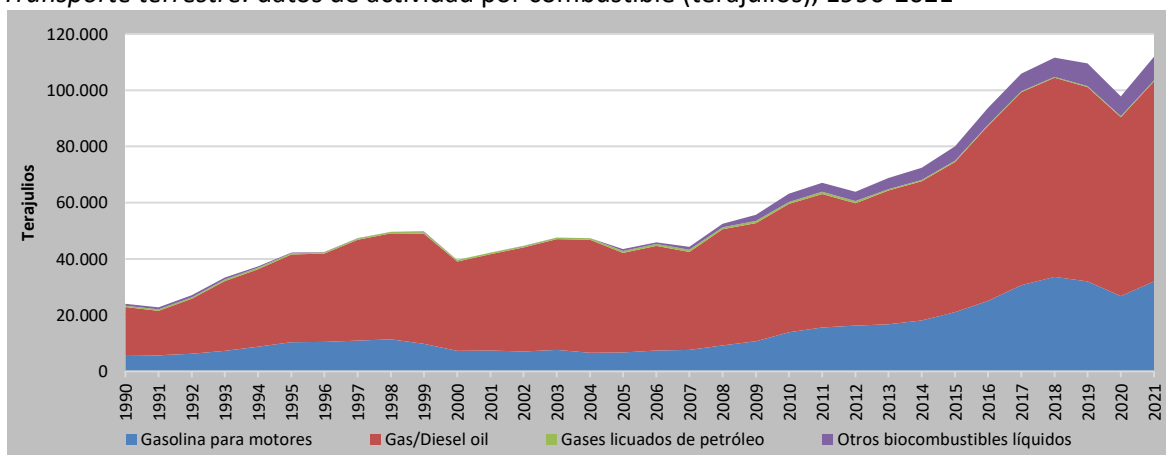
Aviación civil: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2024); DINAC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-17.

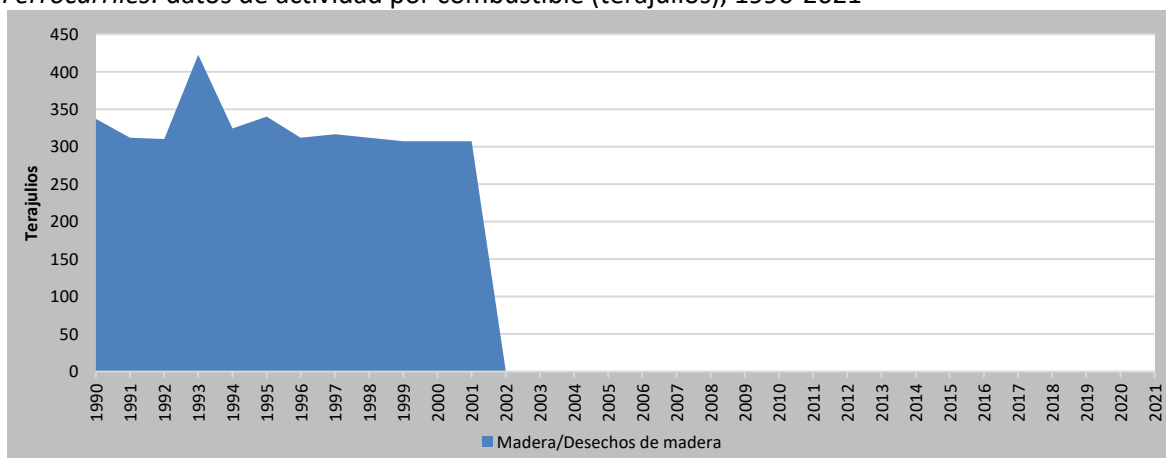
Transporte terrestre: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); PNUD (2018), DINAC (2024) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-18.

Ferrocarriles: datos de actividad por combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2024).

3.2.8.2.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de GEI de la subcategoría son valores por defecto por tipo de combustible siendo extraídos de las *Directrices del IPCC de 2006* para todos los GEI estimados, específicamente del Volumen 2, Capítulo 1, Cuadro 1.4 y Capítulo 3, Cuadro 3.2.1 y 3.2.2 para *transporte terrestre*; Capítulo 2, Cuadro 2.4 para *ferrocarriles*; y, Capítulo 3, Cuadro 3.6.4 y 3.6.5 para la *aviación de cabotaje* como se visualiza en la Tabla 3-32.

Tabla 3-32.

Transporte: factores de emisión aplicados por combustible

Fuente de GEI/Combustible		GEI	Valor	Unidad
1.A.3.a.ii. Aviación de cabotaje	Gasolina para la aviación	CO ₂	70.000,0	Kg/TJ
		CH ₄	0,5	Kg/TJ
		N ₂ O	2,0	Kg/TJ
	Queroseno para motor a reacción	CO ₂	71.500,0	Kg/TJ
		CH ₄	0,5	Kg/TJ
		N ₂ O	2,0	Kg/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	Gasolina para motores	CO ₂	69.300,0	Kg/TJ
		CH ₄	33,0	Kg/TJ
		N ₂ O	3,2	Kg/TJ
	Gas/diésel oil	CO ₂	74.100,0	Kg/TJ
		CH ₄	3,9	Kg/TJ
		N ₂ O	3,9	Kg/TJ
	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	Kg/TJ
		CH ₄	62,0	Kg/TJ
		N ₂ O	0,2	Kg/TJ
	Otros biocombustibles líquidos	CO ₂	79.600,0	Kg/TJ
		CH ₄	18,0	Kg/TJ
		N ₂ O	41,0	Kg/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	Madera/desechos de madera	CO ₂	112.000,0	Kg/TJ
		CH ₄	300,0	Kg/TJ
		N ₂ O	4,0	Kg/TJ

Fuente: IPCC (2006).

3.2.8.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

3.2.8.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que el *transporte terrestre* se considera una categoría principal según las evaluaciones de nivel y tendencia (conforme a la CCN), se detalla que dicha categoría presenta una alta incertidumbre. Esto se debe, en parte, a que los datos de actividad incluyen consumos de combustibles de *navegación marítima y fluvial* (tanto nacional como internacional), *construcción*, *agricultura/silvicultura/pesca*, entre otros, los cuales deben ser excluidos para lograr estimaciones más refinadas. Además, al ser una categoría principal, las emisiones de CO₂ deberían calcularse mediante el Nivel 2, requiriendo análisis laboratoriales de combustibles para obtener parámetros específicos del país. Asimismo, la gran diversidad en la antigüedad de la flota vehicular añade variabilidad a la estimación de emisiones, lo que sugiere la necesidad de incluir esta información entre otros parámetros específicos. Un resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas se presenta en la Sección 1.9.

Por otra parte, la serie se podría considerar parcialmente consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta subcategoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con las mismas fuentes de datos, pero con ajuste en la metodología de relevamiento de datos del SIEN (con metodología OLADE para los BEN 1990-2019) y del siePARAGUAY (con metodología IRES para los BEN 2020-2021), a excepción de los combustibles extraídos de transporte como el consumo de gas/diésel oil de industrias basado en el BNEU 2011 y su actualización en el 2013 (elaborados por el VMME/MOPC), además de la actualización del BNEU 2018 (generados por la Consultoría para la Elaboración de una Prospectiva Energética de la República del Paraguay 2018-2050 del PNUD); y así también los datos de gasolina de aviación provistos por DINAC en el periodo 2005-2021, ambos incluidos dentro de transporte en el BEN según indicación del VMME/MOPC. Los vacíos de información tanto de gas/diésel oil de industrias como de gasolina de aviación fueron llenados mediante un mismo método estadístico y posteriormente también fueron extraídos de *transporte terrestre*.

3.2.8.5. Nuevos cálculos de la subcategoría

La Tabla 3-33 presenta una comparación de emisiones. En el INGEI actual se ajustaron factores de conversión, como la densidad de OLADE y los valores calóricos netos del IPCC, además de actualizarse los datos estadísticos y el uso del PCG de 28 para CH₄. Sin embargo, no se observan diferencias significativas en comparación con el INGEI previo.

Tabla 3-33.

Transporte: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	1.683,6	3.010,6	2.841,7	3.094,9	4.388,8	5.427,0	7.353,4		
INGEI actual	1.744,7	3.126,2	2.953,3	3.203,5	4.521,3	5.627,5	7.623,8	6.811,4	7.770,4
Diferencia	61,1	115,7	111,6	108,6	132,5	200,5	270,4		
Diferencia %	3,5%	3,7%	3,8%	3,4%	2,9%	3,6%	3,5%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.8.6. Mejoras planificadas para la subcategoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la subcategoría para los futuros inventarios:

- Establecer acciones pertinentes con la DINAC y/o propiciar las condiciones para la creación de registros desagregados del consumo de combustibles en la aviación entre vuelos nacionales e internacionales, a fin de complementar esta acción, realizar un dictamen de expertos que mejore la estimación utilizada actualmente sobre la fracción de combustibles en vuelos nacionales e internacionales en la serie temporal y transparentar la definición de nacional e internacional considerada por las partes suministradoras de DA, y realizar los ajustes pertinentes, de modo a demostrar la coherencia con la definición de las *Directrices del IPCC de 2006*.
- Incluir consultorías orientadas a mejorar la información sobre DA y FE en el *transporte terrestre*. Aunque estos procesos ya se han iniciado, han enfrentado prórrogas y no han generado avances significativos en el ciclo actual. Sin embargo, se espera que sus resultados

puedan integrarse en futuros inventarios, contribuyendo a una mayor precisión y al avance metodológico hacia estimaciones más robustas.

- Desglosar el consumo de combustibles y biocombustibles.
- Releva el consumo de combustibles en la navegación nacionales e internacionales a través de estrategia conjunta con actores involucrados (VMME y VMT del MOPC, MIC, entre otros) y extraerlos de *transporte terrestre* donde están siendo incluidos.
- Establecer vínculos con los organismos competentes (públicos y privados) a los efectos de releva datos de consumo de combustibles utilizados en actividades de *otro tipo de transporte (todo terreno)* los cuales están siendo incluidos dentro de *transporte terrestre*.
- Identificar laboratorios y realizar análisis laboratorial de muestras representativas de los combustibles utilizados en el *transporte terrestre* del país, con el fin de obtener parámetros que construyan los factores de emisión específicos.
- Establecer los vínculos necesarios con las organizaciones pertinentes (VMT/MOPC, DNIT, Dirección del Registro de Automotores, entre otras) a los efectos de posibilitar la desagregación del consumo de combustible por tipo de transporte (automóviles, camiones para servicio ligero y pesado, motocicletas, etc.), tecnología (con y sin catalizador, motores de 2 tiempos) y antigüedad.
- Establecer vínculos con los organismos competentes (públicos y privados) a los efectos de releva datos de consumo de combustibles utilizados en actividades de *agricultura/silvicultura/pesca* y de la *construcción* los cuales están siendo incluidos dentro de *transporte* y de *otros sectores*.
- Releva información del servicio ferroviario que opera entre las ciudades de Posadas (Argentina) y Encarnación (Paraguay).
- Releva datos de consumo de lubricantes en motores de dos tiempos.
- Realizar mesas de trabajo con los organismos competentes (MOPC, Universidades, etc.) a los efectos de releva informaciones referentes a la biomasa.
- Apoyar y participar en las acciones que viene desarrollando el VMME/MOPC a través del proceso de armonización del lenguaje a nivel nacional en el subsistema de energía conforme a las recomendaciones de Naciones Unidas y alineados a los requerimientos del INGEI, para desglosar el consumo de combustibles por actividad en los datos del BEN y unificar criterios de elección de factores de conversión en el proceso de elaboración de los balances energéticos.
- Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de licencias ambientales y realización de auditorías ambientales.
- Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.
- Estimar las emisiones de gases precursores (CO, NOx, COVDM y SOx).

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

3.2.9.1. Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en edificios comerciales e institucionales, en los hogares y en actividades relacionadas con la agricultura, silvicultura y pesca según las *Directrices del IPCC de 2006*.

De las fuentes que incluyen esta subcategoría, en el presente INGEI se reportan *comercial/institucional* y *residencial*. Para *agricultura/silvicultura/pesca* se consideran que sus emisiones por quema de combustibles están incluidas en otras fuentes debido a la falta de desagregación de datos oficiales del BEN.

La fuente *comercial/institucional* corresponde a emisiones relacionadas a la quema de combustibles para cocción, calentamiento de agua, calefacción, transporte interno, entre otros artefactos. Mientras que en la fuente *residencial* se consideran las emisiones de la quema de combustibles en los hogares o residencias para iluminación, cocción, calentamiento de agua, calefacción, entre otros artefactos como se indica en el BNEU (2011).

La presente subcategoría contribuye en un 6,9 % al total del sector *energía* para el 2021 con emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O que, en dicho año, las emisiones de GEI alcanzaron 634,4 kt CO₂ eq. Desde el año 1990, las emisiones han disminuido el 1,7 % y con respecto al 2019 se ha producido una disminución del 8,8 %.

El principal impulsor en esta subcategoría es *residencial*, cuyas emisiones contribuyen al 96,6 % del total en el año 2021. En esta fuente el principal combustible es la biomasa, utilizada en las cocinas de los hogares, y el GLP entre los combustibles fósiles como sustituto de la biomasa en conjunto con la electricidad.

Un resumen de la cantidad de GEI estimada en *otros sectores* se presenta en la Tabla 3-34 y en la Figura 3-19, en el Anexo VI se presentan los resultados para toda la serie temporal.

Tabla 3-34.

Otros sectores: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

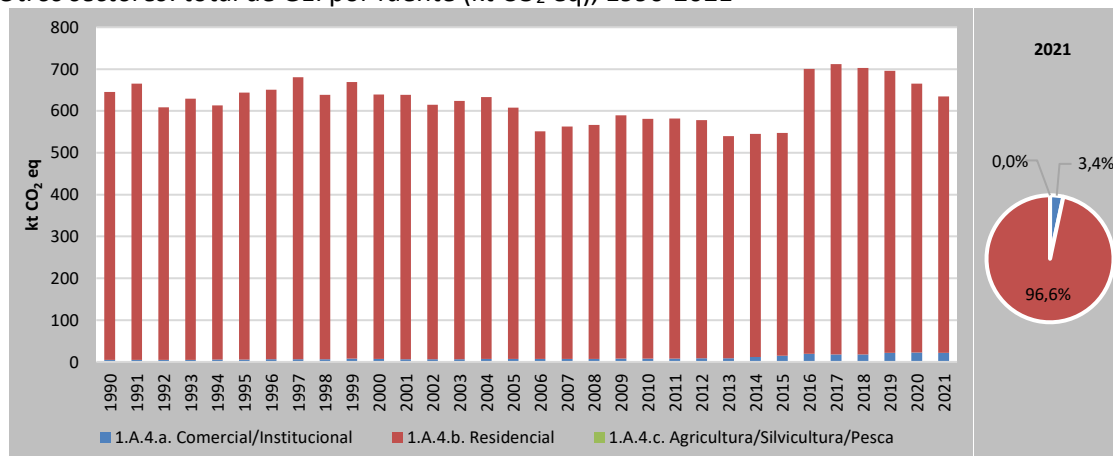
Fuente de GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.A.4.a. Comercial/institucional	4,5	5,9	7,0	7,3	7,6	14,8	21,5	22,5	21,4
1.A.4.b. Residencial	640,9	637,7	632,5	600,9	573,4	532,5	674,4	643,0	613,0
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
Total	645,4	643,6	639,5	608,2	581,0	547,2	695,9	665,6	634,4

Nota: IE = incluido en otro lugar.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-19.

Otros sectores: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.9.2. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* al no tratarse de una categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN). Se describe más arriba, en la Sección 3.2.2, las ecuaciones utilizadas (Ecuación 3-3 y 3-4), con DA nacionales y FE por defecto. En la siguiente tabla se resumen las metodologías aplicadas por fuente de GEI.

Tabla 3-35.

Otros sectores: resumen de métodos aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.4. Otros sectores	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.4.a. Comercial/institucional	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.b. Residencial	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.4.c.i. Estacionaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.4.c.ii. Vehículos todo terreno y otra maquinaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.4.c.iii. Pesca (combustión móvil)	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Notas: T1 = nivel 1; D = por defecto; IE = incluido en otro lugar.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Según el VMME/MOPC, el consumo de combustibles en la *agricultura/silvicultura/pesca* al igual que la *construcción* podría estar siendo incluido dentro de *transporte* y *otros sectores* en los BEN.

Cabe mencionar que el carbono presente en combustibles como la biomasa se declara como *elemento informativo* y no se contabiliza en los totales de este sector, para evitar el cómputo doble, puesto que las emisiones netas de la biomasa ya se contabilizan en el sector *UTCUTS*. Aunque las emisiones de CO₂ del carbono biogénico no estén incluidas en los totales del sector *energía*, la quema de estos combustibles en las fuentes móviles genera CH₄ y N₂O antropogénicos, que se

calculan y declaran en las estimaciones de las emisiones de este sector, según se indica en las *Directrices del IPCC del 2006*.

Las emisiones de GEI de la subcategoría *otros sectores* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

3.2.9.2.1. Datos de actividad de la subcategoría

Todos los DA de las emisiones de la subcategoría provienen de los BEN de las series anuales desde 1990 hasta el 2021.

En la fuente *comercial/institucional*, el comportamiento del consumo de madera/desechos de madera en la serie temporal podría deberse a la sustitución gradual de dicho combustible por GLP y electricidad, utilizados principalmente en los establecimientos gastronómicos para la cocción de alimentos. El consumo de carbón vegetal y GLP está relacionado a su uso en cocción de alimentos en servicios de comida, estando más vinculado a las áreas urbanas y suburbanas. Respecto al fuelóleo residual, si bien el consumo es ínfimo, su uso estaría relacionado al funcionamiento de calderas de baja presión u hornos en establecimientos comerciales, hospitales o edificios.

En cuanto a la fuente *residencial*, el consumo de madera/desechos de madera presenta una tendencia en disminución que puede deberse a la sustitución gradual de dicho combustible por GLP y electricidad, utilizados principalmente en las cocinas de los hogares. El consumo de carbón vegetal presenta un gradual aumento, el cual está relacionado a usos específico, no tanto en un uso diario, sino en la cocción de ciertos alimentos (asado) de hogares, más vinculado a áreas urbanas y semiurbanas. Además, se puede mencionar que, a diferencia de la madera/desechos de madera, en este caso predomina un mercado más organizado desde la producción hasta el consumo final. El consumo de GLP en *residencial* está relacionado principalmente con la cocción de alimentos en los hogares, teniendo un consumo creciente, lo que no se evidencia en los registros oficiales debido al ingreso por contrabando. Se observa un consumo decreciente de otro queroseno debido a la sustitución por el consumo de otros biocombustibles líquidos o alcohol de quemar.

El comportamiento en los niveles de consumo de combustibles del 2020 está altamente vinculado al impacto del COVID-19, lo cual obligó a restricciones más o menos severas, miles de personas pasaron a trabajar desde sus casas (teletrabajo) o asistían a sus centros laborales de manera intermitente según una programación por cuadrillas. A ello hay que incorporar las limitaciones en la asistencia a actividades de ocio o recreativas como cines, teatros, restaurantes, viajes, etc. que igualmente fueron restringidas, como lo menciona el VMME/MOPC (2021).

Se registraron vacíos de información de los combustibles fuelóleo residual y otros biocombustibles líquidos en el periodo 1990 al 2004, para lo cual se aplicaron los métodos estadísticos de tendencia lineal y de MCMC respectivamente.

Además, se realizó tratamientos a los datos disponibles en los BEN de 1990 a 2019 debido a que los mismos estaban agregados para las fuentes *comercial/institucional* y *residencial*. Esta desagregación fue realizada a partir de los datos del BNEU 2011 y su actualización del 2013 (elaborados por el VMME/MOPC) y de 2016 (generados en colaboración entre el VMME/MOPC y OLADE), además de la actualización del BNEU del 2018 (generados por la Consultoría para la Elaboración de una Prospectiva Energética de la República del Paraguay 2018-2050 del PNUD) así como los BEN 2020 y

2021 elaborados con la nueva metodología de IRES publicados en el siePARAGUAY, a dichas distribuciones se aplicaron métodos estadísticos de interpolación y extrapolando obteniendo las fracciones de GLP, madera/desechos de madera y carbón vegetal de cada fuente para toda la serie temporal. De esta forma se pudo estimar la fracción del total para *comercial/institucional* por separado de *residencial*.

En la Tabla 3-36 y en las Figuras 3-20 y 3-21 se presentan los DA utilizados para toda la serie temporal.

Tabla 3-36.

Otros sectores: datos de actividad por fuente de GEI y combustible (terajulios), 1990-2021

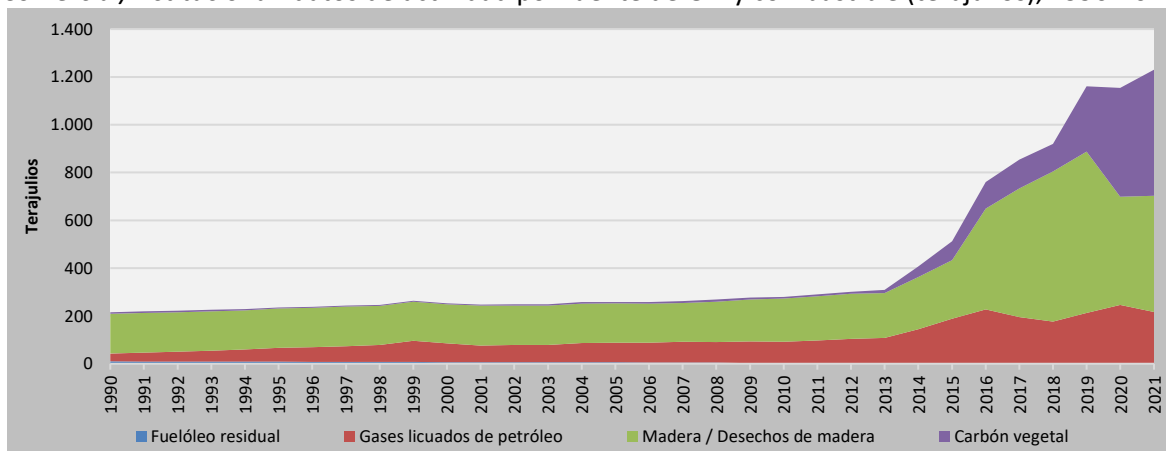
Año	1.A.4.a. Comercial/institucional				1.A.4.b. Residencial				
	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Madera/desechos de madera	Carbón vegetal	Otro queroseno	Gases licuados de petróleo	Madera/desechos de madera	Carbón vegetal	Otros biocombustibles líquidos
1990	9,9	33,3	165,9	6,3	369,5	1.900,2	49.619,9	4.185,7	21,0
1991	9,6	36,3	166,2	6,8	372,1	2.000,5	50.781,9	4.503,8	21,0
1992	9,3	40,9	164,7	6,7	374,3	2.179,9	43.580,8	4.462,5	21,0
1993	9,0	45,7	165,0	6,9	331,8	2.358,2	44.808,3	4.589,2	21,0
1994	8,7	50,7	164,6	4,1	355,5	2.533,8	42.871,1	2.715,8	21,0
1995	8,4	57,8	164,8	4,2	377,8	2.802,7	44.044,0	2.789,5	21,0
1996	8,1	61,2	165,0	4,3	243,3	2.880,9	45.201,3	2.863,1	21,0
1997	7,8	66,0	165,5	4,5	263,0	3.016,3	47.258,5	2.986,8	21,0
1998	7,5	70,8	164,2	4,0	371,8	3.149,2	41.228,8	2.686,4	21,0
1999	7,2	88,4	164,4	3,8	127,4	3.824,6	41.799,6	2.521,4	21,0
2000	6,9	77,8	164,4	3,8	208,9	3.274,5	41.799,6	2.521,4	21,0
2001	6,6	69,0	168,2	4,1	140,4	2.828,3	45.143,6	2.724,7	21,0
2002	6,3	72,1	164,4	5,6	86,2	2.881,4	42.086,6	3.699,6	21,0
2003	6,0	72,8	164,7	5,7	74,9	2.840,8	43.350,0	3.776,2	21,0
2004	5,7	81,5	164,4	6,0	113,1	3.102,2	42.050,7	4.006,0	21,0
2005	6,9	81,3	164,1	6,0	47,5	3.023,4	40.450,5	4.006,0	21,3
2006	5,3	83,2	162,9	6,2	49,4	3.022,8	34.383,3	4.117,9	21,0
2007	5,3	86,1	162,9	8,0	27,5	3.055,5	34.726,5	5.334,4	19,9
2008	5,4	85,9	168,4	9,0	2,2	2.981,6	35.416,8	5.964,8	19,9
2009	2,7	91,1	174,8	7,6	7,6	3.094,3	37.581,9	5.081,1	19,9
2010	2,7	89,1	180,4	7,6	10,8	2.961,2	37.574,7	5.081,1	19,9
2011	2,7	94,9	185,3	7,6	10,8	3.089,5	36.760,8	5.081,1	19,9
2012	2,8	100,7	189,6	8,0	12,9	3.211,1	35.285,0	5.358,3	19,9
2013	2,8	105,7	187,6	12,7	12,9	3.305,3	28.691,9	8.455,6	19,9
2014	2,8	141,2	218,0	44,9	13,1	3.167,6	29.925,4	8.380,9	19,9
2015	2,8	185,8	245,1	78,4	13,2	3.234,7	29.298,4	8.476,6	19,9
2016	2,8	224,1	422,7	110,2	13,9	3.170,9	45.507,6	8.366,6	19,9
2017	1,4	194,3	537,4	120,4	14,1	3.238,0	45.817,9	9.251,1	19,9
2018	1,4	174,4	628,2	115,2	14,1	3.519,8	43.234,0	8.953,4	19,9
2019	1,4	211,5	674,4	272,9	14,1	3.525,7	42.374,8	8.433,1	19,9
2020	1,4	244,7	453,0	454,3	14,1	3.462,3	39.357,4	8.630,8	19,9
2021	1,1	215,1	487,1	526,7	10,8	3.403,4	37.669,0	6.908,3	19,9

Nota: Celdas en gris = datos estimados por métodos estadísticos.

Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); VMME/MOPC y OLADE (2018); PNUD (2018) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-20.

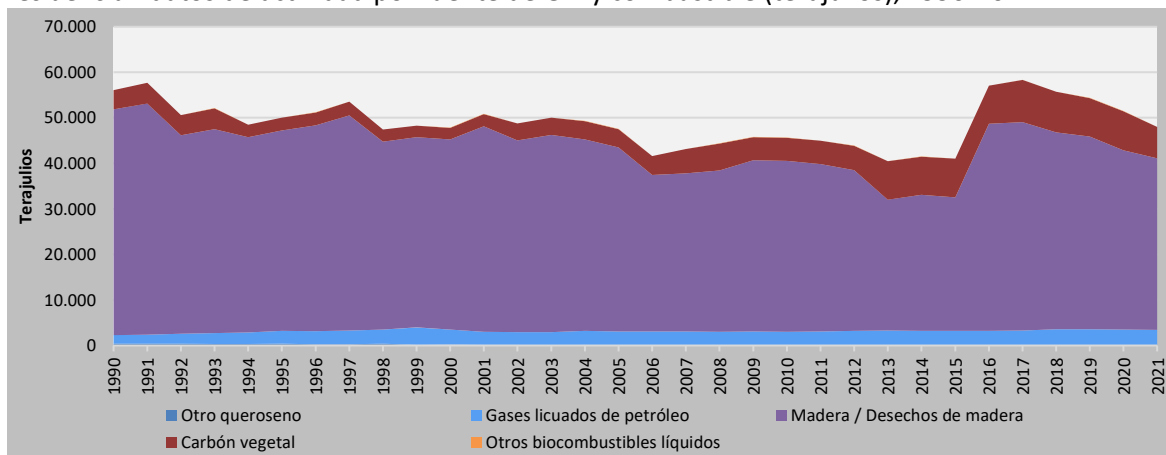
Comercial/institucional: datos de actividad por fuente de GEI y combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); VMME/MOPC y OLADE (2018); PNUD (2018) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 3-21.

Residencial: datos de actividad por fuente de GEI y combustible (terajulios), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2014, 2015, 2024); VMME/MOPC y OLADE (2018); PNUD (2018) y llenado de vacíos de información mediante estadística.

3.2.9.2.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de GEI de la subcategoría son valores por defecto por tipo de combustible, lo cuales fueron tomados del Volumen 2, Capítulo 2, Cuadro 2.4 de las *Directrices del IPCC de 2006* para todos los GEI estimados como se visualiza en la Tabla 3-37.

Tabla 3-37.

Otros sectores: factores de emisión aplicados por combustible

Fuente de GEI/Combustible		GEI	Valor	Unidad
1.A.4.a. Comercial/institucional	Fuelóleo residual	CO ₂	77.400,0	Kg/TJ
		CH ₄	10,0	Kg/TJ
		N ₂ O	0,6	Kg/TJ
	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	Kg/TJ
		CH ₄	5,0	Kg/TJ
		N ₂ O	0,1	Kg/TJ
	Madera/desechos de madera	CO ₂	112.000,0	Kg/TJ
		CH ₄	300,0	Kg/TJ
		N ₂ O	4,0	Kg/TJ
	Carbón vegetal	CO ₂	112.000,0	Kg/TJ
		CH ₄	200,0	Kg/TJ
		N ₂ O	1,0	Kg/TJ
1.A.4.b. Residencial	Otro queroseno	CO ₂	71.900,0	Kg/TJ
		CH ₄	10,0	Kg/TJ
		N ₂ O	0,6	Kg/TJ
	Gases licuados de petróleo	CO ₂	63.100,0	Kg/TJ
		CH ₄	5,0	Kg/TJ
		N ₂ O	0,1	Kg/TJ
	Madera/desechos de madera	CO ₂	112.000,0	Kg/TJ
		CH ₄	300,0	Kg/TJ
		N ₂ O	4,0	Kg/TJ
	Carbón vegetal	CO ₂	112.000,0	Kg/TJ
		CH ₄	200,0	Kg/TJ
		N ₂ O	1,0	Kg/TJ
	Otros biocombustibles líquidos	CO ₂	79.600,0	Kg/TJ
		CH ₄	10,0	Kg/TJ
		N ₂ O	0,6	Kg/TJ

Fuente: IPCC (2006).

3.2.9.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

3.2.9.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis. Un resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas se presenta en la Sección 1.9.

Por otra parte, la serie se considera consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta subcategoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con las mismas fuentes de datos, pero con ajuste en la metodología de relevamiento de datos del SIEN (con metodología OLADE para los BEN 1990-2019) y del siePARAGUAY (con metodología IRES para los BEN 2020-2021), distribuidas por fuente con base en el BNEU 2011, y su actualización en el 2013 (elaborados por el VMME/MOPC) y de 2016 (generados en colaboración entre el VMME/MOPC y OLADE), además de la actualización del BNEU del 2018 (generados por la Consultoría para la Elaboración de una Prospectiva Energética de la República del Paraguay 2018-2050 del PNUD). Los vacíos de información fueron llenados mediante un mismo método estadístico según fuente de GEI y tipo de combustible.

3.2.9.5. Nuevos cálculos de la subcategoría

La Tabla 3-38 presenta una comparación de emisiones. En el INGEI actual se ajustaron factores de conversión, como la densidad de OLADE y los valores calóricos netos del IPCC, además de las distribuciones por fuente, la actualización de los datos estadísticos y el uso del PCG de 28 para CH₄. Sin embargo, no se observan diferencias significativas en comparación con el INGEI previo.

Tabla 3-38.

Otros sectores: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	623,7	622,0	618,3	588,1	562,0	529,7	673,3		
INGEI actual	645,4	643,6	639,5	608,2	581,0	547,2	695,9	665,6	634,4
Diferencia	21,7	21,6	21,3	20,0	19,0	17,5	22,6		
Diferencia %	3,4%	3,4%	3,3%	3,3%	3,3%	3,2%	3,2%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.2.9.6. Mejoras planificadas para la subcategoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la subcategoría para los futuros INGEI:

Establecer vínculos con los organismos competentes (públicos y privados) a los efectos de relevar datos de consumo de combustibles utilizados en actividades de *agricultura/silvicultura/pesca* y de la *construcción* los cuales están siendo incluidos dentro de *transporte* y de *otros sectores*.

Realizar mesas de trabajo con los organismos competentes (MOPC, Universidades, etc.) a los efectos de relevar informaciones referentes a la biomasa.

Apoyar y participar en las acciones que viene desarrollando el VMME/MOPC a través del proceso de armonización del lenguaje a nivel nacional en el subsistema de energía conforme a las recomendaciones de Naciones Unidas y alineados a los requerimientos del INGEI, para desglosar el consumo de combustibles por actividad en los datos del BEN y unificar criterios de elección de factores de conversión en el proceso de elaboración de los balances energéticos.

Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de licencias ambientales y realización de auditorías ambientales.

Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

Estimar las emisiones de gases precursores (CO, NO_x, COVDM y SO_x).

3.2.10. Otro (CRT 1.A.5)

Esta subcategoría incluye todas las emisiones de quema de combustible que no se hayan declarado en otra subcategoría. En particular considera la quema de combustible de actividades militares dentro del país y de manera informativa en *operaciones multilaterales* (IPCC, 2006).

La quema de combustible de esta subcategoría se incluye en *transporte terrestre*, por lo que el país lo reporta como incluido en otro lugar.

No fue posible estimarla por falta de información desagregada, se considera que con el formato de presentación actual se resguarda la confidencialidad de los usuarios, más queda como oportunidad de mejora identificar el consumo de combustible de *operaciones multilaterales* en ciertos años (los cuales también se desconocen) y así extraerlos de las emisiones nacionales de *transporte*.

3.2.11. AC/CC de la categoría

3.2.11.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías y las actividades propias del equipo técnico INGEI (ver Anexo IV). Algunas de estas actividades rutinarias para el CC específica de esta categoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de este por cada fuente de la categoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos del BEN, BNEU, DINAC, INE, ANDE, métodos estadísticos, entre otros, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeo cruzado información pública nacional del BEN versus publicaciones del INE (1.A.1.a) y la Agencia Internacional de la Energía (AIE) (1.A.2).
- Chequeo cruzado de los datos entregados por las instituciones versus la información pública nacional e internacional (1.A.3).
- Chequeo de la importación de datos desde los BEN a la planilla consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software IPCC.
- Chequeos cruzados entre planillas de datos y cálculo, junto con chequeos dentro de hojas y libros.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario previo.
- Consolidación de los valores del BEN mediante vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de minigráficos.
- Creación de tabla de referencia con los factores de conversión de densidad y VCN utilizados.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

Tablas reportes generadas por el software IPCC posteriormente vinculadas a las tablas FCR elaboradas por la RedINGEI y transportadas al documento de informe.

Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.

Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.

Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.

Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.

Comparación de resultados del método sectorial y el método referencia.

Verificación del informe

Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.

Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.

Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

Verificación de la documentación

Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.

Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.

Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

3.2.11.2. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad (AC) es un sistema planificado de procedimientos de revisión efectuados por personal que no participa directamente del proceso de compilación/elaboración del inventario. Por medio de las revisiones se verifica que se hayan alcanzado los objetivos mensurables, se garantiza que el inventario represente las mejores estimaciones posibles de emisiones y absorciones, dado el estado actual del conocimiento científico y la disponibilidad de los datos y se respalda la eficacia del programa de CC.

El proceso de AC se realizó en noviembre de 2024, con revisores de expertos internacionales. Se han recibido recomendaciones y sugerencias para la mejora del INGEI, las mismas fueron analizadas sobre su factibilidad de ser incluidas. El informe resultante de este proceso se presenta en el Anexo IV.

3.2.11.3. Verificación

No se han realizado acciones de verificación, debido a que no se cuenta con datos completos de otras fuentes con las que pudiera realizarse la comparación.

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

3.3.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *emisiones fugitivas de combustibles* incluye todas las emisiones intencionales y no intencionales emanadas de la extracción, el procesamiento, almacenamiento y transporte de

combustibles al punto de uso final como se menciona en el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*.

En el contexto nacional, esta categoría incluye principalmente las *emisiones fugitivas* emanadas durante la *producción de carbón vegetal*, así como aquellas producidas durante el *transporte* y la *refinación* de petróleo.

Esta categoría representa para el sector *energía* el 5,1 % en el año 2021 con 473,9 kt CO₂ eq. Como se puede apreciar en la Tabla 3-39, desde 1990, las emisiones de GEI se han incrementado en un 94,0 % y con respecto al año 2019 en un 2,4 %.

Los GEI de esta categoría están dados en el año 2021 principalmente por el CO₂ y en menor medida el CH₄ y N₂O.

A nivel de subcategorías, se puede observar en la Tabla 3-39 y en la Figura 3-22 que en los años posteriores al 2005 las emisiones fugitivas de los *combustibles sólidos* representan el 100,0 % de la categoría debido a que deja de ocurrir el *transporte* y la *refinación* de petróleo. En el Anexo VI se muestran los resultados de toda la serie.

Tabla 3-39.

Emisiones fugitivas de combustibles: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

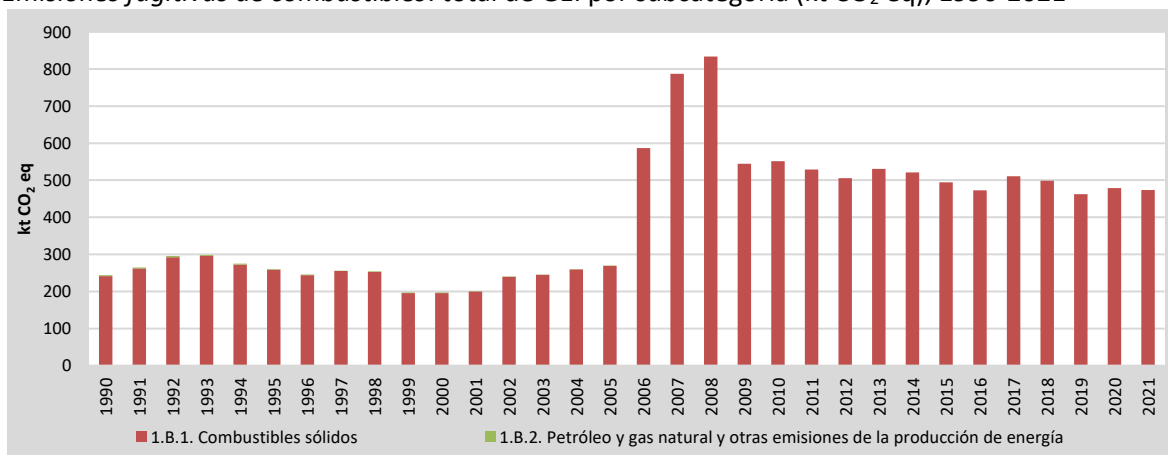
Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.B.1. Combustibles sólidos	241,2	258,8	195,9	268,7	551,6	494,4	462,6	479,1	473,9
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	3,1	2,0	1,1	0,3	NO	NO	NO	NO	NO
Total	244,3	260,8	197,0	269,0	551,6	494,4	462,6	479,1	473,9

Nota: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-22.

Emisiones fugitivas de combustibles: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.3.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de la categoría *emisiones fugitivas de combustibles* se aplicó el método Nivel 1, según el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC*

de 2006 con FE por defecto y utilizando las ecuaciones descritas en las Secciones 3.3.3.2 y 3.3.4.2. En la Tabla 3-40 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría.

Tabla 3-40.

Emisiones fugitivas de combustibles: resumen de métodos aplicados por subcategoría

Subcategoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.B.1. Combustibles sólidos	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO

Nota: T1 = nivel 1; D = por defecto; NE = no estimado; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Cabe mencionar que el carbono presente en combustibles como la biomasa se declara como *elemento informativo* y no se contabiliza en los totales de este sector, para evitar el cómputo doble, puesto que las emisiones netas de la biomasa ya se contabilizan en el sector *UTCUTS*. Aunque las emisiones de CO₂ del carbono biogénico no estén incluidas en los totales del sector *energía*, la quema de estos combustibles en las fuentes móviles genera CH₄ y N₂O antropogénicos, que se calculan y declaran en las estimaciones de las emisiones de este sector, según se indica en las *Directrices del IPCC del 2006*.

Las emisiones de GEI de la categoría *emisiones fugitivas de combustibles* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

3.3.2.1. Datos de actividad de la categoría

Los DA correspondientes a esta categoría provienen principalmente de los BEN elaborados por el VMME/MOPC los cuales se detallan en las secciones correspondientes de cada subcategoría.

3.3.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, se aplican los FE por defecto del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*. En las secciones correspondientes de cada subcategoría se presentan dichos valores.

3.3.3. Combustibles sólidos (CRT 1.B.1)

3.3.3.1. Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

La subcategoría *combustible sólidos* incluye todas las emisiones intencionales y no intencionales de extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles sólidos al punto de uso final como se menciona en el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*.

De las fuentes que incluyen esta subcategoría, en el presente INGEI se reporta la *transformación de combustibles sólidos* el cual abarca emisiones fugitivas que surgen durante la fabricación de productos secundarios y terciarios de los combustibles (IPCC, 2019).

En el caso de Paraguay se incluyen las emisiones fugitivas de la *producción de carbón vegetal* provienen de carboneras tanto industriales como de pequeños productores agrícolas. Según se menciona en el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, las tecnologías de hornos tradicionales para la producción de carbón vegetal son lentas y no requieren tratamiento de los gases de pirólisis, lo que produce emisiones de gases y aerosoles que son a la vez tóxicos y contribuyen a las emisiones de GEI.

La presente subcategoría contribuye en un 5,1 % al total del sector *energía* para el 2021 con emisiones de CH₄ y N₂O que, en dicho año, las emisiones de GEI alcanzaron 473,9 kt CO₂ eq. Desde el año 1990, las emisiones se han incrementado en un 96,5 % y con respecto al 2019 un 2,4 %.

La cantidad de GEI estimada se presenta en la Tabla 3-41 y en la Figura 3-23. En el Anexo VI se muestran los resultados de toda la serie.

Tabla 3-41.

Combustibles sólidos: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

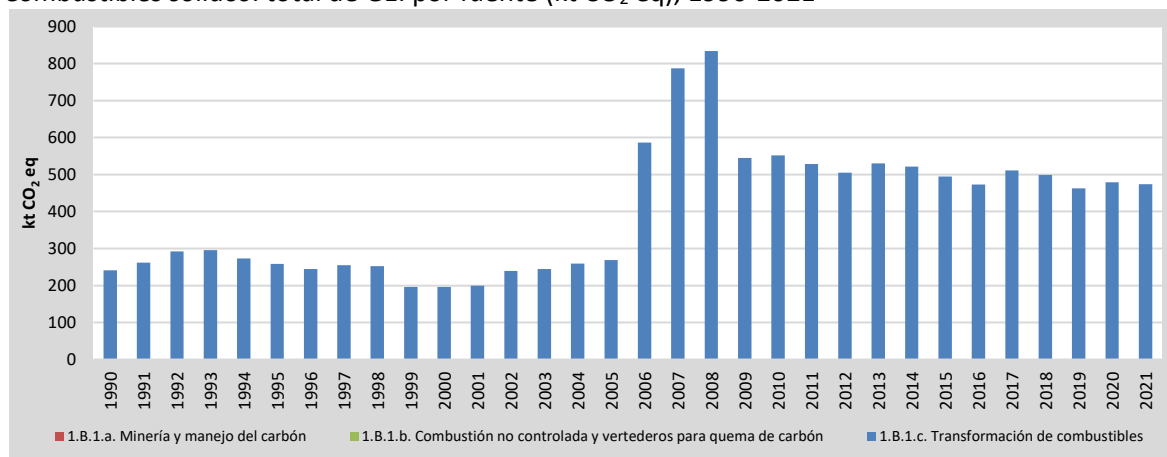
Fuente de GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.B.1.a. Minería y manejo del carbón	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.b. Combustión no controlada y vertederos para quema de carbón	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.c. Transformación de combustibles	241,2	258,8	195,9	268,7	551,6	494,4	462,6	479,1	473,9
Total	241,2	258,8	195,9	268,7	551,6	494,4	462,6	479,1	473,9

Nota: NO= no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-23.

Combustibles sólidos: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.3.3.2. Aspectos metodológicos de la subcategoría

La subcategoría *combustible sólidos* presenta emisiones fugitivas surgidas durante el proceso de *transformación de combustibles* sólido a sólido y la gasificación, es decir durante la fabricación de productos secundarios, como lo es la *producción de carbón vegetal* debido a la liberación de CO₂, CH₄ y N₂O. Para su estimación se aplicó el método Nivel 1 del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*. Este enfoque implica el uso de FE por defecto y DA nacionales de producción aplicados en la Ecuación 3-11.

Ecuación 3-11.

Combustibles sólidos: emisiones fugitivas de GEI procedentes de la producción de carbón (o biocarbón) anualmente

$$Emissions_{GHG, \text{ charcoal (or biochar) produced}} = \text{Chacoal (or biochar) produced} \bullet Emission Factor_{GHG}$$

Donde:

Emisiones_{GEI, producción de carbón (o biocarbón)} = emisiones de un determinado GEI (g GEI)

Producción de carbón (o biocarbón) = cantidad de carbón vegetal (o biocarbón) producido (kg)

Factor de Emisión_{GEI} = factor de emisión de GEI (g de GEI/kg de carbón vegetal (o biocarbón) producido)

Fuente: Ecuación 4.3.1; Capítulo 4; Volumen 2; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

En la Tabla 3-42 se presenta la metodología aplicada por fuente de GEI.

Tabla 3-42.

Combustibles sólidos: resumen de método aplicado por fuente de GEI

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.B.1. Combustibles sólidos	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.B.1.a. Minería y manejo del carbón	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.i. Minas subterráneas	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.i.1. Minería	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.i.2. Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.i.3. Minas subterráneas abandonadas	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.i.4. Quema de metano drenado o conversión de metano en CO ₂	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.ii.1. Minería	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.ii.2. Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.ii.3. Minas superficiales abandonadas	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.iii. Exploración de carbón	NA	NA	NO	NO	NA	NA
1.B.1.b. Transformación de combustibles sólidos	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	T1	D	T1	D	T1	D
1.B.1.b.ii. Producción de coque	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.b.iii. Producción de combustible sólido a sólido	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.b.iv. Transformación de gasificación	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.c. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = nivel 1; D = por defecto; NO = no ocurre; NA = no aplica.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Cabe mencionar que el carbono presente en combustibles como la biomasa se declara como *elemento informativo* y no se contabiliza en los totales de este sector, para evitar el cómputo doble, puesto que las emisiones netas de la biomasa ya se contabilizan en el sector *UTCUTS*. Aunque las emisiones de CO₂ del carbono biogénico no estén incluidas en los totales del sector *energía*, la quema de estos combustibles en las fuentes móviles genera CH₄ y N₂O antropogénicos, que se calculan y declaran en las estimaciones de las emisiones de este sector, según se indica en las *Directrices del IPCC del 2006 y su Refinamiento del 2019*.

Las emisiones de GEI de la subcategoría *combustibles sólidos* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

3.3.3.2.1. Datos de actividad de la subcategoría

La actividad considerada como fuente de *emisiones fugitivas* corresponde a la *producción de carbón vegetal* obtenida mediante el procesamiento de madera/desechos de madera mediante pirólisis. Dichas estadísticas nacionales fueron obtenidas del BEN.

El Paraguay dispone de una diversidad de carboneras destinadas al suministro de carbón vegetal para los diferentes sectores del consumo final. Esta actividad está generalmente en manos de pequeños productores agrícolas, así como de industrias dedicadas a la producción a mayor escala. La eficiencia de estos centros de transformación varía según la región, características de la materia prima y del mercado al que está destinado.

Entre 2005 y 2007 hubo un aumento de la producción de carbón vegetal en Paraguay impulsada principalmente por las actividades de limpieza en el Chaco y la exportación significativa a Brasil. En los años posteriores, la producción se mantuvo estable, pero enfrentó desafíos debido a la disponibilidad de madera y restricciones legales. Aunque el mercado interno y externo siguió siendo robusto, la falta de inversión en nuevas tecnologías y en plantaciones forestales para la producción de carbón limitó el crecimiento futuro (BID, 2008).

En la Tabla 3-43 y Figura 3-24 se presentan los DA utilizados para toda la serie temporal 1990-2021.

Tabla 3-43.

Combustibles sólidos: datos de actividad por producción (kilogramos), 1990-2021

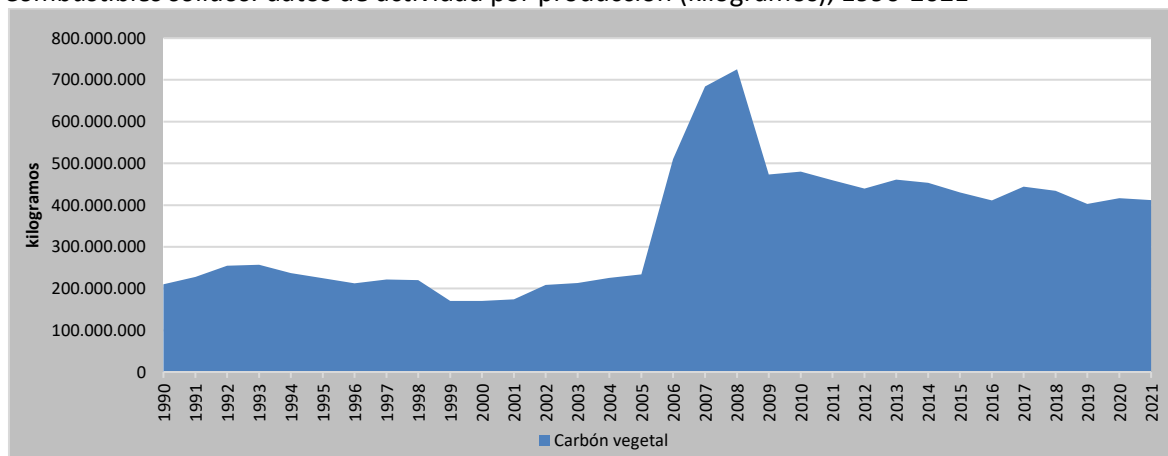
Año	Carbón vegetal
1990	209.800.000,0
1991	227.900.000,0
1992	254.400.000,0
1993	257.300.000,0
1994	237.300.000,0
1995	225.100.000,0
1996	212.400.000,0
1997	221.700.000,0
1998	219.900.000,0
1999	170.400.000,0
2000	170.400.000,0
2001	173.900.000,0
2002	208.600.000,0
2003	212.900.000,0
2004	225.800.000,0
2005	233.700.000,0
2006	510.200.000,0
2007	684.200.000,0
2008	725.300.000,0
2009	473.600.000,0
2010	479.800.000,0
2011	459.680.000,0
2012	439.520.000,0
2013	461.360.000,0
2014	453.610.000,0
2015	430.020.000,0

Año	Carbón vegetal
2016	411.490.000,0
2017	444.180.000,0
2018	433.920.000,0
2019	402.410.000,0
2020	416.778.833,8
2021	412.238.924,4

Fuente: VMME/MOPC (2024).

Figura 3-24.

Combustibles sólidos: datos de actividad por producción (kilogramos), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2024).

3.3.3.2.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de GEI son valores por defecto, extraídos del Volumen 2, Capítulo 4, Cuadro 4.3.3 del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006* como se visualiza en la Tabla 3-44.

Tabla 3-44.

Combustibles sólidos: factores de emisión aplicados por producción

Fuente de GEI/Producción		GEI	Valor	Unidad
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal	Carbón vegetal	CO ₂	1.570,0	g/kg
		CH ₄	40,3	g/kg
		N ₂ O	0,1	g/kg

Fuente: IPCC (2019).

3.3.3.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

3.3.3.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis. Un resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas se presenta en la Sección 1.9.

Por otra parte, la serie se considera consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta subcategoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con las mismas fuentes de datos, pero con ajuste en la metodología de relevamiento de datos del SIEN (con metodología OLADE para los BEN 1990-2019) y del siePARAGUAY (con metodología IRES para los BEN 2020-2021).

3.3.3.5. Nuevos cálculos de la subcategoría

No se realizaron nuevos cálculos para esta subcategoría, ya que su estimación se realiza por primera vez utilizando el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*.

3.3.3.6. Mejoras planificadas para la subcategoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejora de la subcategoría para los futuros INGEI:

- Realizar mesas de trabajo con los organismos competentes (MOPC, Universidades, etc.) a los efectos de relevar informaciones referentes a la biomasa.
- Apoyar y participar en las acciones que viene desarrollando el VMME/MOPC a través del proceso de armonización del lenguaje a nivel nacional en el subsistema de energía conforme a las recomendaciones de Naciones Unidas y alineados a los requerimientos del INGEI, para unificar criterios de elección de factores de conversión en el proceso de elaboración de los balances energéticos.
- Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de licencias ambientales y realización de auditorías ambientales.
- Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.
- Estimar las emisiones de gases precursores (CO, NO_x, COVDM y SO_x).

3.3.4. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía (CRT 1.B.2)

3.3.4.1. Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Esta subcategoría comprende las *emisiones fugitivas* provenientes de todas las actividades de *petróleo y gas natural* con excepción de los aportes de la quema de combustible. Las fuentes primarias de estas emisiones pueden incluir las fugas de equipos, pérdidas por evaporación, el venteado, la quema y las emisiones accidentales como se menciona en el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*.

La fuente *petróleo* por su parte abarca todas las emisiones por venteo, quema en antorcha y toda otra fuente fugitiva vinculada a la exploración, producción, transmisión, concentración y refinación de petróleo crudo y la distribución de productos de petróleo crudo (IPCC, 2019).

En el ámbito nacional, Paraguay cuenta con una única refinería de petróleo, la cual es propiedad de la empresa estatal PETROPAR. Las operaciones de esta refinería fueron cerradas en el año 2005. La instalación está ubicada en el Municipio de Villa Elisa, a 15 km del centro de Asunción, en las

proximidades del Río Paraguay, abarcando un área de 64 has. En consecuencia, las actividades comprendidas en esta subcategoría están relacionadas con la *refinación* de petróleo para la generación de productos finales refinados, así como el *transporte* del petróleo crudo el cual se llevaba a cabo mediante barcazas utilizadas para la importación. Es importante señalar que el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006* proporciona factores de emisión por defecto tanto para las emisiones fugitivas de la *refinación* como para el *transporte* por barcazas. Finalmente, cabe destacar que típicamente la refinería recuperaba la totalidad de los gases de escape, y las prácticas de venteo y/o quema en antorcha eran esporádicas.

La presente subcategoría deja de ocurrir en el país entre el 2005 y contribuye en años anteriores con emisiones fugitivas de CO₂, CH₄ y N₂O por el procesamiento y transporte de petróleo crudo, tal como se observa en la Tabla 3-45 y Figura 3-25.

Tabla 3-45.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

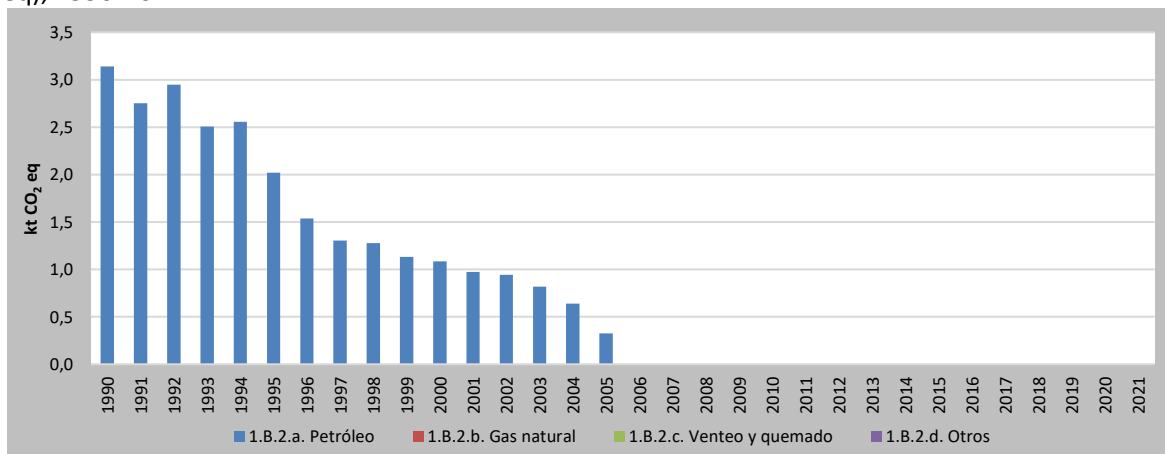
Fuente de GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
1.B.2.a. Petróleo	3,1	2,0	1,1	0,3	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.b. Gas natural	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.c. Venteo y quemado	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.d. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	3,1	2,0	1,1	0,3	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: NO= no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 3-25.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.3.4.2. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Transporte

Durante el proceso de *transporte* se generan emisiones fugitivas debido a la liberación de CH₄. Para su estimación se aplica método de Nivel 1 del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006* el cual se basa en FE por defecto multiplicada por DA representativos para cada segmento o

subsegmento que ocurren durante el *transporte* del petróleo, considerando que dicha industria operó en el país en épocas pasadas transportando el petróleo en barcazas, solo se considera el subsegmento de buques cisternas dentro de la Ecuación 3-12.

Ecuación 3-12.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: estimación de las emisiones fugitivas procedentes del transporte de petróleo

$$\begin{aligned}
 E_{oil\ transport} = & A_{pipelines} \cdot EF_{pipelines} \\
 & + A_{tanker\ trucks\ and\ rail\ cars} \cdot EF_{tanker\ trucks\ and\ rail\ cars} \\
 & + A_{tanks} \cdot EF_{tanks} + A_{tanker\ ships} \cdot EF_{tanker\ ships}
 \end{aligned}$$

Donde:

E Transporte de petróleo = Cantidad total de GEI emitidos debido a todas las actividades relevantes de transporte de petróleo

A Oleoductos = Volumen de petróleo transportado por oleoductos

EF Oleoductos = Factor de emisión del petróleo transportado por oleoductos

A Camiones cisterna y vagones = Volumen de petróleo transportado en camiones cisterna y vagones

EF Camiones cisterna y vagones = Factor de emisión del petróleo transportado en camiones cisterna y vagones

A Tanques = Volumen de alimentación de petróleo crudo

EF Tanques = Factor de emisión para tanques

A Buques cisterna = Volumen de petróleo cargado en buques cisterna

EF Buques cisterna = Factor de emisión del petróleo transportado por buques cisterna

Fuente: Ecuación 4.2.11; Capítulo 4; Volumen 2; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Refinación

Para el caso de *refinación*, esta presenta emisiones debido a la liberación de CO₂, CH₄ y N₂O. Para su estimación se aplica el método de Nivel 1 del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, ya que esta no constituye una categoría principal de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN). Este enfoque implica la aplicación de FE por defecto, los cuales se corresponden con parámetros de DA representativos para este segmento o fuente específica dentro de la industria del petróleo. Las estimaciones se realizan mediante el uso de la Ecuación 3-13.

Ecuación 3-13.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: estimación de las emisiones fugitivas procedentes de un segmento de la industria

$$E_{gas, segmento de la industria} = A_{segmento de la industria} \cdot EF_{gas, segmento de la industria}$$

Donde:

E_{gas, segmento de la industria} = emisiones anuales de CO₂, CH₄ y N₂O (toneladas)

EF_{gas, segmento de la industria} = factor de emisión para CO₂, CH₄ y N₂O (toneladas/unidad de actividad)

A_{segmento de la industria} = valor de la actividad (unidades de actividad)

Fuente: Ecuación 4.2.1; Capítulo 4; Volumen 2; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

En la Tabla 3-46 se presentan las metodologías aplicadas por fuente de GEI.

Tabla 3-46.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: resumen de métodos aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.B.2.a. Petróleo	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
1.B.2.a.i. Exploración	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.a.ii. Producción y actualización	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.a.iii. Transporte	NA, NO	NA, NO	T1, NO	D, NO	NA, NO	NA, NO
1.B.2.a.iv.. Refinación	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1.B.2.a.v.. Distribución de productos de petróleo	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1.B.2.a.vi. Otros	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
1.B.2.a.vii. Pozos petroleros abandonados	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.b. Gas natural	NO	NO	NO	NO	NA, NO	NA, NO
1.B.2.b.i. Exploración	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.b.iii. Procesamiento	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.b.iv. Transmisión y almacenamiento	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.b.v. Distribución	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.b.vi. Postmedidor de gas	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.b.vii. Otros	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.b.viii. Pozos de gas abandonados	NO	NO	NO	NO		
1.B.2.c. Venteo y quemado	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.d. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Referencias: T1 = nivel 1; D = por defecto; NA = no aplica; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Las emisiones de GEI de la fuente *petróleo* se calcularon con el *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*.

3.3.4.2.1. Datos de actividad de la subcategoría

Las actividades consideradas como fuente de emisiones fugitivas corresponden a la *refinación y transporte* de petróleo en el procesamiento de petróleo crudo importado. Dichas estadísticas nacionales fueron obtenidas del BEN.

La refinería estatal PETROPAR estuvo en funcionamiento hasta el año 2005, procesando petróleo crudo importado en barcasas. A partir de 2006, cesó sus actividades debido a la falta de rentabilidad, y comenzó a importar directamente diversos combustibles derivados del petróleo. Durante su operación, la refinería recuperaba todos los gases de escape, con venteo y quema en antorcha de manera esporádica.

En la Tabla 3-47 y Figura 3-26 se presentan los DA utilizados para toda la serie temporal 1990-2021.

Tabla 3-47.

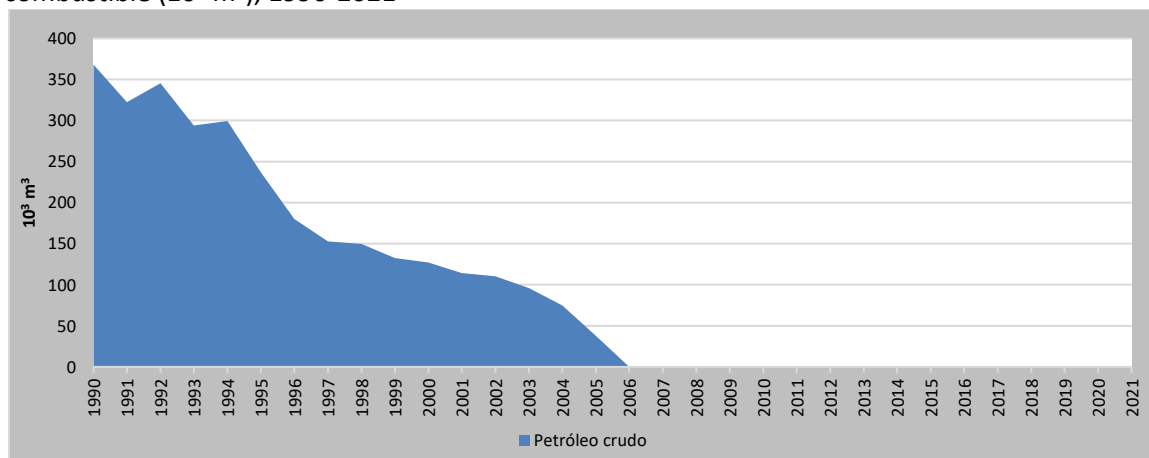
Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: datos de actividad por combustible (10^3 m^3), 1990-2021

Año	Petróleo crudo
1990	368,1
1991	322,5
1992	345,3
1993	293,8
1994	299,4
1995	236,7
1996	180,2
1997	152,9
1998	149,8
1999	132,5
2000	127,0
2001	114,2
2002	110,5
2003	96,0
2004	74,9
2005	38,0
2006	0,0
2007	0,0
2008	0,0
2009	0,0
2010	0,0
2011	0,0
2012	0,0
2013	0,0
2014	0,0
2015	0,0
2016	0,0
2017	0,0
2018	0,0
2019	0,0
2020	0,0
2021	0,0

Fuente: VMME/MOPC (2024).

Figura 3-26.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: datos de actividad por combustible (10^3 m^3), 1990-2021



Fuente: VMME/MOPC (2024).

3.3.4.2.2. Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de GEI son valores por defecto por fuente, y tipo de combustible, extraído del Volumen 2, Capítulo 4, Cuadro 4.2.4B del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, como se visualiza en la Tabla 3-48.

Tabla 3-48.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: factores de emisión aplicados por fuente de GEI y combustible

Fuente de GEI		GEI	Valor	Unidad
1.B.2.a.iii.3. Transporte	Combustible líquido	CH ₄	0,1	t/10 ³ m ³
		CO ₂	5,9	t/10 ³ m ³
1.B.2.a.iii.4. Refinación		CH ₄	3,0,E-02	t/10 ³ m ³
		N ₂ O	8,8,E-05	t/10 ³ m ³

Fuente: IPCC (2019).

3.3.4.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

3.3.4.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis. Un resumen de las disposiciones de flexibilidad utilizadas se presenta en la Sección 1.9.

Por otra parte, la serie se considera consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta subcategoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con las mismas fuentes de datos, pero con ajuste en la metodología de relevamiento de datos del SIEN (con metodología OLADE para los BEN 1990-2019) y del siePARAGUAY (con metodología IRES para los BEN 2020-2021).

3.3.4.5. Nuevos cálculos de la subcategoría

La Tabla 3-49 presenta una comparación de emisiones. En el INGEI actual, se incorpora una nueva estimación de emisiones fugitivas provenientes del *transporte* (CH₄) y de la *refinación* (CO₂ y N₂O) del petróleo crudo, realizada por primera vez utilizando el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006* y el uso del PCG de 28 para CH₄. Estos ajustes generan diferencias significativas en el periodo 1990-2005 en comparación con el INGEI previo.

Tabla 3-49.

Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	0,2	0,1	0,1	1,7,E-02	NO	NO	NO		
INGEI actual	3,1	2,0	1,1	0,3	NO	NO	NO	NO	NO
Diferencia	3,0	1,9	1,0	0,3	NO	NO	NO		
Diferencia %	94,6%	94,6%	94,6%	94,6%	NO	NO	NO		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

3.3.4.6. Mejoras planificadas para la subcategoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la subcategoría para los futuros INGEI:

Relevar información de la fuente oficial (PETROPAR).

Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

Estimar las emisiones de gases precursores (CO, NO_x, COVDM y SO_x).

3.3.5. AC/CC de la categoría

3.3.5.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías y las actividades propias del equipo técnico (ver Anexo IV). Algunas de estas actividades rutinarias para el CC son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de este por cada fuente de la categoría.

Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.

Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.

Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario previo.

Consolidación de los valores del BEN mediante vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.

Chequeo de la importación de datos desde los BEN a la planilla consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.

Creación de tabla de referencia con los factores de conversión de densidad y VCN utilizados.

Plantillas de datos protegidas con contraseña.

Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de minigráficos.

Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

Tablas reportes generadas por el software del IPCC posteriormente vinculadas a las tablas FCR elaboradas por la RedINGEI y transportadas al documento de informe.

Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.

Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario previo.

Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.

Verificación del informe

Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

Verificación de la documentación

Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

3.3.5.2. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad (AC) es un sistema planificado de procedimientos de revisión efectuados por personal que no participa directamente del proceso de compilación/elaboración del inventario. Por medio de las revisiones se verifica que se hayan alcanzado los objetivos mensurables, se garantiza que el inventario represente las mejores estimaciones posibles de emisiones y absorciones, dado el estado actual del conocimiento científico y la disponibilidad de los datos y se respalda la eficacia del programa de CC.

El proceso de AC se realizó en noviembre de 2024, con revisores de expertos internacionales. Se han recibido recomendaciones y sugerencias para la mejora del INGEI, las mismas fueron analizadas sobre su factibilidad de ser incluidas. El informe resultante de este proceso se presenta en el Anexo IV.

3.3.5.3. Verificación

No se han realizado acciones de verificación, debido a que no se cuenta con datos completos de otras fuentes con las que pudiera realizarse la comparación.

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

No se identifican actividades correspondientes a esta categoría, por tanto, se consideran que no ocurren en el país.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

4

CAPÍTULO

SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SUS PRODUCTOS



Capítulo 4. PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (CRT 2)

4.1. Panorama general del sector

El presente capítulo abarca todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) resultantes de los procesos industriales y por el uso de productos.

4.1.1 Descripción del sector

El sector procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés) incluye categorías que abarcan actividades que generan emisiones de GEI relacionadas con los procesos de producción industrial que transforman los materiales por medios químicos o físicos, del uso de GEI en productos y de usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles, se excluyen las emisiones vinculadas a la combustión de energía.

Las categorías y subcategorías incluidas junto con los GEI que resultan de las mismas son las siguientes:

2.A. Industria de los minerales

- 2.A.1. Producción de cemento (CO₂)
- 2.A.2. Producción de cal (CO₂)
- 2.A.3. Producción de vidrio (CO₂)
- 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos (CO₂)

2.B. Industria química

- 2.B.5. Producción de carburo (CO₂, CH₄)

2.C. Industria de los metales

- 2.C.1. Producción de hierro y acero (CO₂)
- 2.C.2. Producción de Ferroaleaciones (CO₂, CH₄)
- 2.C.5. Producción de plomo (CO₂)

2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente

- 2.D.1. Uso de lubricantes (CO₂)
- 2.D.2. Uso de la cera de parafina (CO₂)

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

- 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado (HFC)
- 2.F.3. Protección contra incendios (HFC)

2.G. Manufactura y utilización de otros productos

- 2.G.1. Equipos eléctricos (SF₆)

La Agencia de Información Paraguaya (2020) señala que la división industrial representa el 19,00 % de la economía del país basado en datos del Banco Central del Paraguay (BCP) y emplea a 384.810 personas en forma directa según la Encuesta Permanente de Hogares Continua del 2019 realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE). El Sistema de Cuentas Nacionales del BCP destaca que dentro de la división industrial los rubros de mayor peso son el de la carne, con una participación del 13,00 %, bebidas y tabaco con 12,00 % y química con el 11,00 %. Los rubros que obtuvieron un desempeño destacado en los últimos años fueron los productos químicos, metálicos y el de bebidas y tabaco.

En cuanto a las inversiones privadas realizadas en el periodo de agosto de 2018 a julio de 2020, bajo el régimen de la Ley N° 60/90 de Fomento a las inversiones y del régimen de maquila, se observa que el principal destino de las inversiones con el 88,00 %, es la división industrial, el segundo lugar lo ocupa la división de los servicios con el 7,40 %, seguido de la división agroganadero y de explotación de minas y canteras con el 4,20 % y 0,40 % respectivamente (Agencia de Información Paraguaya, 2020).

Dentro de la división industrial, el rubro metalúrgico y el de la construcción, son los principales destinos de la inversión nacional y extranjera, con una participación del 29,00 % y 24,60 %, respectivamente como menciona la Agencia de Información Paraguaya (2020).

Sin embargo, la economía del Paraguay se basa principalmente en la agricultura y ganadería. La industrialización está poco desarrollada y se reduce, principalmente, a la transformación de los productos agrícolas y ganaderos; no obstante, en las últimas décadas, la división industrial ha dado muestra de un nuevo dinamismo, favorecido y alimentado en gran medida por condiciones favorables, como la estabilidad macroeconómica, así como una política de incentivos a la inversión y producción.

4.1.2 Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones totales del sector IPPU estimadas de GEI directos en el año 2021 fueron de 1.399,7 Kt de CO₂ eq, representando el 3,89 % del total de emisiones nacionales.

En la Tabla 4-1 y se reporta el resumen de los resultados del inventario de 2021 del sector IPPU por gas, categoría y subcategoría.



Tabla 4-1.

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

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	Mezclas no específicas de HFC y PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt)	NF ₃ (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO _x (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
2.	Procesos industriales y uso de productos	647,6	0,1	NE, NA, NO	725,1	NA, NO	NA, NO	24,4	NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	1.399,7
2.A.	Industria de los minerales	484,2								NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	484,2
2.A.1.	Producción de cemento	346,0											NE	346,0
2.A.2.	Producción de cal	133,2												133,2
2.A.3.	Producción de vidrio	1,1												1,1
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos	3,9								NE	NE	NE	NE	3,9
2.A.5.	Otros (especificar)	NO								NO	NO	NO	NO	NO
2.B.	Industria química	17,6	0,1	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	19,8
2.B.1.	Producción de amoníaco	NO	NO	NO						NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2.	Producción de ácido nítrico			NO						NO				NO
2.B.3.	Producción de ácido adípico	NO		NO						NO	NO	NO		NO
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NO		NO								NO	NO	NO
2.B.5.	Producción de carburo	17,6	0,1							NE	NE	NE	NE	19,8
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio	NO												NO
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa	NO												NO
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo	NE	NE							NE	NE	NE	NE	NE
2.B.9.	Producción fluorquímica				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.B.10.	Otros (especificar)	NA	NA	NA						NE	NE	NE	NE	NA, NE
2.C.	Industria de los metales	114,9	1,E-02	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NA, NO	NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NO	115,2
2.C.1.	Producción de hierro y acero	68,3	NA							NE	NE	NE	NE	68,3
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	45,7	1,E-02							NO	NO	NO	NO	46,0
2.C.3.	Producción de aluminio	NO				NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4.	Producción de magnesio	NO			NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO
2.C.5.	Producción de plomo	0,9											NE	0,9
2.C.6.	Producción de cinc	NO											NO	NO
2.C.7.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	30,9	NA	NA						NE, NA	NE, NA	NE	NE, NA	30,9
2.D.1.	Uso de lubricantes	29,6	NA	NA						NA	NA	NE	NA	29,6
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	1,4	NA	NA						NA	NA	NE	NA	1,4
2.D.3.	Otros (especificar)	NA	NA	NA						NE	NE	NE	NE	NA, NE
2.E.	Industria electrónica				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.E.3.	Células fotovoltaicas				NO	NO	NO	NO	NO					NO



Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	Mezclas no específicas de HFC y PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt)	NF ₃ (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO _x (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.E.5.	Otros (especificar)				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				725,1	NA, NO	NO	NA, NO	NA, NO					725,1
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado				716,7	NO	NO	NA	NA					716,7
2.F.2.	Agentes espumantes				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.F.3.	Protección contra incendios				8,5	NO	NO	NA	NA					8,5
2.F.4.	Aerosoles				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.F.5.	Solventes				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.F.6.	Otras aplicaciones				NO	NO	NO	NO	NO					NO
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NA, NO	NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	24,4	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	24,4
2.G.1.	Equipos eléctricos				NA	NA	NA	24,4	NA					24,4
2.G.2.	SF ₆ y PFC de otros usos de productos					NO	NO	NO						NO
2.G.3.	N ₂ O de usos de productos			NE										NE
2.G.4.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (Industria de la alimentación y las bebidas)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE	NE	NE	NA, NE

Referencias: NA = No aplicable; NE = No estimada; NO = No ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table2(I)** de los CRT.

Algunas fuentes de emisiones dentro del sector IPPU no ocurren en el país (NO), como el caso del NF_3 al ser un gas utilizado en la industria electrónica, actividad que no se realiza en Paraguay, y otras por falta de información suficiente no fueron estimadas (NE), mismo caso para los gases precursores.

La contribución porcentual del sector IPPU en el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) pasó del 0,5 % en el año 1990 a un 2,1 % en el año 2019, representando un 3,9 % en el año 2021.

El crecimiento del último año con respecto al año 1990 es del 421,4 % y con respecto al año 2019 un 5,7 %. En la serie se observa un comportamiento creciente de las emisiones de GEI, resaltando picos de emisiones en los años 1995, 2006, 2016 y 2019 y descensos notorios en los años 2001, 2011, 2017 y 2020 los cuales se pueden explicar por la relación directa con la producción de cemento, así como la refrigeración y aire acondicionado con un aumento de emisiones de HFC en los últimos años, del 2015 al 2021.

Respecto a las categorías de mayor contribución en el sector IPPU en 2021, tenemos al *uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono* con 51,8 %, seguido de la *industria de los minerales* con 34,6 %.

En la Tabla 4-2 y Figura 4-1 se puede observar el resumen del total de GEI del inventario del sector IPPU por categoría, y en el Anexo VI se presentan los resultados para toda la serie temporal.

Tabla 4-2.

Sector IPPU: total de GEI por categoría (kt CO_2 eq), serie 1990-2021

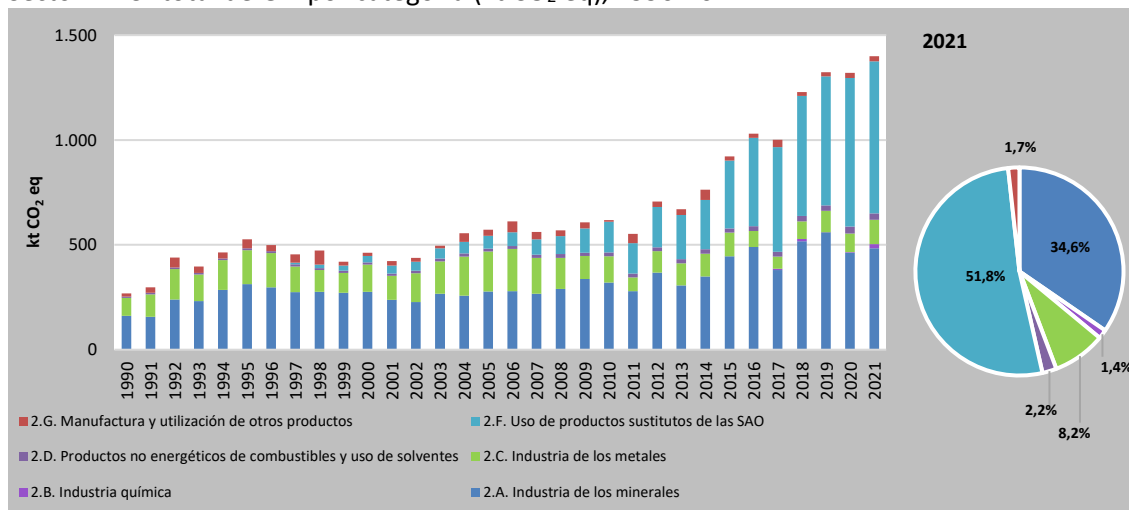
Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
2.A. Industria de los minerales	161,9	312,9	276,6	276,8	320,8	445,9	559,3	463,0	484,2
2.B. Industria química	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,2	2,5	19,8
2.C. Industria de los metales	84,4	161,5	128,8	191,0	124,8	112,0	103,2	88,6	115,2
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	7,0	8,7	11,2	14,3	17,9	21,1	25,6	32,6	30,9
2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO	NO	NO	30,2	60,9	147,0	322,7	615,4	709,8	725,1
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	15,1	43,4	14,9	29,4	8,0	19,9	19,9	24,4	24,4
Total	268,4	526,6	461,7	572,4	618,5	921,6	1.323,7	1.320,8	1.399,7

Referencia: NO= no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEl del MADES, con base en hoja **Table10s1** de los CRT.

Figura 4-1.

Sector IPPU: total de GEI por categoría (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En cuanto a las subcategorías de mayor contribución en el sector *IPPU* en 2021, tenemos la de *refrigeración y aire acondicionado* con 52,9 %, seguido de *producción de cemento* con 25,6 % y la *producción de cal* con 9,8 %.

En las emisiones de GEI para el año 2021, el gas más significativo es el CO₂, que representa el 46,3 % del total, seguido del HFC-134a con un 25,4 %, el HFC-125 con un 15,2 %, y en menores proporciones el resto del grupo de gases HFC, el CH₄ y el SF₆.

En la Tabla 4-3 y Figura 4-2 se observa el resumen del total de GEI del inventario del sector IPPU por cada GEI para toda la serie temporal 1990-2021, y en el Anexo VI se presentan los resultados para toda la serie temporal.

Tabla 4-3.

Sector IPPU: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq)

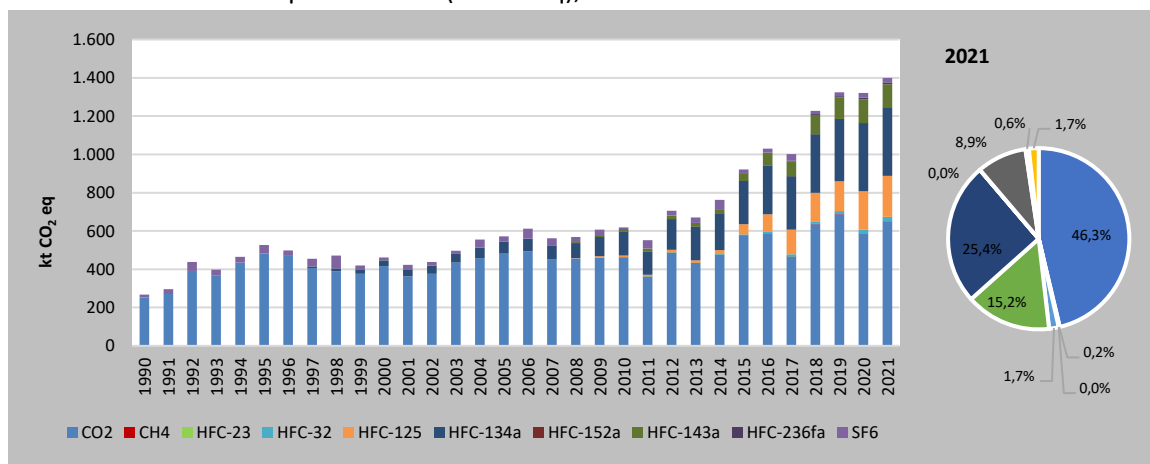
GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
CO ₂	253,3	483,2	416,6	482,1	463,5	579,0	688,0	586,2	647,6
CH ₄	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,3	0,5	2,5
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
HFC-23	NO	NO	NO	NO	NO	0,1	0,1	0,1	0,1
HFC-32	NO	NO	NO	NO	0,1	3,0	14,7	21,0	23,9
HFC-125	NO	NO	NO	NO	7,7	53,2	157,1	199,5	213,2
HFC-134a	NO	NO	30,2	60,9	125,6	225,5	324,9	356,1	354,9
HFC-152a	NO	NO	NO	NO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
HFC-143a	NO	NO	NO	NO	13,4	39,8	111,6	124,3	124,3
HFC-236fa	NO	NO	NO	NO	NO	1,0	6,8	8,5	8,5
PFC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SF ₆	15,1	43,4	14,9	29,4	8,0	19,9	19,9	24,4	24,4
NF ₃	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	268,4	526,6	461,7	572,4	618,5	921,6	1.323,7	1.320,8	1.399,7

Referencia: NO= no ocurre, NE= no estimado.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table10s5** de los CRT.

Figura 4-2.

Sector IPPU: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Para la estimación de las emisiones de GEI del sector IPPU se aplicaron métodos de Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3 propuestos por las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* y su *Refinamiento de 2019*.

Métodos de Nivel 2 se aplicaron para emisiones de CO₂ en la categoría de *Industria de los Minerales* (específicamente en la producción de cemento y cerámicas) y método de Nivel 3 para la estimación de emisiones en la *Producción de vidrio* y el *Uso de SF6 equipos eléctricos*. Para el resto de las categorías, fueron aplicados métodos de Nivel 1 con factores de emisión (FE) por defecto.

El cálculo de las emisiones de GEI para este sector se realizó a través del *Software de Inventario del IPCC - versión 2.93*. En la Tabla 4-4 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y tipo de GEI. Las ecuaciones utilizadas en cada una de ellas se encuentran detalladas en las secciones pertinentes de cada fuente de emisión.

Tabla 4-4.

Sector IPPU: resumen de métodos aplicados por categoría

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2. IPPU	T1, T2, T3, NE, NA, NO	PS, D, NE, NA, NO	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	NA, NO	NA, NO	T3, NE, NA, NO	* NE, NA, NO
2.A. Industria de los minerales	T1, T2, T3, NO	PS, D, NO										
2.B. Industria química	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.C. Industria de los metales	T1, NE, NO	D, NE, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, NA	D, NA	NA	NA	NA	NA						
2.E. Industria electrónica							NO	NO	NO	NO	NO	NO

2.F. Uso de productos sustitutos de las SAO							NO, T1a	NO, D	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	T3, NE, NA, NO	* NE, NA, NO
2.H. Otros (Industria de la alimentación y las bebidas)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Referencias: T1 = nivel 1; T2 = nivel 2; T3 = nivel 3; PS = planta específica; D = por defecto; NA = no aplicable; NE = no estimada; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Para el llenado de vacíos de información de ciertas categorías, se aplicaron métodos estadísticos los cuales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4-5.

Sector IPPU: resumen de método estadísticos aplicados por fuente

<i>Categoría</i>	<i>Fuente</i>	<i>Método estadístico</i>	<i>Criterios para la selección del método</i>
2.A.2 - Producción de cal	Producción de cal viva	Cadena de Markov de Monte Carlo (MCMC)	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
2.A.4.a - Cerámica	Producción de cerámica	Tendencia Lineal	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
2.A.4.b - Otros usos de la ceniza de sosa	Importación de carbonato de sodio	Media geométrica	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
2.F - Uso de productos sustitutos de las SAO	R-134a	Progresión geométrica	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
2.G.1 - Equipos eléctricos	Consumo de SF6	Tasa compuesta	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría
2.D - Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	Importación de lubricantes	Función CRECIMIENTO	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría

Categoría	Fuente	Método estadístico	Criterios para la selección del método
	Importación de ceras	Función CRECIMIENTO	Naturaleza de los datos faltantes, disponibilidad y calidad de la información, coherencia con las estadísticas nacionales reportadas y complejidad de cada categoría

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.2 Industria de los minerales (CRT 2.A)

4.2.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *industria de los minerales* incluye las emisiones de CO₂ relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales como se menciona en las Directrices del IPCC de 2006.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos de producción de cemento, cal, vidrio, materiales cerámicos y uso de ceniza de sosa o carbonato de sodio.

En el caso de la *producción de cemento*, el CO₂ se genera durante la producción del Clinker, el cual luego se somete a la trituration para formar el cemento. En la producción del Clinker se calcina la caliza, compuesta de carbonato de calcio (CaCO₃) para producir cal (CaO) y CO₂; la cal reacciona con la sílice, alúmina y el óxido de hierro, para formar el Clinker (IPCC, 2006).

Para la *producción de cal*, el óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma al calentar la piedra caliza como resultado de la transformación de los carbonatos contenido en la misma. Este proceso se efectúa generalmente en hornos a altas temperaturas, donde como resultado de la reacción se libera CO₂. Según los requerimientos del producto (por ej., metalurgia, pulpa y papel, materiales de construcción, tratamiento de efluentes, ablandamiento de aguas, control del pH y estabilización de suelos) se utiliza principalmente la piedra caliza con fuerte proporción de calcio (calcita) (IPCC, 2006).

En el caso de la *producción de vidrio*, si bien existen diferentes variedades de productos, la mayor parte del vidrio producido son las de cal sodada, la cual está compuesta por sílice (SiO₂), sosa (Na₂O) y cal (CaO). Las principales materias primas que emiten CO₂ en el proceso de fabricación del vidrio son: la piedra caliza, la dolomita y la ceniza de sosa. También se utiliza como materia prima una fracción de vidrio reciclado (cullet) (IPCC, 2006).

Las *Directrices del IPCC de 2006* también menciona acerca de la subcategoría *Otros usos de carbonatos* incluyen a la producción de materiales cerámicos y el uso de ceniza de sosa o carbonato de sodio. Los materiales cerámicos incluyen principalmente la producción de ladrillos y tejas, así como tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y cerámica para el piso, sanitarios, vajillas y ornamentos cerámicos, etc. Las emisiones relacionadas con los procesos de producción de las cerámicas provienen de la calcinación de los carbonatos contenidos en la arcilla, así como de la inclusión de aditivos. De manera análoga a los procesos de producción del cemento y de la cal, los carbonatos se calientan a altas temperaturas en un horno,

lo que produce óxidos y CO₂. Es importante tener en cuenta que los datos sobre los carbonatos reflejen los carbonatos puros y no las rocas carbonatadas.

Según se menciona en las *Directrices del IPCC de 2006*, en el caso de la ceniza de sosa o carbonato de sodio (Na₂CO₃), la misma es utilizada en una variedad de aplicaciones, incluidas la producción de vidrio, de jabones y de detergentes, la desulfuración de gases de combustión por vía húmeda, los productos químicos, la pulpa y el papel y otros productos de consumo común. Tanto la producción como el consumo de la ceniza de sosa producen la liberación de CO₂. Las emisiones de la producción de ceniza de sosa se deben declarar en la categoría de industria química, mientras que las emisiones provenientes de su uso se declaran en esta categoría. Cabe mencionar que la ceniza de sosa utilizada en la *producción de vidrio* se contabiliza en la subcategoría correspondiente.

La categoría *industria de los minerales* presenta sólo emisiones del gas CO₂ que representa el 34,59 % del sector IPPU para el año 2021. En cuanto a su evolución en el tiempo, esta categoría tuvo un incremento del 199,0 % con respecto al 1990 y una disminución del 13,4 % con respecto al 2019. Este comportamiento se debe principalmente a la contribución de la subcategoría *producción de cemento* con un aporte del 71,46 % al total de emisiones, seguida por la *producción de cal*, con un 27,51 %.

La tendencia de esta categoría está estrechamente influenciada por las variaciones en la producción de cemento a lo largo de la serie temporal, donde las oscilaciones en las emisiones están directamente vinculadas a esas fluctuaciones. Este comportamiento irregular de la industria de cemento se debe a variaciones en la producción de Clinker originadas, en varias ocasiones, por paradas temporales debidas al desabastecimiento de combustible (fuel oil). En el año 2015 se observa un crecimiento de la producción nacional debido a la operación de una nueva industria cementera, la cual inició sus operaciones en el segundo semestre del 2014. En 2017, se registró una disminución significativa debido a un cambio tecnológico en una de las plantas, al pasar de fuel oil a coque de petróleo. Este proceso implicó un tiempo considerable de inactividad, lo que afectó notablemente la producción de Clinker durante ese año.

Aunque en 2017 las emisiones disminuyeron debido al aumento de la importación de Clinker, esta tendencia se revirtió hasta 2019, cuando las emisiones volvieron a aumentar. Sin embargo, en 2020 y 2021 se observó una nueva disminución. En 2020, la bajante del río Paraguay afectó el transporte de materia prima, lo que generó un exceso de stock de Clinker y paradas del horno durante más de dos meses, aprovechadas para mantenimiento preventivo. En 2021, la producción repuntó, pero hubo una parada programada de 60 días para mantenimiento general y cambio de ventilador del horno de Clinker.

En la Tabla 4-6 y Figura 4-3 se presenta un resumen del total de GEI por subcategoría, y en el Anexo VI se presentan los resultados para toda la serie temporal.

Tabla 4-6.

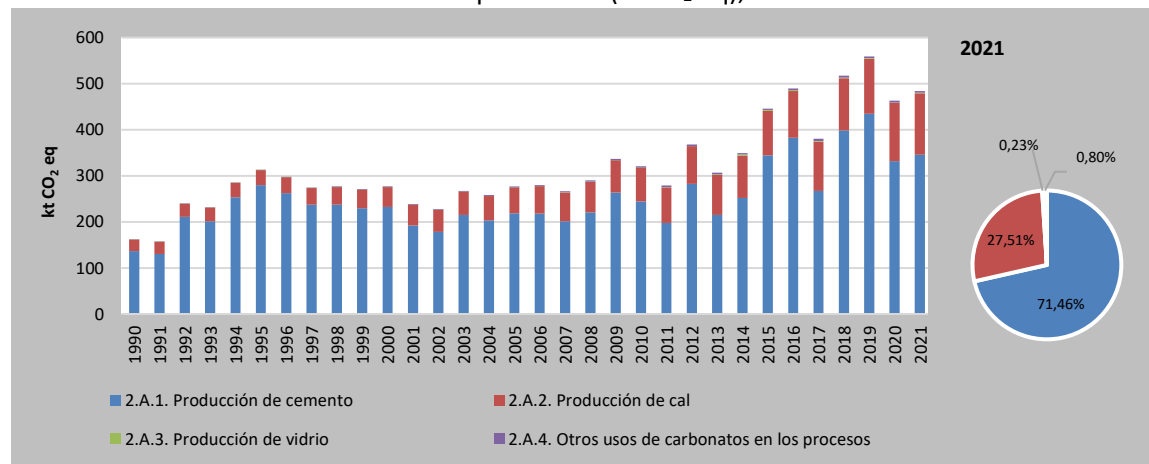
Industria de los minerales: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
2.A.1. Producción de cemento	136,6	279,5	232,6	218,4	244,0	344,3	434,8	331,9	346,0
2.A.2. Producción de cal	25,0	32,8	42,9	56,2	73,6	96,4	119,6	126,2	133,2
2.A.3. Producción de vidrio	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	2,1	1,0	0,9	1,1
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	0,3	0,6	1,0	2,0	3,0	3,1	3,9	3,9	3,9
Total	161,9	312,9	276,6	276,8	320,8	445,9	559,3	463,0	484,2

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 4-3.

Industria de los minerales: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de CO₂ de la categoría, se aplicaron métodos de Nivel 1 fueron estimadas las subcategorías *Producción de cal* y *Otros usos de la ceniza de sosa*, usando DA país específico y FE por defecto de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006*; para la *Producción de cemento* y *Producción de Cerámica* se aplicaron métodos de Nivel 2 utilizando parámetros específicos; y, para la *Producción de vidrio* se aplicó el método de Nivel 3. Según las orientaciones del árbol de decisiones de las *Directrices del IPCC de 2006* y dado que, de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), no se trata de una categoría principal, se podrían aplicar métodos de Nivel 1. Sin embargo, debido a la disponibilidad de información suficiente sobre ciertas subcategorías y fuentes, se ha decidido estimar algunas de ellas utilizando métodos de niveles superiores.

En la Tabla 4-7 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría, fuente y por tipo de GEI.

Tabla 4-7.

Industria de los minerales: resumen de métodos aplicados por subcategoría y fuente

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.A. Industria de los minerales	T1, T2, T3, NO	PS, D, NO										
2.A.1. Producción de cemento	T2	PS										
2.A.2. Producción de cal	T1	D										
2.A.3. Producción de vidrio	T3	D										
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	T1, T2, NO	D										
2.A.4.a. Cerámicas	T2	D										
2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa	T1	D										
2.A.4.c. Producción de magnesio no metalúrgico	NO	NO										
2.A.4.d. Otros	NO	NO										
2.A.5. Otros	NO	NO										

Referencias: T1 = nivel 1; T2 = nivel 2; T3 = nivel 3; PS = planta específica; D = por defecto; NA = no aplicable; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

A continuación, se describen las ecuaciones metodológicas utilizadas para cada subcategoría:

Producción de cemento

Se aplica metodología de Nivel 2 de las Directrices del IPCC de 2006, para ello se utilizan datos oficiales sobre la producción de Clinker y datos sobre el contenido de CaO del Clinker a nivel de plantas industriales, expresados como un parámetro que hace al FE. La Ecuación 4-1 fue utilizada para el cálculo de emisiones de esta subcategoría.

Ecuación 4-1.

Producción de cemento: emisiones basadas en los datos sobre producción de Clinker (Nivel 2)

$$Emisiones\ de\ CO_2 = M_{cl} \cdot EF_{cl} \cdot CF_{ckd}$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cemento, toneladas.

M_{cl} = peso (masa) de Clinker producido, toneladas.

EF_{cl} = factor de emisión para el Clinker, toneladas de CO₂/toneladas de Clinker. Este factor de emisión del Clinker (EF_{cl}) no está corregido para el CKD.

CF_{ckd} = factor corrector de las emisiones para el CKD, sin dimensión.

Fuente: Ecuación 2.2; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Producción de cal

Se aplica metodología de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, basada en la aplicación de FE por defecto a los datos nacionales de producción de cal recabados de grandes industrias privadas y

así también de las artesanales. No es necesario dar cuenta del LKD para una buena práctica de Nivel 1. El cálculo de emisiones se basa en la Ecuación 4-2.

Ecuación 4-2.

Producción de cal: emisiones basadas en los datos de producción nacional de cal, por tipos

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (EF_{cal,i} \cdot M_{l,i})$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cal, toneladas

EF_{cal,i} = factor de emisión para la cal de tipo i, toneladas de CO₂/ toneladas de cal

M_{l,i} = producción de cal de tipo i, toneladas

Fuente: Ecuación 2.6; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Producción de vidrio

Se aplica método de Nivel 3 de las *Directrices del IPCC de 2006* para el cálculo de emisiones de CO₂ mediante la Ecuación 4-3, basado en DA específicos de las instalaciones sobre la contabilización de la entrada de carbonato al horno de fundición de vidrio (composición química y calcinación alcanzada) y los factores de emisión pertinentes para el método de Nivel 3.

Ecuación 4-3.

Producción de vidrio: Emisiones basadas en las entradas de carbonatos (Nivel 3)

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (M_i \cdot EF_i \cdot F_i)$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de vidrio, toneladas

EF_i = factor de emisión para el carbonato en particular i, toneladas de CO₂/ toneladas de carbonato

M_i = peso o masa del carbonato i consumido (extraído de la mina), toneladas

F_i = fracción de calcinación alcanzada para el carbonato i, fracción

Fuente: Ecuación 2.12; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Cuando se desconozca la fracción de calcinación alcanzada para un carbonato en particular, puede suponerse que la fracción de calcinación es igual a 1.

Otros usos de carbonatos en los procesos

En la producción de materiales cerámicos se tienen emisiones de CO₂. Para la estimación de las mismas se aplicó el método de Nivel 2 basado en la Ecuación 4-4 según las *Directrices del IPCC de 2006*, la cual se estima a partir de una consideración de consumo y de la estequiometría del proceso químico y requiere datos nacionales de carbonatos primarios consumidos en el país.

Ecuación 4-4.

Otros usos de carbonatos en los procesos: Método para otros usos de los carbonatos en los procesos (Nivel 2)

$$Emisiones\ de\ CO_2 = (M_{ls} \bullet EF_{ls}) + (M_d \bullet EF_d)$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de otros usos de carbonatos en los procesos, toneladas

M_{ls} o M_d = masa de piedra caliza o dolomita respectivamente (consumo), toneladas (Respecto de la pureza)

EF_{ls} o EF_d = factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza o de la dolomita respectivamente, toneladas de CO₂/ toneladas de carbonato

Fuente: Ecuación 2.15; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Para la estimación de emisiones de *Otros usos de ceniza de sosa* se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* el cual utiliza la ecuación de emisiones basadas en la masa de los carbonatos consumidos, en este caso contenida en la ceniza de sosa. Las emisiones se estiman mediante la multiplicación de la cantidad de ceniza de sosa consumida al nivel nacional por el factor de emisión por defecto del carbonato de sodio según Ecuación 4-5.

Ecuación 4-5.

Otros usos de ceniza de sosa: Emisiones basadas en la masa de los carbonatos consumidos (Nivel 1)

$$Emisiones\ de\ CO_2 = M_c \bullet (0,85\ EF_{ls} + 0,15\ EF_d)$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ provenientes de otros usos de carbonatos en los procesos, toneladas

M_c = masa del carbonato producido, toneladas

EF_{ls} o EF_d = factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza o de la dolomita, toneladas de CO₂/ toneladas de carbonato

Fuente: Ecuación 2.14; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

La ceniza de sosa es esencialmente carbonato de sodio, no piedra caliza ni dolomita. Por ello, el método de Nivel 1 para la ceniza de sosa no requiere la fracción por defecto de 85/15 por ciento.

4.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados en esta categoría provienen de informaciones proporcionadas por empresas del rubro, en algunos casos proporcionados directamente y en otros obtenidas por encuestas. También se utilizaron como fuente de datos los registros de importaciones de la anterior Dirección Nacional de Aduanas (DNA) llamado actualmente Dirección Nacional de Ingresos Tributarios (DNIT) y para algunos casos fueron realizados tratamientos estadísticos a los datos disponibles para completar los vacíos existentes en la serie temporal, descritos en la Tabla 4-5.

Para el caso de *producción de cemento*, los datos requeridos fueron proporcionados oficialmente por las industrias cementeras que operan en el país. Una de ellas es la Industria Nacional de Cemento (INC), una empresa estatal fundada bajo la Ley 126/69, la cual utiliza una tecnología de fabricación de “sistema húmedo”. En el periodo 1990-2013 fue la única industria productora de cemento del país, hasta que en 2014 comenzó a operar una nueva empresa de capital privado. Se

identificó la instalación de una tercera industria cementera en el año 2019, aunque no se ha tenido acceso a sus datos.

En cuanto a la *producción de cal*, el tipo considerado para esta categoría es la de cal viva, debido a que el tipo de cal dolomita es contemplado en el sector de Agricultura y Ganadería. El dato base original de cal viva nacional fue considerado a partir de una investigación de 1990 y 1991 realizada por Fernando Wiens, y fue extrapolado hasta el 2021 mediante tratamiento estadístico. Además, se obtuvieron datos de dos principales industrias privadas del país: una con información correspondiente al periodo 2008-2017, que cubre la producción en la zona de Vallemí, y la otra, con datos de 2021. También se recopilaron datos de la producción artesanal de cal en Vallemí a través de un relevamiento realizado en el año 2021. Estos últimos, combinados con los datos obtenidos de las industrias privadas, arrojaron un valor cercano al 60% de la proyección inicial de Wiens. Se estima que el 40% restante completaría la producción nacional de cal viva. Por la inexistencia de otros datos, se considera apropiado considerar esta información para elaborar el INGEI, no representando las mismas partes de las estadísticas oficiales. Cabe mencionar que como en esta categoría no se contempla toda la cal producida a nivel nacional, no se considera una doble contabilidad de datos de emisiones con otras categorías.

En el rubro de *producción de vidrio* se identifica una sola industria en el país que opera desde el 2006. Anteriormente, esta empresa funcionaba en otra planta industrial de la cual se dispone de poca información. Su principal producto consiste en vidrio para envases tipo ámbar/verde y flint (botellas) utilizados en la industria de alimentos y bebidas, y cuya fabricación emplea carbonato de caliza y sodio como materias primas, permitiendo estimaciones en un Nivel 3.

En cuanto a *producción cerámica*, se utilizaron los datos de relevamiento de producción realizado por Carl Arco, especialista en este rubro. Este relevamiento se basó en una encuesta a nivel nacional sobre la producción de materiales cerámicos, tanto en el ámbito industrial como artesanal. Los datos obtenidos fueron extrapolados utilizando el comportamiento del producto interno bruto (PIB) industrial, lo que permitió construir una serie temporal para el periodo 1990-2021. Además, se incluyeron datos de análisis de laboratorio para determinar el porcentaje de carbonatos en la arcilla, basándose en muestras representativas de las principales zonas productivas del país. En la serie temporal se observó un aumento sostenido en la producción cerámica, a excepción del 2019, año en el que se registró una leve disminución debido a una crisis derivada de la desaceleración económica del país. Esto provocó una marcada caída en los precios de los productos cerámicos, lo que llevó al cierre de algunas empresas del sector.

Para obtener datos sobre el consumo de ceniza de sosa, se consultaron los registros de importaciones del DNIT disponibles a partir de 1997, año en que comenzó la digitalización de los datos de importación y exportación en el país. Para completar la serie temporal desde 1990, se aplicó el método de media geométrica, descrito en la Tabla 4-5. Las emisiones relacionadas con la producción de ceniza de sosa deben reportarse en la categoría de *industria química*, aunque esto no aplica a Paraguay, ya que el país no produce este material. Sin embargo, las emisiones asociadas a su uso sí se declaran en esta categoría. Dado que Paraguay no produce ceniza de sosa, su consumo depende exclusivamente de las importaciones. Además, es importante destacar que la ceniza de sosa utilizada en la producción de vidrio se contabiliza en la subcategoría correspondiente.

En la Tabla 4-8 y Figuras del 4-4 al 4-8 se presenta un resumen de los parámetros de DA por subcategoría y fuente para toda la serie temporal.

Tabla 4-8.
Industria de los minerales: datos de actividad por fuente de GEI (unidad del dato de actividad)

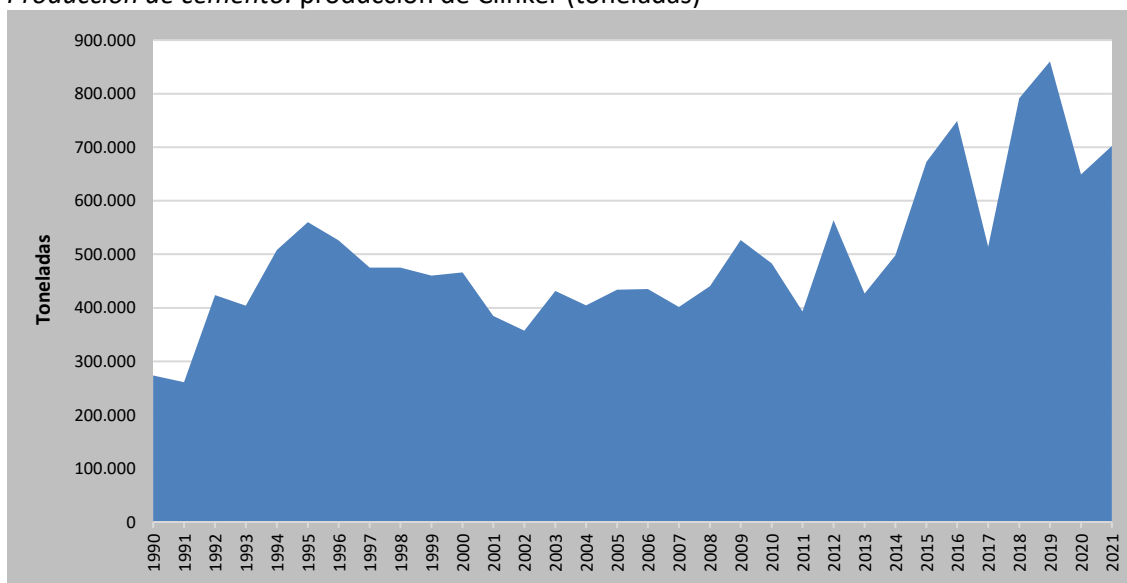
Año	2.A.1. Producción de cemento	2.A.2. Producción de cal	2.A.3. Producción de vidrio		2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos			
					2.A.4.a. Cerámica			2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa
					Producción de productos cerámicos	Arcilla contenida en productos cerámicos	Carbonato contenido en arcilla	Importación de ceniza de sosa
	toneladas	toneladas	toneladas	toneladas	toneladas	fracción	fracción	toneladas
1990	273.786,00	33.355,00	55,15	36,99	405.583,00	1,10	0,00155	12,63
1991	261.201,00	35.204,00	60,15	40,34	420.391,00	1,10	0,00155	16,45
1992	423.535,00	37.155,50	65,59	44,00	555.152,77	1,10	0,00155	21,41
1993	403.824,00	39.215,17	71,54	47,98	645.836,06	1,10	0,00155	27,87
1994	507.955,00	41.389,03	78,02	52,33	736.519,36	1,10	0,00155	36,27
1995	560.302,00	43.683,38	85,08	57,07	827.202,65	1,10	0,00155	47,21
1996	525.650,00	46.104,93	92,79	62,24	917.885,95	1,10	0,00155	61,46
1997	475.308,00	48.660,71	101,19	67,87	1.008.569,24	1,10	0,00155	80,00
1998	475.308,00	51.358,16	110,36	74,02	1.099.252,54	1,10	0,00155	198,00
1999	459.952,00	54.205,15	120,36	80,73	1.189.935,84	1,10	0,00155	89,55
2000	466.321,00	57.209,96	131,26	88,04	1.280.619,13	1,10	0,00155	116,56
2001	384.566,00	60.381,33	143,15	96,01	1.371.302,43	1,10	0,00155	425,16
2002	357.432,00	63.728,51	155,09	104,02	1.461.985,72	1,10	0,00155	774,06
2003	431.741,00	67.261,23	167,03	112,04	1.552.669,02	1,10	0,00155	760,99
2004	404.543,00	70.989,79	178,97	120,05	1.643.352,31	1,10	0,00155	1.141,16
2005	434.085,00	74.925,04	195,19	130,92	1.734.035,61	1,10	0,00155	1.807,08
2006	435.163,00	79.078,43	214,15	128,02	1.824.718,90	1,10	0,00155	1.542,18
2007	401.802,00	83.462,06	165,10	137,82	1.915.402,20	1,10	0,00155	2.172,43
2008	440.665,00	88.088,69	242,38	149,69	2.006.085,50	1,10	0,00155	2.928,20
2009	526.589,00	92.971,80	218,06	154,49	2.096.768,79	1,10	0,00155	3.109,37
2010	483.015,00	98.125,59	203,54	150,43	2.187.452,09	1,10	0,00155	3.367,61
2011	393.481,00	103.565,08	215,14	131,24	2.278.135,38	1,10	0,00155	5.589,01
2012	563.337,00	109.306,11	291,06	186,66	2.368.818,68	1,10	0,00155	3.483,22
2013	426.918,00	115.365,38	1.657,09	1.016,17	2.459.501,97	1,10	0,00155	4.207,68
2014	497.913,00	121.760,54	3.812,79	2.561,32	2.550.185,27	1,10	0,00155	2.759,70
2015	672.492,00	128.510,21	2.984,78	1.887,60	2.640.868,56	1,10	0,00155	2.768,32
2016	748.846,00	135.634,04	2.353,23	1.091,72	2.731.551,86	1,10	0,00155	5.027,65
2017	514.016,00	143.152,77	2.205,08	945,37	2.943.845,00	1,10	0,00155	5.421,10
2018	791.602,00	151.088,30	2.151,14	961,96	2.981.788,00	1,10	0,00155	4.621,37
2019	860.058,00	159.463,72	1.733,30	654,64	2.825.404,00	1,10	0,00155	4.276,03
2020	649.355,00	168.303,43	1.534,24	652,91	3.094.285,04	1,10	0,00155	3.695,80
2021	702.337,00	177.633,16	1.678,46	853,75	3.184.968,34	1,10	0,00155	3.618,25

Referencias: Sombreado en gris = métodos estadísticos aplicados.

Fuente: Industrias cementeras, Industrias caleras, Industrias de vidrio, Wiens, Arco, DNA, datos obtenidos de las Directrices del IPCC de 2006 y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-4.

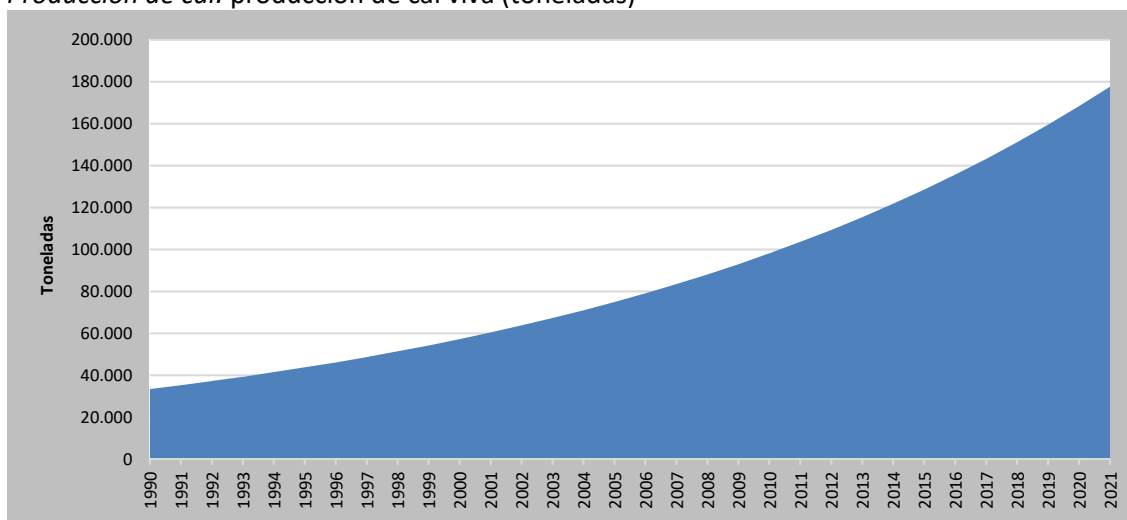
Producción de cemento: producción de Clinker (toneladas)



Fuente: INC e Industria cementera privada.

Figura 4-5.

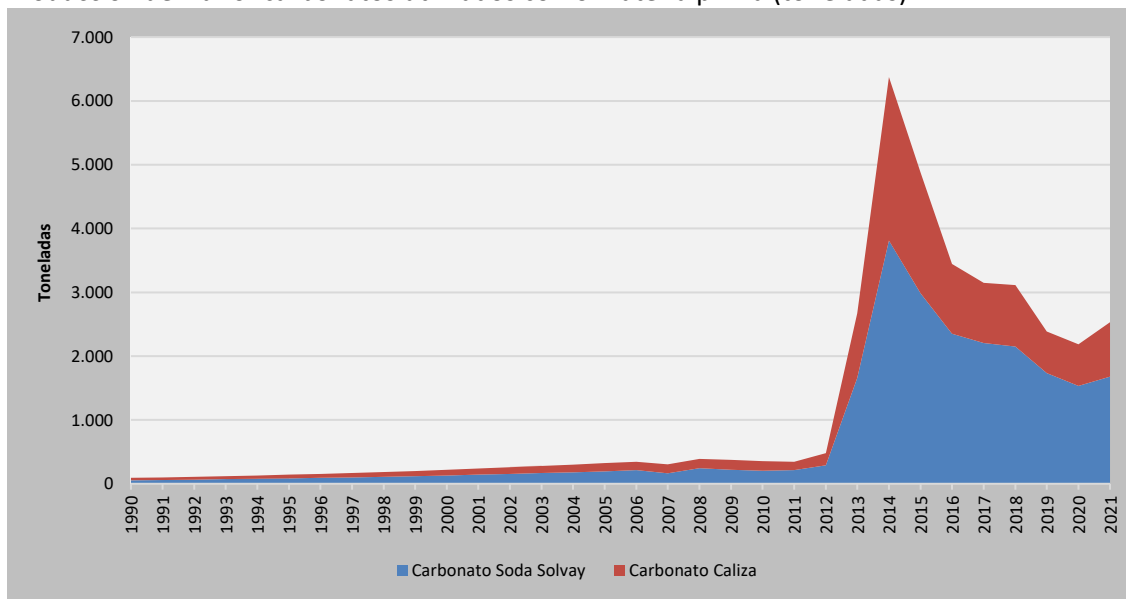
Producción de cal: producción de cal viva (toneladas)



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en la información proporcionada por Industrias caleras, Industria cementera, Wiens (1992) y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-6.

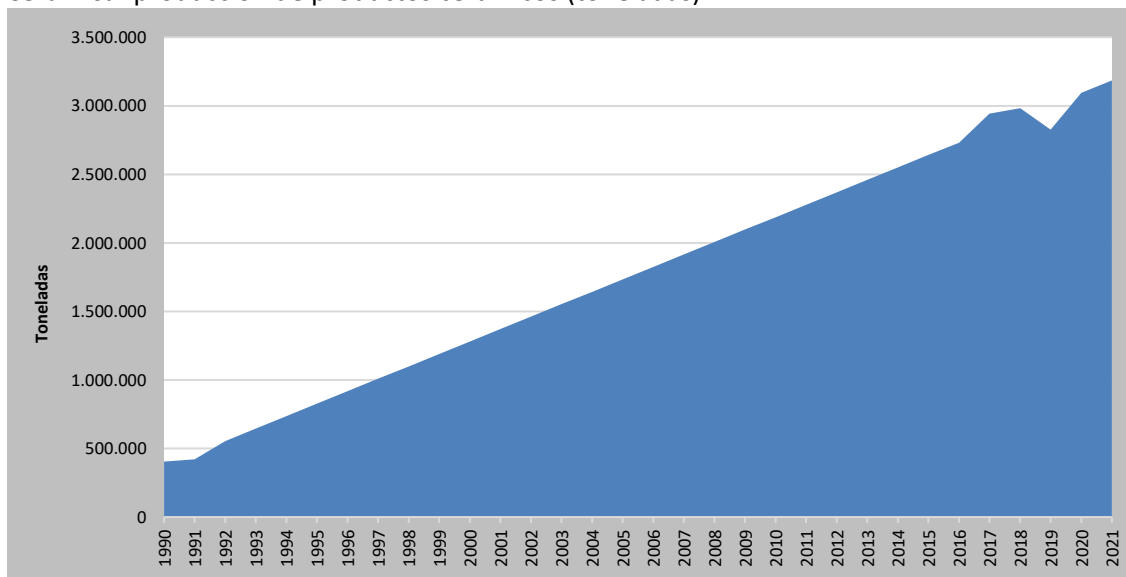
Producción de vidrio: carbonatos utilizados como materia prima (toneladas)



Fuente: Industria de vidrio y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-7.

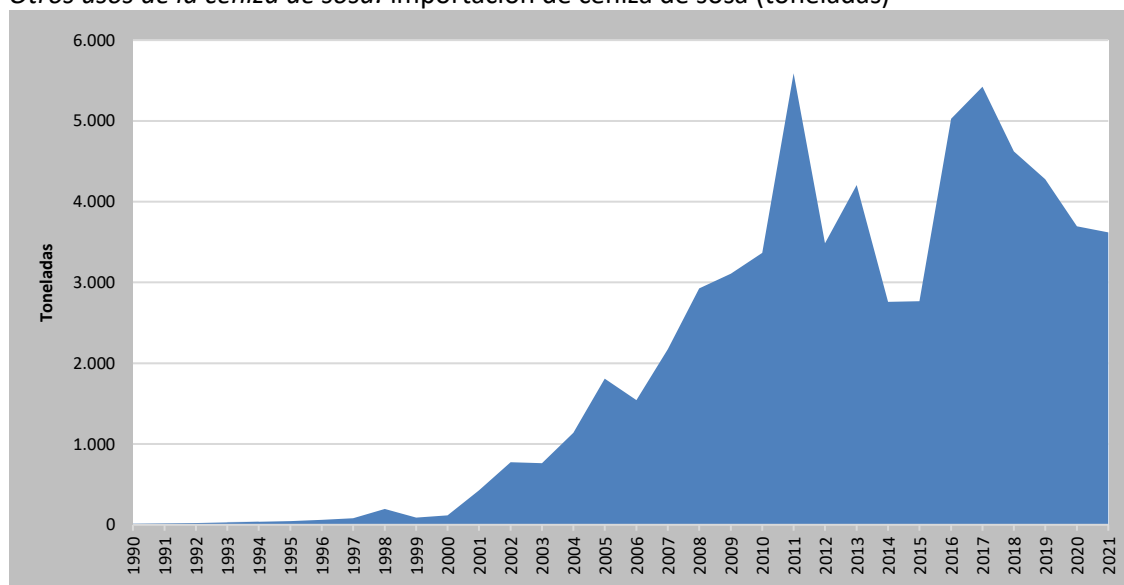
Cerámica: producción de productos cerámicos (toneladas)



Fuente: Arco (2022) y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-8.

Otros usos de la ceniza de sosa: importación de ceniza de sosa (toneladas)



Fuente: DNIT y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

4.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de GEI de la categoría fueron valores por defecto tomados de las Directrices del IPCC de 2006, a excepción de datos específicos obtenidos de plantas industriales cementeras.

Para la subcategoría de *producción de cemento*, los FE empleados se calcularon siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 para aplicar el método de Nivel 2. Para calcular un FE para el Clinker se utilizaron los datos del contenido promedio anual de CaO en el Clinker para cada planta industrial, utilizando las fracciones de CaO en el carbonato de calcio considerando que el mismo proviene en un 100,00 % del CaCO₃ y que se alcanza un 100,00 % de calcinación en el horno. Para el caso de una de las plantas que no dispone de los datos de contenido de CaO para toda la serie temporal, se aplicó el método estadístico proporcional media geométrica, en donde se mantuvo constante el valor 0,62 t CaO / t Clinker hasta el cuarto decimal de la cifra total para completar los vacíos de información hasta el año 2017, desde el año 2018 dicha planta comenzó a utilizar filtro de mangas como tratamiento, por lo que se utiliza un factor de corrección por defecto para el CKD denominado “polvo de horno de cemento” tomado de las Directrices del IPCC de 2006. En el caso de los datos de contenido de CaO de la segunda planta, la misma utilizó filtro de mangas como tratamiento desde su instalación en el país, por lo que es aplicado directamente el mismo factor de corrección por defecto para el CKD obtenido de las Directrices del IPCC de 2006.

Para la subcategoría de *producción de cal*, el FE empleado en un Nivel 1, para el cálculo de las emisiones de GEI fue tomado por defecto del Volumen 3, Capítulo 2, Cuadro 2.4 de las Directrices del IPCC de 2006. De acuerdo con la información obtenida del rubro, en Paraguay se produce cal viva, por lo tanto, se utiliza el valor por defecto de la cal con fuerte proporción de calcio para la estimación de emisiones de CO₂.

En el caso de *producción de vidrio*, el FE empleado en un Nivel 3, para el cálculo de las emisiones de GEI de la categoría fue tomado por defecto del Volumen 3, Capítulo 2, Cuadro 2.1 de las Directrices del IPCC de 2006 para el tipo de carbonato caliza y sodio utilizado en el proceso de fabricación de vidrio.

Para la *producción cerámica*, el FE empleado para el cálculo de las emisiones de GEI fue tomado por defecto del Volumen 3, Capítulo 2, Cuadro 2.1 de las Directrices del IPCC de 2006 para el GEI estimado, considerando que el tipo de carbonato predominante en el país es el de calcio.

Para el *uso de ceniza de soda*, el FE empleado para el cálculo de las emisiones de GEI fue tomado por defecto del Volumen 3, Capítulo 2, Cuadro 2.1 de las Directrices del IPCC de 2006 para el carbonato de sodio.

En las Tablas 4-9 y 4-10 se presentan los FE utilizados por subcategoría, fuente y GEI.

Tabla 4-9.

Industria de los minerales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Subcategoría/Fuente		GEI	Valor	Unidad
2.A.1. Producción de cemento		CO ₂	Ver siguiente tabla	
2.A.2. Producción de cal		CO ₂	0,75	ton CO ₂ /ton cal con fuerte proporción de calcio
2.A.3. Producción de vidrio		CO ₂	0,41492	ton CO ₂ /ton carbonato de sodio o ceniza de soda (Na ₂ CO ₃)
			0,43971	ton CO ₂ /ton carbonato calcita o aragonita (CaCO ₃)
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	2.A.4.a. Cerámica	CO ₂	0,43971	ton CO ₂ /ton carbonato calcita o aragonita (CaCO ₃)
	2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de soda		0,41492	ton CO ₂ /ton carbonato de sodio o ceniza de soda (Na ₂ CO ₃)

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 4-10.

Producción de cemento: parámetros de factores de emisión aplicados

Año	FE - CO ₂									
	Contenido de CaO en Clinker		Proporción CaO en CaCO ₃	Requerimiento CaCO ₃ por tonelada de Clinker		Factor de emisión de CO ₂ de carbonato de calcio (FE _{cl})	Factor de emisión para el clinker local		Corrección CKD	
	Cementera 1	Cementera 2		Cementera 1	Cementera 2		Cementera 1	Cementera 2	Cementera 1	Cementera 2
	ton CaO/ton Clinker	ton CaO/ton Clinker	ton CaO/ton CaCO ₃	ton CaCO ₃ /ton Clinker	ton CaCO ₃ /ton Clinker	ton CO ₂ /ton CaCO ₃	ton CO ₂ /ton Clinker	ton CO ₂ /ton Clinker	Adimensional	
1990	0,62	0,00	0,56	1,11	0,00	0,44	0,49	0,00	1,02	0,00
1995	0,62	0,00	0,56	1,11	0,00	0,44	0,49	0,00	1,02	0,00
2000	0,62	0,00	0,56	1,11	0,00	0,44	0,49	0,00	1,02	0,00
2005	0,63	0,00	0,56	1,12	0,00	0,44	0,49	0,00	1,02	0,00
2010	0,63	0,00	0,56	1,13	0,00	0,44	0,49	0,00	1,02	0,00
2015	0,64	0,66	0,56	1,14	1,17	0,44	0,50	0,52	1,02	1,00
2019	0,63	0,66	0,56	1,12	1,18	0,44	0,49	0,52	1,00	1,00
2020	0,63	0,67	0,56	1,13	1,19	0,44	0,50	0,52	1,00	1,00
2021	0,58	0,67	0,56	1,04	1,19	0,44	0,46	0,52	1,00	1,00

Referencias: Sombreado en gris = métodos estadísticos aplicados.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en la información proporcionada por industrias cementeras, datos obtenidos de las Directrices del IPCC de 2006 y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

4.2.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica flexibilidad en esta categoría.

4.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis.

4.2.5 AC/CC de la categoría

4.2.5.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías y las actividades propias del equipo técnico. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad específica de esta categoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de este para cada subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeos cruzados de la tendencia de la información reportada por la industria para la producción de Clinker versus la tendencia de la producción de cemento.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Valores con vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla de datos y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de mini gráficos.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.

4.2.6 Nuevos cálculos de la categoría

Se efectuaron las siguientes modificaciones con respecto al inventario anterior:

- En *producción de cal*, se ajustaron los datos correspondientes al período 1992-2021, mediante tratamiento estadístico, utilizando la extrapolación de los datos originales del estudio de Fernando Wiens, los resultados de un estudio de consultoría que incluyó un relevamiento de datos mediante visitas a Vallemí, en el departamento de Concepción, y los registros de producción de dos industrias importantes de la misma región.
- En *cerámica*, se ajustaron los datos correspondientes a los períodos 1990-2016 y 2020-2021, basándose en nuevos datos de producción nacional obtenidos de la investigación de Fernando Wiens para los años 1990 y 1991, y manteniendo las cifras provenientes de la consultoría de Arco, que abarca el período 2017-2019. Estos ajustes se realizaron aplicando un tratamiento estadístico, considerando además el PIB del sector de la construcción como un factor adicional para refinar las estimaciones a lo largo de toda la serie.

En la siguiente tabla se presenta una comparación entre las emisiones de GEI de la categoría *Industria de los minerales* del INGEI anterior (1990-2019) y el presente (1990-2021).

Tabla 4-11.

Industria de los minerales: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	162,1	313,9	280,8	285,6	334,8	464,3	579,6		
INGEI actual	161,9	312,9	276,6	276,8	320,8	445,9	559,3	463,0	484,2
Diferencia	-0,1	-1,0	-4,2	-8,8	-14,0	-18,5	-20,3		
Diferencia %	-0,1%	-0,3%	-1,5%	-3,2%	-4,4%	-4,1%	-3,6%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

4.2.1 Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejora de la categoría para los futuros inventarios:

- Establecer vínculo y solicitar información a la nueva empresa identificada de producción de cemento y cal.
- Investigar la representatividad de la producción de cal estimada en términos del total producido en el país.

- Definir estrategia de relevamiento de datos del sector cal en el tiempo, considerando la informalidad existente, estableciendo vínculos directos con las principales empresas y asociaciones productoras de cal a fin de obtener datos de producción.
- Establecer vínculos con la Cámara Paraguaya de la Industria Cerámica y con asociaciones de productores.
- Coordinar con el MIC y el INE una estrategia de relevamiento y registro de datos de actividades industriales.
- Promover líneas de investigación con universidades y centros de investigación para realizar estudios sectoriales que generen informaciones a ser utilizadas por el INGEI como datos de actividades, características de los procesos productivos y otras informaciones útiles para el inventario.
- Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de Licencias Ambientales y realización de Auditorías Ambientales.
- Alentar a las entidades proveedoras de información a implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

4.3 Industria química (CRT 2.B)

4.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *industria química* incluye las emisiones de GEI que resultan de la producción de varios productos inorgánicos y orgánicos para los cuales la experiencia de varios países ha confirmado que contribuyen significativamente a los niveles de emisión mundial o nacional de GEI. Las subcategorías asociadas son la producción de amoníaco, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, glioxil y ácido glioxílico, carburo, dióxido de titano, ceniza de sosa, petroquímica y de negro de humo, otros (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones del proceso productivo correspondiente a la *producción de carburo*, también se identifica que ocurre la *producción petroquímica y de negro de humo* que por falta de información no ha podido ser estimada. Las demás actividades productivas no están identificadas de que ocurran en el país.

En cuanto a las emisiones de GEI asociadas a la *producción de carburos*, se considera el carburo de silicio (SiC) en el país. La producción de carburo se traduce en la emisión de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO₂). Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el carburo de silicio es un abrasivo artificial importante que se produce a partir de la arena de sílice o de cuarzo y del coque de petróleo. El uso de materias primas que contienen carbono en el proceso de producción se traduce en emisiones de CO₂ y de CO. En el coque de petróleo, la presencia de azufre (S) y de componentes volátiles que contienen hidrógeno provoca la formación y emisión de CH₄ y SO₂ hacia la atmósfera.

La *producción de carburo* en el país se presenta a partir del año 2017 con la instalación de una nueva industria destinada a los mercados de exportación.

Esta categoría presenta emisiones de CO₂ y CH₄, que en 2021 representaron el 1,4 % del total del sector IPPU. En 2019 se registró una disminución en las emisiones debido al cese de actividades del establecimiento industrial, clausurado por las autoridades ambientales a causa de problemas de

contaminación. Sin embargo, en 2020 las emisiones comenzaron a aumentar nuevamente tras la reanudación de las operaciones. Este hecho se confirma con los datos de exportación obtenidos del DNIT, que muestran a través de las partidas arancelarias, la exportación activa durante 2020 y 2021. Cabe mencionar que en algunos años se podría presentar una doble contabilidad de datos por el uso de coque de petróleo, debido a que el mismo se contabiliza como combustible en la categoría de *industrias manufactureras y de la construcción* en el sector de Energía. No se cuentan con datos suficientes para desagregar las emisiones de coque de petróleo en esta categoría.

En la Tabla 4-12 y Figura 4-9 se presenta un resumen del total de GEI por subcategoría.

Tabla 4-12.

Industria química: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

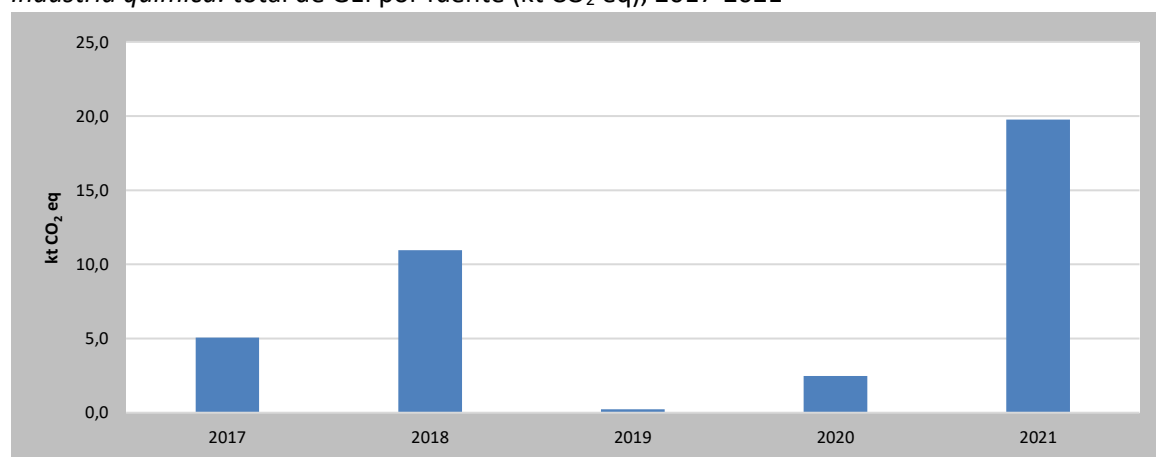
Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
2.B.5. Producción de carburo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,2	2,5	19,8
Total	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,2	2,5	19,8

Referencias: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 4-9.

Industria química: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 2017-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Teniendo en cuenta que no se trata de una categoría principal según las evaluaciones de nivel y tendencia (de acuerdo con la CCN), y siguiendo las orientaciones del árbol de decisiones de las *Directrices del IPCC de 2006*, se adopta el método de Nivel 1, donde las emisiones se estiman en base a los datos de la actividad correspondientes a la *Producción de carburo de silicio* y de factores de emisión por defecto. La ecuación utilizada es la siguiente:

Ecuación 4-6.

Emisiones de la *producción de carburo*

$$E_{CO_2} = AD \cdot EF$$

Donde:

E_{CO_2} = emisiones de CO₂, toneladas

AD = datos de la actividad sobre el consumo de la producción de carburo, toneladas de carburo producido

EF = factor de emisión de CO₂.

Fuente: Ecuación 3.11; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

En la Tabla 4-13 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría, fuente y por tipo de GEI.

Tabla 4-13.

Industria química: resumen de métodos aplicados por subcategoría y fuente

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.B. Industria química	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	T1, NE, NA, NO	D, NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.B.1. Producción de amoníaco	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						
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NO	NO			NO	NO						
2.B.5. Producción de carburo	NO, T1	NO, D	NO, T1	NO, D								
2.B.6. Producción de dióxido de titanio	NO	NO										
2.B.7. Producción de ceniza de sosa	NO	NO										
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	NO, NE	NO, NE	NO, NE	NO, NE								
2.B.8.a. Metanol	NO	NO	NO	NO								
2.B.8.b. Etileno	NO	NO	NO	NO								
2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo	NO	NO	NO	NO								
2.B.8.d. Óxido de etileno	NO	NO	NO	NO								
2.B.8.e. Acrilonitrilo	NO	NO	NO	NO								
2.B.8.f. Negro de humo	NE	NE	NE	NE								
2.B.9. Producción fluoroquímica							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.a. Emisiones de productos derivados							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.b. Emisiones fugitivas							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10. Otros (especificar)	NA	NA	NA	NA	NA	NA						

Referencias: T1 = nivel 1; D = por defecto; NE = no estimada; NA = no aplicable; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.3.2.1 Datos de actividad de la categoría

La fuente de los datos de actividad para esta categoría es el DNIT, basados en los registros de exportación de carburo de silicio. En este caso, se asume que la totalidad de la producción se destina a los mercados de exportación, ya que no se tiene información sobre el consumo de este producto a nivel nacional.

En la Tabla 4-14 y Figura 4-10 se presenta un resumen de DA utilizados para toda la serie temporal.

Tabla 4-14.

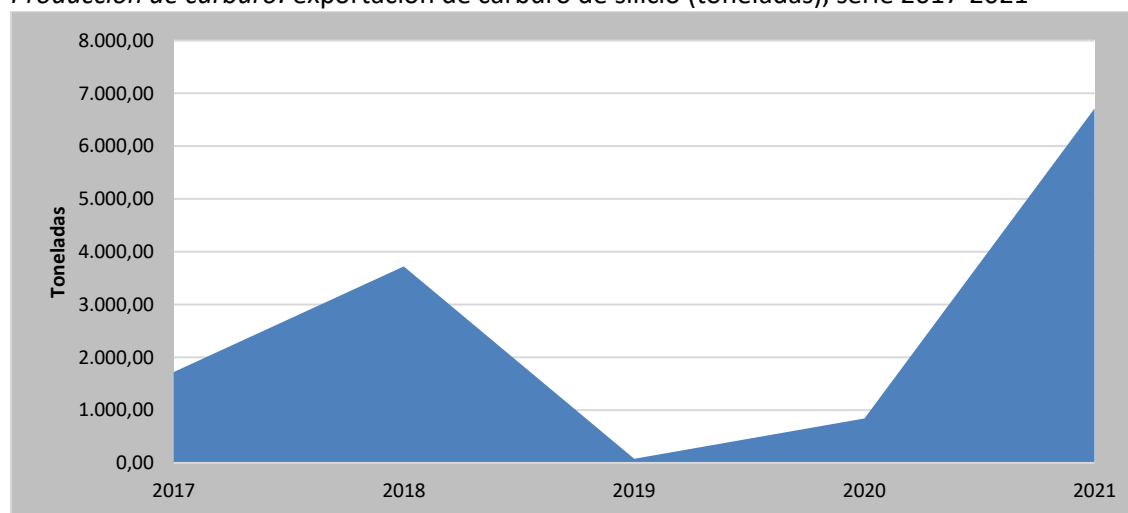
Producción de carburo: exportación de carburo de silicio (toneladas).

Año	Valor
1990	0,00
1991	0,00
1992	0,00
1993	0,00
1994	0,00
1995	0,00
1996	0,00
1997	0,00
1998	0,00
1999	0,00
2000	0,00
2001	0,00
2002	0,00
2003	0,00
2004	0,00
2005	0,00
2006	0,00
2007	0,00
2008	0,00
2009	0,00
2010	0,00
2011	0,00
2012	0,00
2013	0,00
2014	0,00
2015	0,00
2016	0,00
2017	1.722,74
2018	3.721,70
2019	76,00
2020	841,70
2021	6.713,50

Fuente: DNIT

Figura 4-10.

Producción de carburo: exportación de carburo de silicio (toneladas), serie 2017-2021



Fuente: DNIT

4.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

En la Tabla 4-15 se presentan los FE utilizados, tanto para calcular las emisiones de CO₂ como de CH₄, son valores por defecto extraídos del Volumen 3, Capítulo 3, Cuadro 3.7 de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 4-15.

Producción de carburo: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Subcategoría	GEI	Valor	Unidad
2.B.5. Producción de carburo	CO ₂	2,62	ton CO ₂ /ton carburo producido
	CH ₄	11,6	kg CH ₄ /ton carburo producido

Fuente: Directrices del IPCC de 2006

4.3.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica flexibilidad en esta categoría.

4.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis.

4.3.5 AC/CC de la categoría

4.3.5.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la categoría y las actividades propias del equipo técnico. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad específica de esta subcategoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen del mismo para la subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeo cruzado de informaciones proporcionadas por instituciones.
- Valores con vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla de datos y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.

Verificación de la documentación

- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

4.3.6 Nuevos cálculos de la categoría

No hubo modificaciones en los cálculos realizados para esta categoría como se visualiza en la siguiente tabla en donde se presenta una comparación entre las emisiones de GEI de la categoría *Industria química* del INGEI anterior (1990-2019) y el presente (1990-2021).

Tabla 4-16.

Industria química: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,2		
INGEI actual	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,2	2,5	19,8
Diferencia	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,0		
Diferencia %	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,0%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

4.3.7 Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la categoría para los futuros inventarios:

- Identificar el mercado de carburo en el país y establecer vínculos con industrias fabricantes de carburos.
- Deducir la cantidad de coque utilizada en la producción de carburo de la cantidad de coque utilizada en la categoría *industrias manufactureras y de la construcción* del sector Energía.

- Relevar datos para el reporte de las emisiones de producción de negro de humo.
- Coordinar con el MIC una estrategia de relevamiento y registro de datos de actividades industriales.
- Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de Licencias Ambientales y realización de Auditorías Ambientales.
- Alentar a las entidades proveedoras de información a implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

4.4 Industria de los metales (CRT 2.C)

4.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *industria de los metales* incluye las emisiones de GEI relacionadas que resultan de la producción de metales como hierro, acero, ferroaleaciones, aluminio, magnesio, plomo, cinc, otros (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos de hierro, acero, ferroaleaciones y plomo.

La *producción de hierro y acero* conduce a emisiones de dióxido de carbono (CO₂), pudiendo también generar metano (CH₄) si existiera producción de coque, lo cual no ocurre en Paraguay. En dicho sector, desde antes de 1990 existía una sola industria de producción de hierro y acero en el país (ACEPAR), arrendada en periodo 2014-2018 a la empresa VETORIAL S.A., con muchos problemas operativos en los últimos años. Desde el año 2018, inicia sus actividades una nueva industria (VEMARCORP S.A.), la cual produce varillas de acero a partir de chatarras metálicas como materia prima, utilizando un horno eléctrico de inducción (IHF, por sus siglas en inglés) que se abastece de la red de energía y del consumo de biodiesel como combustible. En esta categoría también se incluyen emisiones de CO₂ por la utilización de carbón vegetal como agente reductor para la producción de hierro y acero, por lo que existe una doble contabilidad de los datos con el sector de Energía y UTCUTS.

En la *producción de ferroaleaciones*, se ha constatado la producción primaria de ferrosilicio en el país desde el 2018 en una industria destinada a los mercados de exportación. Esta subcategoría genera emisiones de CO₂ y CH₄ debido al uso de carbón vegetal como agente reductor y virutas de eucalipto, que permiten la porosidad adecuada de la carga, junto con cuarzo extraído localmente como materia prima principal. El proceso utiliza hornos eléctricos de arco (EAF). Al igual que en el sector de hierro y acero, existe una doble contabilidad de los datos con los sectores de Energía y UTCUTS por el uso de carbón.

En cuanto a la subcategoría de *producción de plomo*, en el país no existe producción primaria; sin embargo, operan plantas de producción secundaria que reciclan plomo a partir de baterías de vehículos, principalmente. En estas plantas, las baterías se descomponen mecánica o manualmente para separar el ácido de los componentes. Los elementos de plomo se trasladan a los hornos para su fundición, donde se elimina la escoria y el plomo fundido se vierte en moldes para enfriarse. La producción secundaria de plomo refinado consiste en procesar el plomo reciclado para prepararlo para su reutilización, principalmente a partir de chatarra de baterías ácidas. Estas baterías se trituran

mediante un molino de martillo y se funden con o sin desulfurización, o se introducen enteras en el proceso de fundición.

La categoría *industria de los metales* presenta emisiones de CO₂ y CH₄ que representan el 8,2 % del sector IPPU para el año 2021. En cuanto a su evolución en el tiempo, esta categoría tuvo un aumento del 36,5 % con respecto al año 1990 y un del 11,7 % con respecto al año 2019, lo cual se debe a las variaciones en la *producción de hierro y acero* y a la estimación de la nueva subcategoría *producción de ferroaleaciones*. El principal impulsor de esta categoría corresponde a *producción de hierro y acero*, la cual en el año 2021 tuvo una contribución del 59,3 % del total de emisiones, seguido por *producción de ferroaleaciones* con 39,9 % y el 0,8 % restante a la *producción de plomo*.

El comportamiento de esta categoría está fuertemente influenciado por las variaciones en la *producción de hierro y acero*, mostrando grandes fluctuaciones vinculadas a cambios en la demanda del sector de la construcción local, el mercado internacional y la inestabilidad en la gestión de la empresa VETORIAL en ciertos periodos. En los últimos años, la tendencia ha mostrado un aumento, impulsado por la *producción de ferroaleaciones* destinadas al mercado de exportación y una creciente demanda internacional.

El aumento de producción de plomo en los últimos años se explica parcialmente por el creciente aumento del parque automotor que demanda nuevas baterías. Además, se puede mencionar el crecimiento de la red logística de recolección de baterías usadas a través de la compra de las baterías usadas en los principales negocios de venta e instalación de nuevas baterías.

En la Tabla 4-17 y Figura 4-11 se presenta un resumen de los totales de GEI de la subcategoría.

Tabla 4-17.

Industria de los metales: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

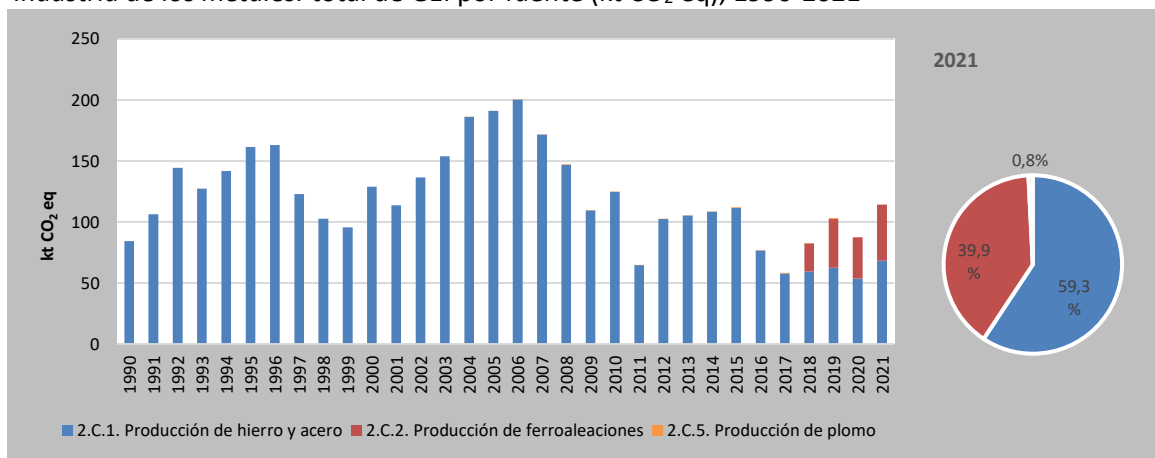
Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
2.C.1. Producción de hierro y acero	84,4	161,5	128,8	191,0	124,7	111,6	62,5	53,5	68,3
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	NO	NO	NO	NO	NO	NO	39,9	34,0	46,0
2.C.5. Producción de plomo	NE	NE	NE	NE	0,1	0,4	0,8	1,1	0,9
Total	84,4	161,5	128,8	191,0	124,8	112,0	103,2	88,6	115,2

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

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 4-11.

Industria de los metales: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de estas subcategorías, se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, dado que, según las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), no se trata de una categoría principal.

Producción de hierro y acero

El método de Nivel 1 para las emisiones de CO₂ de la *Producción de hierro y acero* consiste en multiplicar los factores de emisión por defecto por los datos sobre la producción nacional, como se muestra en las Ecuaciones 4-7 y 4-8. Debido a las amplias variaciones en las emisiones por unidad de producción de acero, que dependen del método de producción, es una buena práctica determinar la fracción de acero que se produce en los diferentes procesos de fabricación, calcular las emisiones para cada proceso y sumar luego las estimaciones. En la Ecuación 4-7 se considera la producción de acero a partir de hornos básicos de oxígeno (BOF), hornos de arco eléctrico (EAF) y hornos de solera (OHF, del inglés, en Open Hearth Furnaces). Para subsanar el problema de doble contabilidad de datos de emisiones de la biomasa con el sector de Energía y UTCUTS, el método utilizado debería elevarse a Nivel 2, lo cual no es posible por la falta de datos nacionales para su posterior resta.

Ecuación 4-7.

Producción de hierro y acero: emisiones de CO₂ provenientes de la producción de hierro y acero (Nivel 1)

$$\text{Hierro y acero: } E_{CO_2, \text{no-energía}} = BOF \cdot EF_{BOF} + EAF \cdot EF_{EAF} + OHF \cdot EF_{OHF}$$

Fuente: Ecuación 4.4; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento 2019.

Ecuación 4-8.

Producción de hierro y acero: emisiones de CO₂ provenientes de la producción de arrabio no procesado en acero

$$\text{Producción de arrabio: } E_{CO_2, \text{no-energía}} = IP \cdot EF_{IP}$$

Donde:

E_{CO₂, no-energía} = emisiones de CO₂ a ser declaradas en el Sector IPPU, toneladas

BOF = cantidad de acero crudo producido en BOF, toneladas

EAF = cantidad de acero crudo producido en EAF, toneladas

OHF = cantidad de acero crudo producido en OHF, toneladas

IP = cantidad de producción de arrabio no convertido en acero, toneladas

EF_x = factor de emisión, toneladas de CO₂/tonelada de x producido

Fuente: Ecuación 4.5; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento 2019.

Producción de ferroaleaciones

Para calcular las emisiones de CO₂ y CH₄ generadas por la *Producción de ferroaleaciones*, se utiliza el método de Nivel 1, en donde el dióxido de carbono se calcula a partir de los factores de emisión por defecto por el tipo de ferroaleación, como se muestra en la Ecuación 4-9, y para el metano, se multiplican los factores de emisión por defecto por el tipo de aleación de Si, observada en la Ecuación 4-10.

Ecuación 4-9.

Producción de ferroaleaciones: emisiones de CO₂ provenientes de la producción de ferroaleaciones (Nivel 1)

EMISIONES DE CO₂ PARA LA PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES POR EL MÉTODO DE NIVEL 1

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

Donde:

E_{CO₂} = emisiones de CO₂, toneladas

MP_i = producción de la ferroaleación de tipo *i*, toneladas

EF_i = factor de emisión de CO₂ genérico para la ferroaleación *i*, toneladas de CO₂/tonelada de ferroaleación producida

Fuente: Ecuación 4.15; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Ecuación 4-10.

Producción de ferroaleaciones: emisiones de CH₄ provenientes de la producción de ferroaleaciones (Nivel 1)

EMISIONES DE CH₄ PARA LA PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES POR EL MÉTODO DE NIVEL 1

$$E_{CH_4} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

Donde:

E_{CH₄} = emisiones de CH₄, kg.

MP_i = producción de la aleación de Si *i*, toneladas

EF_i = factor de emisión genérico para la aleación de Si *i*, kg. de CH₄/tonelada de aleación de Si producida específica

Fuente: Ecuación 4.18; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Producción de plomo

Para la subcategoría de *Producción de plomo*, el método aplicado es de Nivel 1, el cual consiste en multiplicar los factores de emisión por defecto por la producción anual de plomo. La ecuación presentada más abajo permite calcular las emisiones totales de dióxido de carbono generadas por la producción de plomo mediante la suma de las emisiones por fuente y dando cuenta de las emisiones provenientes del tratamiento previo de las sustancias de alimentación al proceso.

Ecuación 4-11.

Producción de plomo: emisiones de CO₂ provenientes de la producción de plomo

$$E_{CO_2} = DS \cdot EF_{DS} + ISF \cdot EF_{ISF} + S \cdot EF_S$$

Donde:

E_{CO₂} = emisiones de CO₂ generadas por la producción de plomo, toneladas

DS = cantidad de plomo producido por fundición directa, toneladas

EF_{DS} = factor de emisión para la fundición directa, ton. de CO₂/ton. de producto de plomo

ISF = cantidad de plomo producido en hornos Imperial Smelting Furnaces, toneladas

EF_{ISF} = factor de emisión para los hornos Imperial Smelting Furnaces, toneladas de CO₂/tonelada de producto de plomo

S = cantidad de plomo producido a partir de materiales secundarios, toneladas

EF_S = factor de emisión para los materiales secundarios, ton. de CO₂/ton. de producto de plomo

Fuente: Ecuación 4.32; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

En la Tabla 4-18 se presenta un resumen de los métodos aplicados por subcategoría, fuente y por tipo de GEI.

Tabla 4-18.

Industria de los metales: resumen de métodos aplicados por subcategoría

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.C. Industria de los metales	T1, NE, NO	D, NE, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.C.1. Producción de hierro y acero	T1	D	NA	NA								
2.C.2. Producción de ferroatomaciones	NO, T1	NO, D	NO, T1	NO, D								
2.C.3. Producción de aluminio	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	NE, T1	NE, D										
2.C.6. Producción de cinc	NO	NO										
2.C.7. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Referencias: T1 = nivel 1; D = por defecto; NE = no estimada; NA = no aplicable; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.4.2.1 Datos de actividad de la categoría

La empresa ACEPAR S.A. (Aceros del Paraguay Sociedad Anónima), ubicada en la ciudad de Villa Hayes, inició sus operaciones en 1987, produciendo acero a partir de mineral de hierro, fundentes como caliza y cuarcita, mineral de manganeso y carbón vegetal. Originalmente una empresa pública, fue parcialmente privatizada en 1997 mediante un contrato entre el Estado y el Consorcio Siderúrgico Paraguayo (Cosipar), integrado por la compañía Cerro Lorito S.A. y la Cooperativa de Trabajadores de Acepar (Cootrapar). Los constantes conflictos derivados del proceso de privatización condujeron a una intervención judicial en 2013, que paralizó la empresa. Posteriormente, fue arrendada al grupo brasileño VETORIAL S.A., que operó la planta industrial entre 2014 y 2017, hasta que, a principios de 2018, la rescisión del contrato de arrendamiento provocó una nueva paralización y una segunda intervención estatal. Actualmente ACEPAR enfrenta problemas financieros y legales con ex trabajadores y entidades estatales. Debido a esta situación, no ha sido posible recabar datos directos de la industria.

Se recibieron datos de una nueva industria (VERMACORP S.A.) que comenzó sus operaciones en 2018. Sin embargo, esta industria utiliza tecnología de horno de calentamiento por inducción (IHF, del inglés, Induction Heating Furnace) que no está contemplada en las *Directrices del IPCC de 2006*. Como resultado, no fue posible determinar un valor de FE, lo que impidió utilizar estos datos para el cálculo de emisiones.

Se recurrieron a fuentes internacionales para identificar los datos de actividad de producción de acero reportados por el World Steel Association (WSA) para toda la serie. También se recopilaron datos del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) con datos de 1990 a 2014, y para los años 2020 y 2021, y por último datos del DNIT (importación de mineral de hierro y exportación de arrabio).

Finalmente, los DA utilizados para el cálculo de emisiones de acero fueron los del WSA por estar más completos para toda la serie, considerando además que la misma es una organización reconocida mundialmente, sin fines de lucro con sede en Bruselas, Bélgica, que representa a más

de 160 productores de acero (incluidas 9 de las 10 compañías de acero más grandes del mundo), asociaciones nacionales y regionales de la industria del acero e institutos de investigación del acero, cubriendo alrededor del 85,00 % de la producción mundial de acero. Dicha organización recopila, procesa y publica estadísticas de producción mensual para acero bruto, hierro de reducción directa (DRI) y hierro de alto horno (BFI). WSA tiene varias fuentes de información, incluidas las empresas miembros, las oficinas nacionales de estadísticas y las asociaciones regionales de la industria del acero.

Para los años 2020 y 2021, se utilizaron los datos de la USGS para la producción de hierro, ya que la fuente previamente utilizada (WSA) era accesible gratuitamente hasta el inventario anterior. Sin embargo, desde el año 2020, su acceso es de pago. Se verificó que los datos de producción de hierro de años anteriores coinciden entre la USGS y la WSA, por lo que se considera adecuado utilizar los datos de la USGS para los últimos dos años del inventario, garantizando consistencia en la información.

Los datos de producción de arrabio corresponden al total de arrabio, incluyendo lo que se convierte y lo que no se convierte en acero. Por lo tanto, de la diferencia entre la producción de arrabio y acero, se obtiene la producción de arrabio no convertido en acero.

Para la subcategoría de *producción de ferroaleaciones*, se identificó una nueva industria dedicada a la producción de ferrosilicio que se instaló en 2018. Dado que toda la producción está destinada a la exportación y no se disponen de datos oficiales proporcionados por la empresa, se optó por utilizar los registros oficiales de exportación de ferrosilicio al 75 % del DNIT, correspondientes al periodo 2018-2021.

En cuanto a los datos de *producción de plomo*, dado que no se dispone de información oficial ni de datos proporcionados por las empresas del sector, se decidió utilizar los registros de exportación de plomo correspondientes al período 2004 y 2006-2021. Esta suposición se fundamenta en la inexistencia de producción primaria de plomo en Paraguay, así como en el hecho de que todo el plomo recuperado de procesos secundarios se exporta en forma de lingotes. No fue posible obtener datos consistentes de exportación anteriores a 2004, pudiéndose suponer la existencia de fábricas productoras de plomo a partir de baterías usadas. También se presume que podría haber producción de plomo secundario destinada al mercado local para la fabricación de baterías, pero no se ha podido confirmar esta información con datos oficiales.

En la siguiente tabla y en las figuras se presentan un resumen de los parámetros de DA utilizados para toda la serie temporal.

Tabla 4-19.

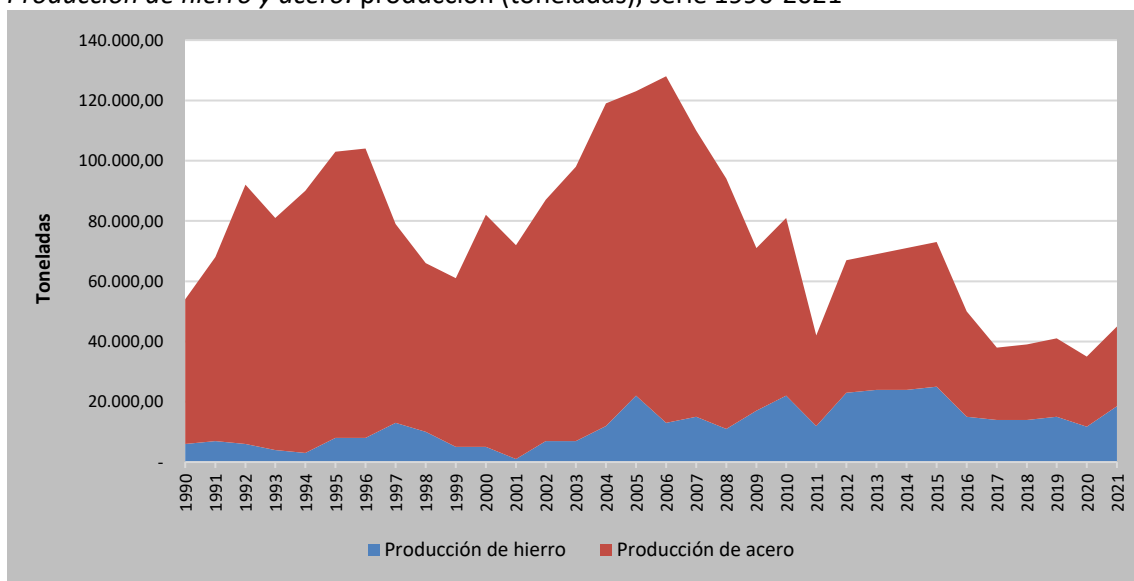
Industria de los metales: datos de actividad (toneladas)

Año	2.C.1. Producción de hierro y acero		2.C.2. Producción de ferroaleaciones	2.C.5. Producción de plomo
	Producción de hierro	Producción de acero	Exportación de ferrosilicio	Exportación de plomo
1990	6.000,00	48.000,00	0,00	s/d
1991	7.000,00	61.000,00	0,00	s/d
1992	6.000,00	86.000,00	0,00	s/d
1993	4.000,00	77.000,00	0,00	s/d
1994	3.000,00	87.000,00	0,00	s/d
1995	8.000,00	95.000,00	0,00	s/d
1996	8.000,00	96.000,00	0,00	s/d
1997	13.000,00	66.000,00	0,00	s/d
1998	10.000,00	56.000,00	0,00	s/d
1999	5.000,00	56.000,00	0,00	s/d
2000	5.000,00	77.000,00	0,00	s/d
2001	1.000,00	71.000,00	0,00	s/d
2002	7.000,00	80.000,00	0,00	s/d
2003	7.000,00	91.000,00	0,00	s/d
2004	12.000,00	107.000,00	0,00	175,23
2005	22.000,00	101.000,00	0,00	s/d
2006	13.000,00	115.000,00	0,00	51,55
2007	15.000,00	95.000,00	0,00	133,41
2008	11.000,00	83.000,00	0,00	2.422,73
2009	17.000,00	54.000,00	0,00	221,82
2010	22.000,00	59.000,00	0,00	518,15
2011	12.000,00	30.000,00	0,00	246,75
2012	23.000,00	44.000,00	0,00	292,91
2013	24.000,00	45.000,00	0,00	669,98
2014	24.000,00	47.000,00	0,00	1.370,35
2015	25.000,00	48.000,00	0,00	2.209,10
2016	15.000,00	35.000,00	0,00	456,94
2017	14.000,00	24.000,00	0,00	1.634,63
2018	14.000,00	25.000,00	5.706,75	1.912,29
2019	15.000,00	26.000,00	9.901,43	3.798,20
2020	11.716,00	23.284,00	8.450,40	5.329,45
2021	18.507,00	26.493,00	11.413,19	4.577,82

Fuente: WSA, USGS, DNIT.

Figura 4-12.

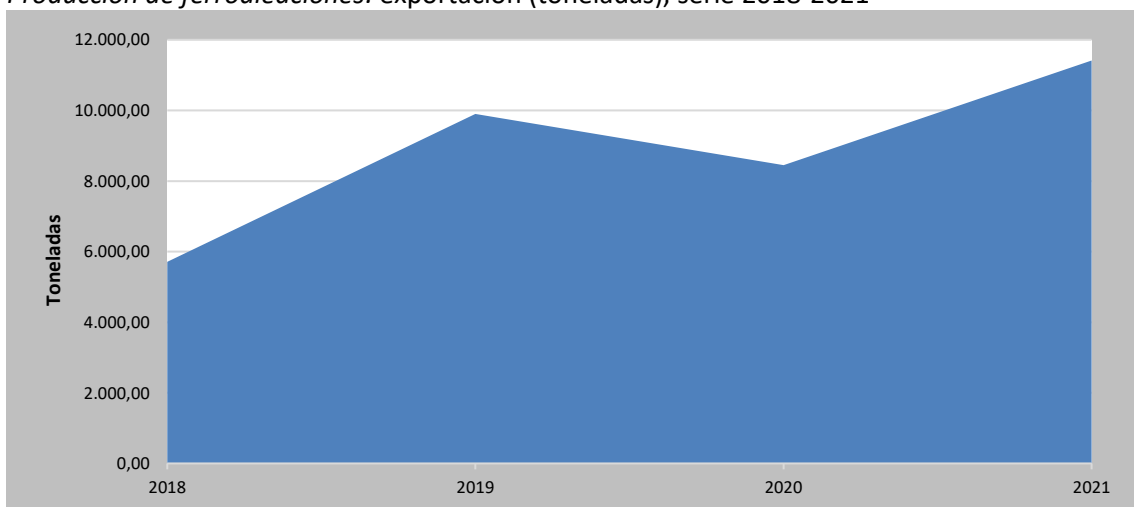
Producción de hierro y acero: producción (toneladas), serie 1990-2021



Fuente: WSA, USGS.

Figura 4-13.

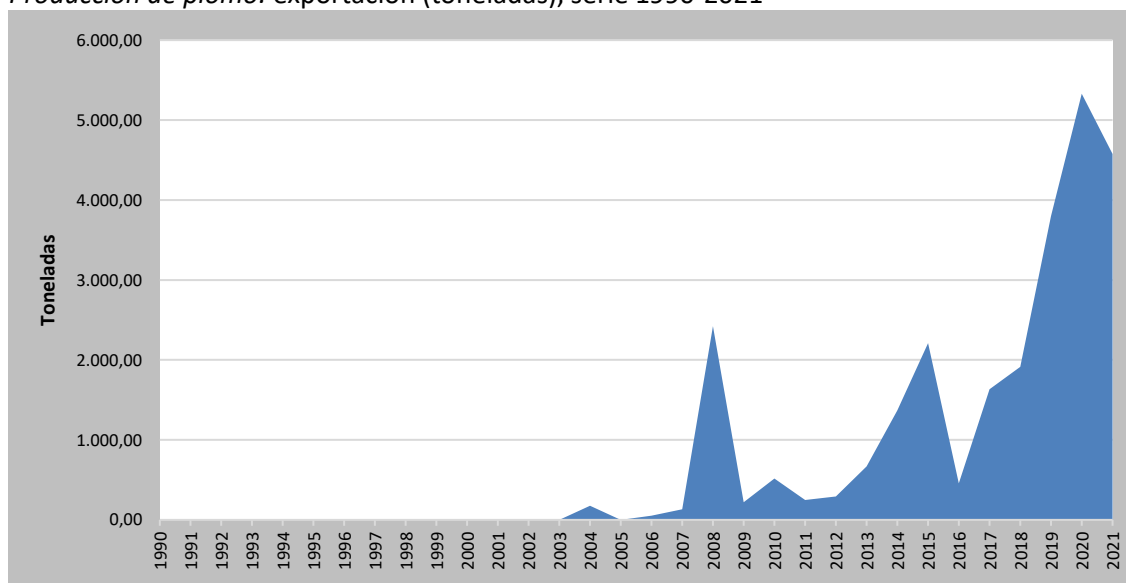
Producción de ferroaleaciones: exportación (toneladas), serie 2018-2021



Fuente: DNIT.

Figura 4-14.

Producción de plomo: exportación (toneladas), serie 1990-2021



Fuente: DNIT.

4.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los FE empleados para el cálculo de las emisiones de CO₂ de hierro y acero fueron tomados por defecto del Volumen 3, Capítulo 4, Cuadro 4.1b del *Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*. Para ferroaleaciones, se tomaron del mismo capítulo de las *Directrices del IPCC de 2006* el Cuadro 4.5 para el cálculo de emisiones de CO₂ y el Cuadro 4.7 para CH₄, y por último, para las emisiones de CO₂ de plomo, el Cuadro 4.21.

Para el tipo de proceso de producción de hierro, se accedió a información que la empresa VETORIAL S.A. (ex ACEPAR S.A.) opera con procesos tecnológicos basados en hornos básicos de oxígeno (BOF). Esta consideración está avalada por las informaciones estadísticas del WSA y en una publicación de revista internacional Acero Latinoamericano. Por tanto, se han definido los FE y realizado los cálculos de emisiones considerando que los hornos de dicha empresa tienen dicho proceso tecnológico.

En lo que respecta a la *producción de ferroaleaciones*, se aplica el FE correspondiente al tipo específico de ferroaleación producida. Para la *producción de plomo*, se utiliza el FE asociado a la producción mediante el tratamiento de materias primas secundarias.

En la Tabla 4-20 se visualiza los FE utilizados.

Tabla 4-20.

Industria de los metales: factores de emisión aplicados por subcategoría

Subcategoría		GEI	Valor	Unidad
2.C.1. Producción de hierro y acero	Producción de arrabio	CO ₂	1,43	ton CO ₂ /ton arrabio producido
	Horno básico de oxígeno (BOF)	CO ₂	1,58	ton CO ₂ /ton acero producido
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	Ferrosilicio 75%	CO ₂	4,00	ton CO ₂ / ton producto
		CH ₄	1,00	kg CH ₄ / ton producto
2.C.5. Producción de plomo	Producción de plomo por tratamiento de materias primas secundarias	CO ₂	0,20	ton CO ₂ /ton producto

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Refinamiento 2019.

4.4.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica flexibilidad en esta categoría.

4.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis.

4.4.5 AC/CC de la categoría

4.4.5.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías y las actividades propias del equipo técnico INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad específica de esta categoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de este por cada subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeos cruzados de la información proporcionada por la institución versus la información pública.
- Chequeo cruzado de la información nacional versus la información internacional.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Valores con vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla de datos y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de mini gráficos.

- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.

Verificación de la documentación

- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

4.4.6 Nuevos cálculos de la categoría

Se efectuaron las siguientes modificaciones con respecto al inventario anterior:

- En el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, se actualizaron los factores de emisión para la subcategoría *producción de hierro y acero*, lo que ocasiona un cambio de datos en toda la serie temporal. Esta modificación genera una diferencia entre el inventario anterior y el actual.
- Estimación de una nueva subcategoría correspondiente a *producción de ferroaleaciones*, incorporando datos para el periodo 2018-2021.

Tabla 4-21.

Industria de los metales: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	78,2	149,5	119,2	177,2	115,9	104,3	59,0		
INGEI actual	84,4	161,5	128,8	191,0	124,8	112,0	103,2	88,6	115,2
Diferencia	6,2	12,0	9,6	13,9	8,8	7,8	44,2		
Diferencia %	7,4%	7,5%	7,5%	7,3%	7,1%	6,9%	42,8%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

4.4.7 Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejora de la categoría para los futuros INGEI:

- Mejorar la exactitud en cálculos de la subcategoría *producción de hierro y acero*.
- Estimar emisiones de *producción de hierro y acero* en un nivel superior con el fin de extraer las emisiones de CO₂ de la biomasa y del uso de piedra caliza que entra como materia prima en el proceso el cual ya está siendo estimado en categorías del sector *Energía* y en la categoría *producción de cal* del sector IPPU.
- Identificar los centros de producción secundaria de plomo en el mercado local e incluir las emisiones procedentes a dicha actividad para toda la serie temporal.
- Coordinar con el MIC una estrategia de relevamiento y registro de datos de actividades industriales.
- Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de Licencias Ambientales y realización de Auditorías Ambientales.
- Promover líneas de investigación con universidades y centros de investigación para realizar estudios sectoriales que generen informaciones a ser utilizadas por el INGEI como datos de actividades.
- Alentar a las entidades proveedoras de información a implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

4.5 Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (CRT 2.D)

4.5.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría *productos no energéticos de combustibles y uso de solventes* incluye las emisiones de GEI generadas por los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, excepto: i) la combustión con fines energéticos, y ii) el uso como sustancia de alimentación a procesos o como agente reductor. Las subcategorías asociadas son el uso de lubricantes, ceras de parafina, asfalto y solventes (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de GEI que están relacionadas al uso de lubricantes y ceras de parafina.

El principal *uso de lubricantes* se da en aplicaciones industriales y en máquinas de transporte. Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. Se pueden subdividir en: (i) aceites para motores y aceites industriales y (ii) grasas. Estos difieren según sus características físicas (por ej., la viscosidad), de sus aplicaciones comerciales y de su destino ambiental.

El uso de los lubricantes en los motores obedece principalmente a sus propiedades lubricantes y las emisiones asociadas se consideran, por lo tanto, emisiones sin combustión que deben declararse en el sector IPPU. Por falta de datos nacionales, actualmente no se excluyen las cantidades de lubricantes utilizados para motores de dos tiempos, las cuales deberían estimarse en el sector de Energía.

Esta categoría incluye productos como la vaselina (petrolato), ceras de parafina y otras ceras, incluida la ozocerita (mezcla de hidrocarburos saturados, sólida a temperatura ambiente). Las ceras de parafina se separan del petróleo crudo durante la producción de aceites lubricantes (destilado) livianos. Las ceras de parafina se clasifican según el contenido de aceite y el grado de refinación (IPCC, 2006).

Esta categoría presenta emisiones del gas CO₂ que representan el 2,2 % del sector IPPU para el año 2021. En cuanto a su evolución en el tiempo, tuvo un aumento del 342,2 % con respecto al año 1990 y del 20,7 % con respecto al año 2019, lo cual se debe al incremento del uso de los productos. El principal impulsor de esta categoría corresponde a la subcategoría de *uso de lubricantes*, con un peso del 95,5 %.

En el año 2021 se observa una leve disminución, la cual se podría asociar a la crisis sanitaria del COVID-19 y las restricciones de movilidad, lo que redujo el uso de lubricantes para automóviles. La disminución en la producción de muchas industrias locales afectó la demanda de insumos como los lubricantes, debido a cierres temporales, menor demanda tanto interna como internacional, y problemas logísticos asociados a la pandemia. De manera similar, la pandemia también impactó a los negocios relacionados a la estética, lo que podría explicar la caída observada en la subcategoría relacionada con el uso de parafinas.

En la Tabla 4-22 y Figura 4-15 se presenta un resumen del total de GEI por subcategoría.

Tabla 4-22.

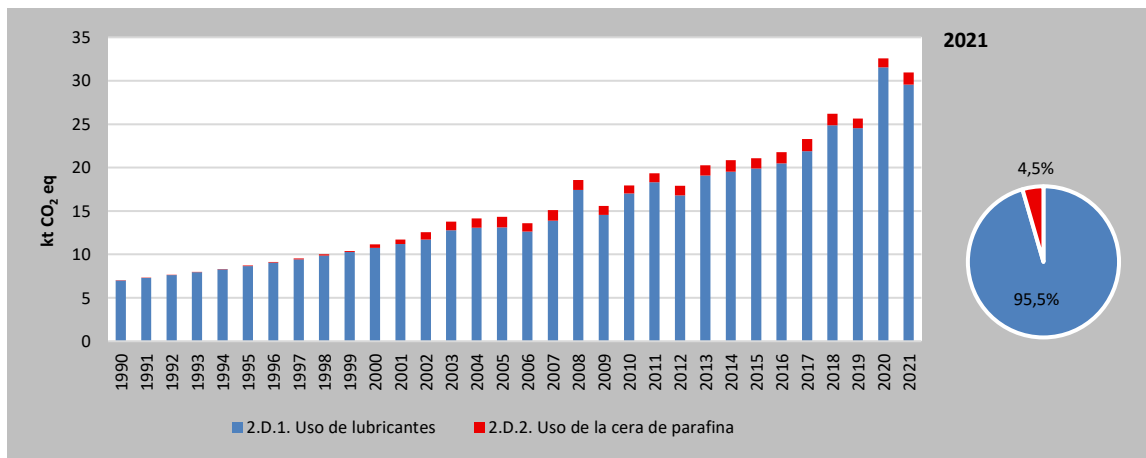
Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
2.D.1. Uso de lubricantes	7,0	8,7	10,7	13,1	17,0	19,9	24,5	31,6	29,6
2.D.2. Uso de la cera de parafina	1,E-02	0,1	0,4	1,2	0,9	1,2	1,1	1,0	1,4
Total	7,0	8,7	11,2	14,3	17,9	21,1	25,6	32,6	30,9

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 4-15.

Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES

4.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplica el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, dado que, según las evaluaciones de nivel y tendencia (según la CCN), no se trata de una categoría principal, usando datos de actividades país específicos y factores de emisión por defecto. A continuación, se presenta tabla resumen con los métodos aplicados por subcategoría:

Tabla 4-23.

Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: resumen de métodos aplicados por subcategoría

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	T1, NA	D, NA	NA	NA	NA	NA						
2.D.1. Uso de lubricantes	T1	D	NA	NA	NA	NA						
2.D.2. Uso de la cera de parafina	T1	D	NA	NA	NA	NA						
2.D.3. Uso de solventes	NA	NA	NA	NA	NA	NA						
2.D.4. Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA						

Referencias: T1 = nivel 1; D = por defecto; NA = no aplicable.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Uso de lubricantes

Para el cálculo de emisiones de CO₂ relacionado al *Uso de lubricantes*, se aplica la siguiente ecuación, con FE agregados por defecto y el factor ODU basado en la composición por defecto de los aceites y las grasas en las cifras totales sobre lubricantes (en unidades de TJ).

Ecuación 4-12.

Uso de lubricantes: emisiones de lubricantes (Nivel 1)

$$CO_2 \text{ Emisiones} = LC \cdot CC_{\text{Lubricante}} \cdot ODU_{\text{Lubricante}} \cdot 44/12$$

Donde:

Emisiones CO₂ = emisiones de CO₂ generadas por los lubricantes, toneladas de CO₂

LC = consumo total de lubricantes, TJ

CC_{Lubricante} = contenido de carbono de los lubricantes (por defecto), tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ)

ODU_{Lubricante} = factor ODU (basado en la composición por defecto de aceites y grasas), fracción

44/12 = cociente de masa del CO₂/C

Fuente: Ecuación 5.2; Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Uso de la cera de parafina

Las emisiones de CO₂ relacionadas al *Uso de la cera de parafina*, se calculan mediante la siguiente ecuación y con los FE agregados por defecto y el factor ODU basado en la composición por defecto de las ceras (en unidades de TJ).

Ecuación 4-13.

Uso de la cera de parafina: Emisiones de ceras (Nivel 1)

$$CO_2 \text{ Emisiones} = PW \bullet CC_{Cera} \bullet ODU_{Cera} \bullet 44/12$$

Donde:

Emisiones CO₂ = emisiones de CO₂ generadas por las ceras, toneladas de CO₂

PW = consumo total de ceras, TJ

CC_{Cera} = contenido de carbono de las ceras de parafina (por defecto), tonelada de C/TJ (=Kg. de C/GJ)

ODU_{Cera} = factor ODU de la cera de parafina, fracción

44/12 = cociente de masa del CO₂/C

Fuente: Ecuación 5.4; Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

4.5.2.1 Datos de actividad de la categoría

Considerando que los lubricantes y las ceras son productos que no se fabrican en el país, se utilizaron datos oficiales de importaciones proporcionados por el DNIT. Como dicha información sólo está disponible desde el año 2003 para lubricantes y desde 1999 para las ceras, se realizó un tratamiento estadístico por el método función de CRECIMIENTO descrito en la Tabla 4-5, a fin de contar con datos para los años anteriores.

En la Tabla 4-24 y Figuras 4-16 y 4-17 se presenta un resumen de los parámetros de DA utilizados para toda la serie temporal 1990-2021.

Tabla 4-24.

Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: datos de actividad por subcategoría (terajulios)

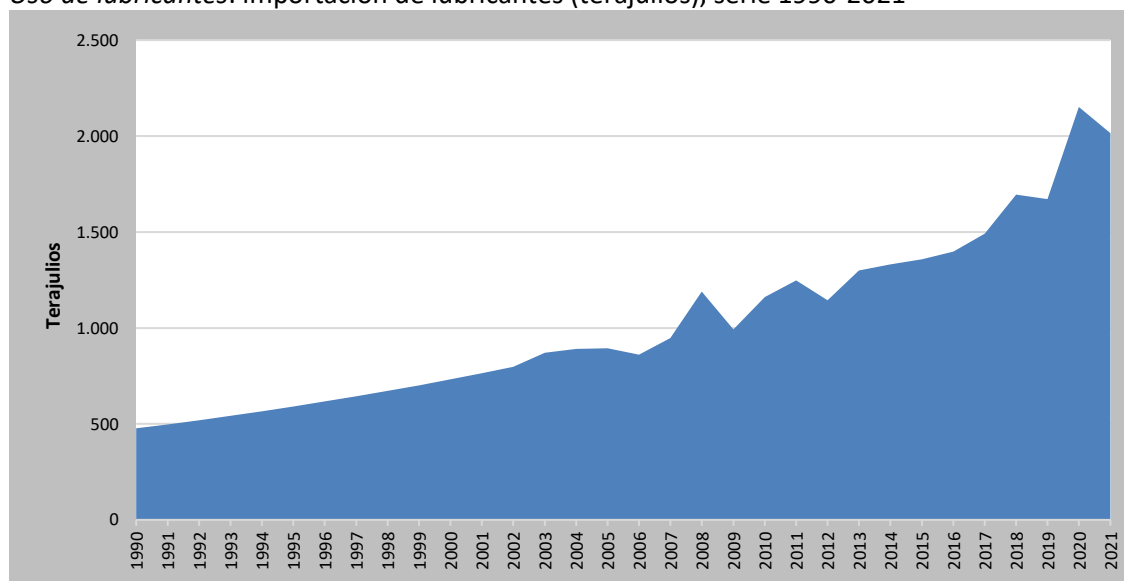
Año	2.D.1. Uso de lubricantes	2.D.2. Uso de la cera de parafina
	Importación de lubricantes	Importación de ceras
1990	476,44	0,70
1991	497,35	0,98
1992	519,18	1,37
1993	541,97	1,93
1994	565,76	2,71
1995	590,60	3,81
1996	616,52	5,35
1997	643,59	7,52
1998	671,84	10,56
1999	701,33	8,06
2000	732,12	28,83
2001	764,25	34,81
2002	797,80	59,42
2003	870,81	68,22
2004	890,73	73,27
2005	893,41	82,48
2006	860,80	64,86
2007	947,30	83,57
2008	1.188,76	78,26
2009	992,97	69,42
2010	1.161,37	62,19
2011	1.247,79	71,89
2012	1.144,95	74,78
2013	1.300,16	82,33
2014	1.331,84	89,62
2015	1.357,68	79,61
2016	1.397,51	86,87
2017	1.492,02	94,67
2018	1.694,87	90,98
2019	1.672,06	75,57
2020	2.151,40	70,47
2021	2.015,20	94,53

Referencias: Sombreado en gris = métodos estadísticos aplicados.

Fuente: DNIT y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-16.

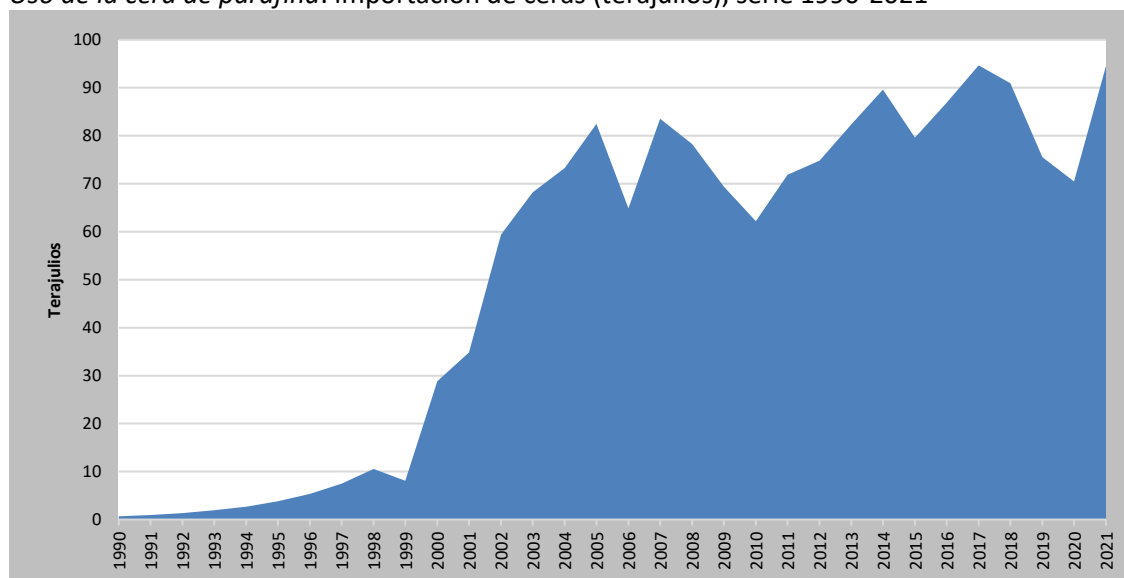
Uso de lubricantes: importación de lubricantes (terajulios), serie 1990-2021



Fuente: DNIT y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-17.

Uso de la cera de parafina: importación de ceras (terajulios), serie 1990-2021



Fuente: DNIT y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

4.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para obtener el FE empleado para el cálculo de las emisiones de GEI de la categoría fueron tomados por defecto el contenido de carbono del Volumen 2, Capítulo 1, Cuadro 1.3 y el factor ODU (carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso) del Volumen 3, Capítulo 5, Cuadro 5.2 de las *Directrices del IPCC de 2006* para el GEI estimado.

Tabla 4-25.

Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: factores de emisión aplicados por subcategoría

Subcategoría		GEI	Valor	Unidad
2.D.1. Uso de lubricantes	Contenido de carbono	CO ₂	20,00	ton C/TJ
	Carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso (factor ODU) para el total de lubricantes	CO ₂	0,20	fracción
2.D.2. Uso de la cera de parafina	Contenido de carbono	CO ₂	20,00	ton C/TJ
	Carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso (factor ODU)	CO ₂	0,20	fracción

Fuente: Directrices del IPCC de 2006.

4.5.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica flexibilidad en esta categoría.

4.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis.

4.5.5 AC/CC de la categoría

4.5.5.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías y las actividades propias del equipo técnico INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad específica de esta categoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de este por cada subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeos cruzados de las informaciones proporcionadas por las instituciones.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Valores con vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla de datos y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de minigráficos.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.

Verificación de la documentación

- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

4.5.6 Nuevos cálculos de la categoría

No hubo modificaciones en los cálculos realizados para esta categoría como se visualiza en la siguiente tabla en donde se presenta una comparación entre las emisiones de GEI de la categoría *Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes* del INGEI anterior (1990-2019) y el presente (1990-2021).

Tabla 4-26.

Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	7,0	8,7	11,2	14,3	17,9	21,1	25,6		
INGEI actual	7,0	8,7	11,2	14,3	17,9	21,1	25,6	32,6	30,9
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

4.5.7 Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la subcategoría para los futuros INGEI:

- Realizar un análisis exhaustivo de las partidas arancelarias de productos no energéticos específicos, considerando sus variaciones periódicas y aquellos productos que deben ser incluidos.
- Alentar a las entidades proveedoras de información a implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

4.6 Industria electrónica (CRT 2.E)

Esta categoría no ocurre en el país.

4.7 Uso de productos sustitutos de las SAO (CRT 2.F)

4.7.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Los productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), son sustancias que en general se usan porque tienen propiedades térmicas de interés en el transporte o aislamiento de energía, sus usos van desde la refrigeración y el aire acondicionado, pasando por la extinción de incendios, hasta los propelentes de aerosoles y espumantes. Algunas categorías en las que se agrupan estos usos implican el almacenamiento de las sustancias y su liberación paulatina a lo largo de los años debido a fugas, como es el caso de la refrigeración, lo cual genera bancos de almacenamiento (IPCC, 2006).

La categoría *uso de productos sustitutos de las SAO*, según las *Directrices del IPCC de 2006*, incluye las emisiones de los gases fluorados hidrofluorocarbonos (HFC) y, en una medida muy limitada, los perfluorocarbonos (PFC) que sirven como alternativas a las SAO. Las subcategorías incluidas son la refrigeración y aire acondicionado, agentes espumantes, protección contra incendios, aerosoles y solventes.

En el contexto nacional, la categoría incluye las emisiones de equipos de refrigeración, aire acondicionado y protección contra incendios. Con respecto a los gases PFC, no han sido identificados usos en el país.

En esta sección se consideran las emisiones derivadas del *uso de productos sustitutos de las SAO* en actividades de los rubros refrigeración y aire acondicionado y protección contra incendios.

Refrigeración y aire acondicionado

Como se mencionan en las *Directrices del IPCC de 2006*, los sistemas de refrigeración y aire acondicionado pueden clasificarse en varias sub-aplicaciones o fuentes. Estas sub-aplicaciones que pueden diferir en ubicación y propósito se enumeran a continuación:

- Refrigeración doméstica (es decir, hogares),
- Refrigeración comercial, incluidos los diferentes tipos de equipos, desde las expendedoras hasta los sistemas centralizados de refrigeración en los supermercados,
- Procesos industriales que incluyen congeladores, almacenamiento de baja temperatura y bombas caloríficas industriales utilizadas en la alimentación, la petroquímica y otras industrias,
- Transporte refrigerado, incluidos los equipos y los sistemas de refrigeración utilizados en camiones, contenedores, frigoríficos y vagones,

- Sistemas de aire acondicionado estacionario incluidos los sistemas aire-aire, las bombas caloríficas y los enfriadores-congeladores para aplicaciones residenciales y en la construcción,
- Sistemas de aire acondicionado móvil utilizados en vehículos de pasajeros, cabinas de camiones, buses y trenes.

Protección contra incendios

Algunos equipos usados para extinción de incendios usan los HFC para reemplazar parcialmente los halones. En el país se tiene identificado el uso del gas R-236fa denominado Hexafluoropropano, utilizado para proteger a los equipos e instrumentos eléctricos en las operaciones de extinción de incendios.

La categoría *uso de productos sustitutos de las SAO* presenta emisiones de HFC que representan el 51,8 % del sector IPPU para el año 2021, con un incremento del 17,8 % con respecto al año 2019, lo cual se debe al aporte de los gases utilizados en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

La tendencia en esta categoría muestra un crecimiento significativo, que en 2020 podría estar relacionado con la crisis sanitaria del COVID-19, debido a un aumento en la demanda de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

En la siguiente tabla se presenta un resumen del total de GEI de las subcategorías.

Tabla 4-27.

Uso de productos sustitutos de las SAO: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

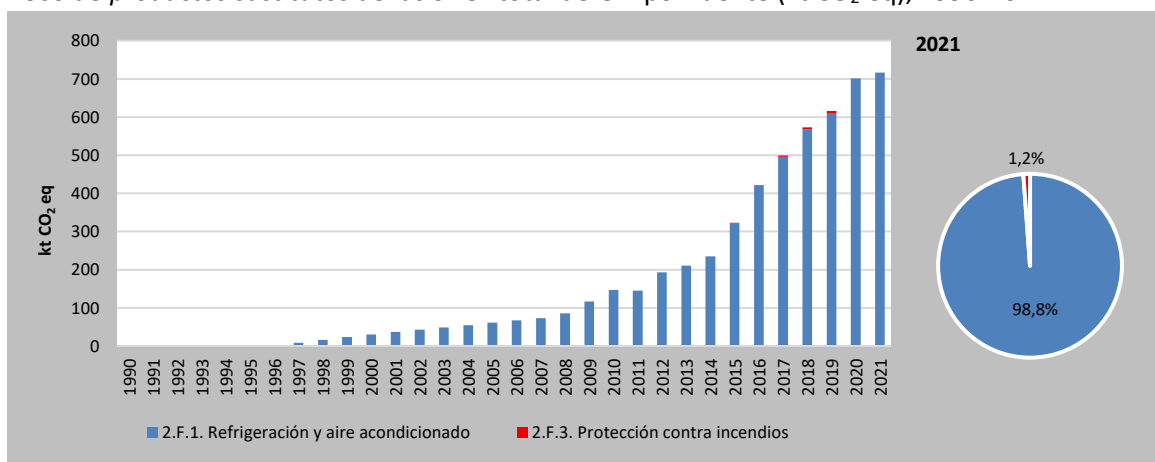
Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	NO	NO	30,2	60,9	147,0	321,8	608,6	701,3	716,7
2.F.3. Protección contra incendios	NO	NO	0,0	0,0	0,0	1,0	6,8	8,5	8,5
Total	NO	NO	30,2	60,9	147,0	322,7	615,4	709,8	725,1

Referencias: NO = No ocurre

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 4-18.

Uso de productos sustitutos de las SAO: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de emisiones de HFC de la subcategoría *Refrigeración y aire acondicionado y Protección contra incendios* se utilizó un método de Nivel 1a de las *Directrices del IPCC de 2006*, dado que, según las evaluaciones de nivel y tendencia (de acuerdo con la CCN), no se trata de una categoría principal. Este método se basa en la multiplicación del consumo neto de cada gas por el FE por defecto correspondiente. Adicionalmente se incluye un factor debido a las emisiones de los bancos de gases, que intenta dar cuenta del retardo entre el consumo y las emisiones como se muestra en la Ecuación 4-14.

Ecuación 4-14.

Cálculo de las emisiones de una sustancia química de una aplicación con bancos

$$\begin{aligned}
 \text{Emisiones Anuales} = & \text{Consumo Neto} \cdot EF_{PA} \text{ Compuesto} \\
 & + \text{Total Sustancia química en Banco} \cdot EF_B \text{ Compuesto}
 \end{aligned}$$

Donde:

Emisiones: emisiones totales para la aplicación refrigeración y aire acondicionado

Consumo Neto = consumo neto para la aplicación

EF_{PA} Compuesto = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el primer año

Total, Sustancia química en Banco = banco de la sustancia química para la aplicación

EF_B Compuesto = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el banco

Fuente: Ecuación 7.2B; Capítulo 7; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

En la siguiente tabla se resumen los métodos utilizados.

Tabla 4-28.

Uso de productos sustitutos de las SAO: resumen de métodos aplicados por subcategoría y fuente

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono							NO, T1a	NO, D	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado							NO, T1a	NO, D	NA	NA	NA	NA
2.F.1.a. Refrigeración y aire acondicionado estacionario							NO, T1a	NO, D	NA	NA	NA	NA

2.F.1.b. Aire acondicionado o móvil							NO, T1a	NO, D	NA	NA	NA	NA
2.F.2. Agentes espumantes							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.3. Protección contra incendios							NO, T1a	NO, D	NA	NA	NA	NA
2.F.4. Aerosoles							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.5. Solventes							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.6. Otras aplicaciones (especificar)							NO	NO	NO	NO	NO	NO

Referencias: T1a = nivel 1a; D = por defecto; NA = no aplicable; NO = no ocurre

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.7.2.1 Datos de actividad de la categoría

Se han recopilado datos oficiales del Dpto. de Ozono del MADES desde el año 2008, a partir de los cuales se construyó la serie histórica. Se presume que antes de 2008 ya se utilizaba el gas R134a en sistemas de aire acondicionado móvil y refrigeración doméstica, tomando como año base de consumo 1997, basado en la adopción de este gas por la industria automotriz a mediados de la década de 1990 para los sistemas de aire acondicionado en vehículos nuevos. Para completar los vacíos de datos del período 1997-2007, se aplicaron métodos estadísticos de progresión geométrica, descrito en la Tabla 4-5.

Recién a partir del año 2008 se dispone de datos nacionales debido a la implementación de una regulación legal que establece medidas de control sobre las sustancias agotadoras de la capa de ozono y fomenta el uso de tecnologías alternativas (Decreto N° 12.685/2008). A partir de esa fecha, el MADES comenzó a registrar las importaciones de sustancias alternativas a las SAO, y en coordinación con la entonces DNA, se establecieron subpartidas arancelarias específicas para diferenciar los tipos de gases refrigerantes importados.

Los datos de consumo de HFC para el período 2009-2021 fueron proporcionados por el Departamento de Ozono del MADES. En cuanto a los datos de 2008, estos fueron obtenidos del documento "Plan de Eliminación de los Hidroclorofluorocarburos (HCFC)" (HPMP) de 2010, elaborado por el mismo departamento. Este documento fue presentado ante las instancias correspondientes del Protocolo de Montreal como parte de la solicitud de financiamiento para el HPMP.

El gas HFC-236fa se utiliza en sistemas de extinción de incendios, mientras que los gases R-23, R-32, R-125, R-152a y R-143a, se emplean en sistemas de aire acondicionado y refrigeración estacionaria. Por su parte, el gas R-134a es utilizado tanto en aire acondicionado estacionario como en equipos móviles. Para el crecimiento del uso de equipos de refrigeración y aire acondicionado, se ha adoptado una tasa del 3,70 %, basada en la información contenida en el Plan de Eliminación de los Hidroclorofluorocarburos (HPMP).

Se ha considerado que antes del año 2008, a excepción del gas R-134a, no ocurrían (NO) emisiones de otros gases sustitutos de la SAO debido a que los mismos hicieron su aparición en años

posteriores a esa fecha. Conforme al calendario de eliminación de SAO establecido en los compromisos del Protocolo de Montreal, Paraguay prohibió la importación de clorofluorocarbonos (CFC) a partir del año 2010, mientras que los HCFC iniciaron su proceso de reducción de consumo desde el año 2013. Por este motivo, se supone que no había consumo de HFC en los primeros años de la serie temporal, lo cual está respaldado por los reportes nacionales realizados en el marco del Protocolo de Montreal por el Dpto. de Ozono del MADES.

En la siguiente tabla y figuras se presentan un resumen de los parámetros de DA utilizados para toda la serie temporal.

Tabla 4-29.

Uso de productos sustitutos de las SAO: consumo de HFC por subcategoría, fuente y tipo de gas (toneladas)

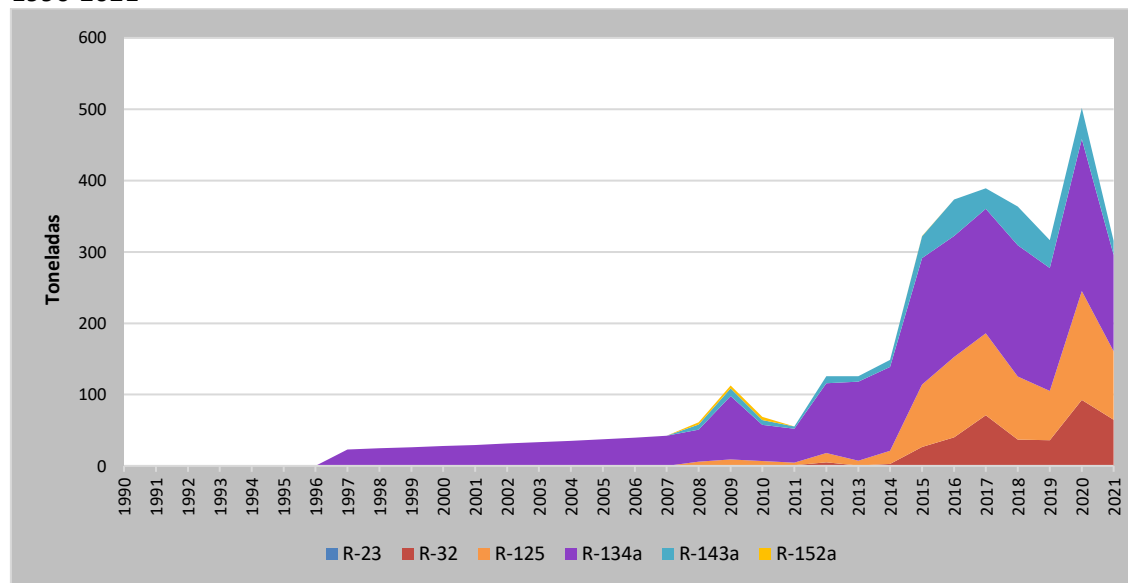
Año	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado							2.F.3. Protección contra incendios
	2.F.1.a. Refrigeración y aire acondicionado estacionario						2.F.1.b. Aire acondicionado móvil	
	R-23	R-32	R-125	R-134a	R-143a	R-152a	R-134a	R-236fa
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1993	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	23,15	0,00	0,00	23,15	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	24,58	0,00	0,00	24,58	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	26,11	0,00	0,00	26,11	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	27,73	0,00	0,00	27,73	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	29,45	0,00	0,00	29,45	0,00
2002	0,00	0,00	0,00	31,27	0,00	0,00	31,27	0,00
2003	0,00	0,00	0,00	33,21	0,00	0,00	33,21	0,00
2004	0,00	0,00	0,00	35,27	0,00	0,00	35,27	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	37,46	0,00	0,00	37,46	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	39,79	0,00	0,00	39,79	0,00
2007	0,00	0,00	0,00	42,25	0,00	0,00	42,25	0,00
2008	0,00	0,00	6,03	44,87	7,12	2,90	44,87	0,00
2009	0,00	0,00	9,24	88,47	10,92	4,06	88,47	0,00
2010	0,00	0,57	6,18	50,86	6,66	4,58	50,86	0,00
2011	0,01	0,78	3,75	47,39	3,43	0,00	47,39	0,00
2012	0,00	4,84	13,23	98,00	9,86	0,00	98,00	0,00
2013	0,00	0,48	6,89	110,63	7,55	0,00	110,63	0,00
2014	0,00	2,71	18,63	117,50	9,59	0,00	117,50	0,00
2015	0,00	26,71	87,49	177,30	30,55	0,07	177,30	3,00
2016	0,00	40,24	112,49	169,50	51,35	0,00	169,50	0,00
2017	0,00	71,09	114,58	174,91	28,71	0,00	174,91	4,00
2018	0,00	36,83	88,46	183,85	54,61	0,00	183,85	6,00
2019	0,00	35,93	69,38	172,04	39,27	0,00	172,04	0,00
2020	0,00	92,49	152,61	213,08	43,61	0,00	213,08	6,00
2021	0,00	64,75	96,02	135,21	19,38	0,00	135,21	1,00

Referencias: Sombreado en gris = métodos estadísticos aplicados.

Fuente: Departamento de Ozono de la DGA del MADES y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-19.

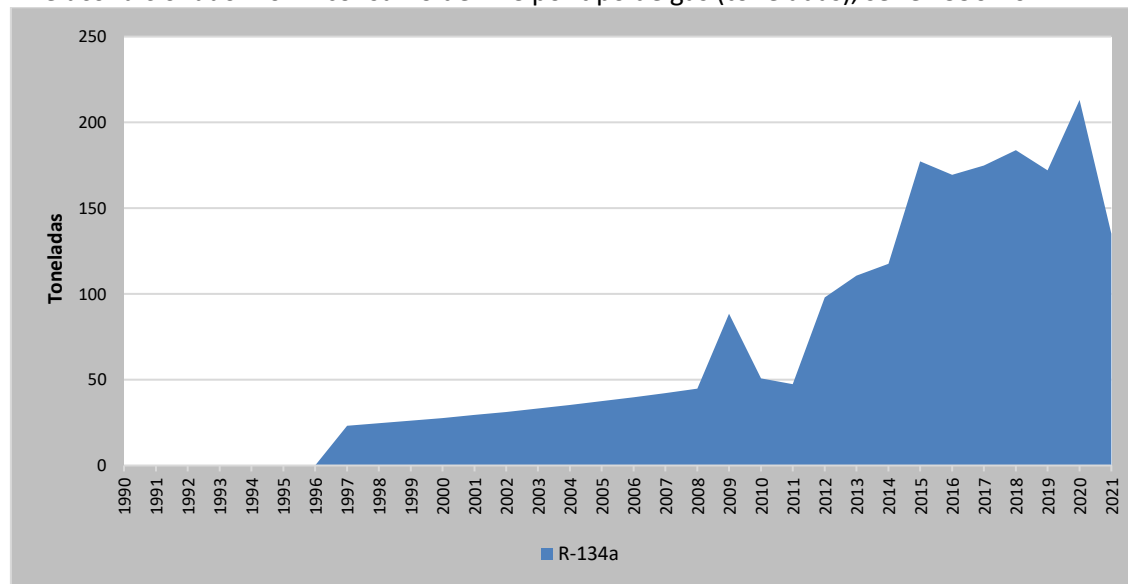
Refrigeración y aire acondicionado estacionario: consumo de HFC por tipo de gas (toneladas), serie 1990-2021



Fuente: Departamento de Ozono de la DGA del MADES y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-20.

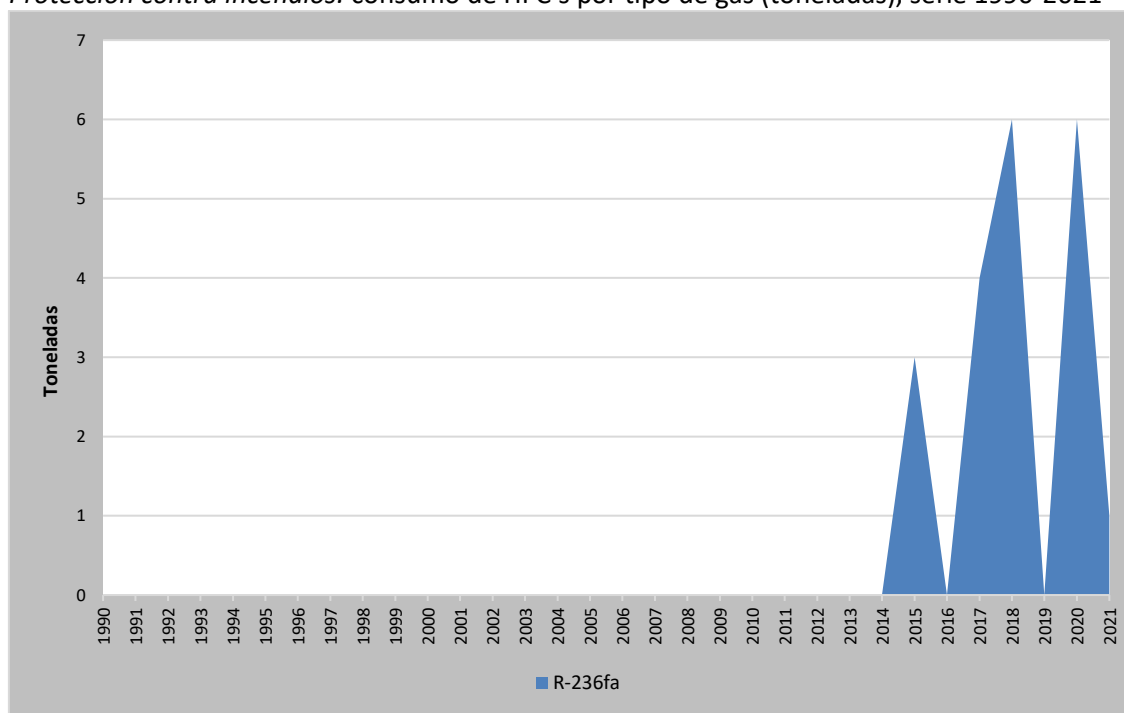
Aire acondicionado móvil: consumo de HFC por tipo de gas (toneladas), serie 1990-2021



Fuente: Departamento de Ozono de la DGA del MADES y el llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 4-21.

Protección contra incendios: consumo de HFC's por tipo de gas (toneladas), serie 1990-2021



Fuente: Departamento de Ozono de la DGA del MADES.

[Incluir cualquier conclusión o aspecto relevante que el país quiera resaltar sobre los datos de actividad]

4.7.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los FE compuestos se determinan calculando un promedio de los FE de sub-aplicación que corresponda, ponderado según la actividad de cada sub-aplicación. Los parámetros utilizados fueron obtenidos del Volumen 3, Capítulo 7, Sección 7.5.2 y Sección 7.6.2 de las Directrices del IPCC de 2006, de acuerdo con el tipo de equipos predominantes usados en el país.

Los parámetros considerados en las subcategorías son los siguientes:

- FE de la base instalada
- Vida útil promedio de los equipos
- Tasa de crecimiento en ventas de equipos nuevos
- Destrucción de los gases al final de la vida útil de los equipos

El FE para el banco corresponde a un 13 % anual para toda el área de refrigeración y aire acondicionado estacionario, 15 % para móvil y 4 % para protección contra incendios, adicionalmente se asumen algunos supuestos ante la ausencia de valores desagregados por sub-aplicación de acuerdo con lo recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006* como: la vida útil de los equipos de 15 años promedio, para refrigeración y aire acondicionado estacionario y para protección contra incendios, y 13 años promedio para aire acondicionado móvil; la tasa de crecimiento de las ventas de nuevos equipos de 3,70 % promedio para toda la serie, estimado en función del crecimiento de

la entrada de nuevos equipos informada en el estudio HPMP; y, se considera que no existe destrucción de los gases al final de la vida útil.

En la Tabla 4-30 se visualiza los valores utilizados.

Tabla 4-30.

Uso de productos sustitutos de las SAO: parámetros de factor de emisión aplicados por subcategoría

Subcategoría/fuente		Parámetro	Unidad	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-152a	HFC-143a	HFC-134a	HFC-236fa
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.a - Refrigeración y aire acondicionado estacionario	Vida útil promedio de los equipos	Años	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	
		Factor de emisión de la base instalada	Porcentaje (%)	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	
		Gas destruido al fin de la vida útil	Porcentaje (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		Tasa de crecimiento en ventas de equipos nuevos	Porcentaje (%)	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	
		Año de ingreso de los HFC al país	Año	2011	2010	2008	2008	2008	1997	
	2.F.1.b - Aire acondicionado móvil	Vida útil promedio de los equipos	Años						13,0	
		Factor de emisión de la base instalada	Porcentaje (%)						15,0	
		Gas destruido al fin de la vida útil	Porcentaje (%)						0,0	
		Tasa de crecimiento en ventas de equipos nuevos	Porcentaje (%)						3,7	
		Año de ingreso de los HFC al país	Año						1997	
2.F.3. Protección contra incendios		Vida útil promedio de los equipos	Años							15,0
		Factor de emisión de la base instalada	Porcentaje (%)							4,0
		Gas destruido al fin de la vida útil	Porcentaje (%)							0,0
		Tasa de crecimiento en ventas de equipos nuevos	Porcentaje (%)							3,7
		Año de ingreso de los HFC al país	Año							2015

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en las Directrices del IPCC de 2006, Departamento de Ozono de la DGA del MADES

4.7.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica flexibilidad en esta categoría.

4.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis.

4.7.5 AC/CC de la categoría

4.7.5.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías y las actividades propias del equipo técnico INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad específica de esta categoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de este por cada subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Valores con vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla de datos y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de minigráficos.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.

Verificación de la documentación

- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.

- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

4.7.6 Nuevos cálculos de la categoría

No hubo modificaciones en los cálculos realizados para esta categoría como se visualiza en la siguiente tabla, en donde se presenta una comparación entre las emisiones de GEI de la categoría *Uso de productos sustitutos de las SAO* del INGEI anterior (1990-2019) y el presente (1990-2021).

Tabla 4-31.

Uso de productos sustitutos de las SAO: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	NO	NO	30,2	60,9	147,0	322,7	618,4		
INGEI actual	NO	NO	30,2	60,9	147,0	322,7	615,4	709,8	725,1
Diferencia	NO	NO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Diferencia %	NO	NO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		

Nota: NO = No ocurre

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

4.7.7 Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la subcategoría para los futuros inventarios:

- Realizar esfuerzo necesario para transparentar criterios y suposiciones mediante dictamen de experto de los actores involucrados (Dpto. de Ozono del MADES, DNIT).
- Realizar un análisis exhaustivo de las partidas arancelarias de HFC considerando sus variaciones periódicas, con el fin de determinar año correcto de ingreso al país.
- Realizar un análisis detallado de datos históricos para estimar las sub-aplicaciones, importaciones de sustitutos de las SAO, equipos que ingresan al país con HFC y de los gases que se eliminan en equipos de refrigeración, aire acondicionado, protección de incendios y agentes espumantes.
- Alentar a las entidades proveedoras de información a implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

4.8 Manufactura y utilización de otros productos (CRT 2.G)

4.8.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría incluye las emisiones del uso de hexafluoruro de azufre (SF₆), PFC y N₂O en diferentes aplicaciones que se basan en las diferentes propiedades físicas de estas sustancias, como la elevada constante dieléctrica del SF₆, la estabilidad de los PFC y los efectos anestésicos del N₂O. Las subcategorías incluidas son equipos eléctricos, SF₆ y PFC de otros usos de productos y N₂O de usos de productos (IPCC, 2006).

A nivel nacional, se registra la actividad relacionada con el uso de equipos eléctricos que emplean SF₆, principalmente en la generación y transmisión de energía eléctrica, impactando a la

Administración Nacional de Electricidad (ANDE) y a las entidades binacionales ITAIPU y YACYRETA. Además, se registra el uso de N₂O en aplicaciones médicas, aunque no fue posible estimar sus emisiones debido a la falta de datos disponibles.

El SF₆ se emplea como aislante eléctrico y para interrumpir la corriente en los equipos utilizados en la transmisión y distribución de electricidad. Las emisiones se producen en cada etapa del ciclo de vida útil de los equipos, incluida la fabricación, instalación, uso, mantenimiento y eliminación. La mayor parte del SF₆ utilizado en los equipos eléctricos se emplea en conmutadores y subestaciones con aislación de gas (GIS, del inglés, Gas-Insulated Substations) y en los disyuntores a gas (GCB, del inglés, Gas Circuit Breakers), aunque parte del SF₆ se emplea en líneas de alta tensión con aislación de gas (GIL, del inglés, Gas-Insulated Lines), en transformadores para aparatos de medida externos con aislación de gas y en otros equipos (IPCC, 2006).

Las aplicaciones mencionadas pueden dividirse en dos categorías de confinamiento del gas. La primera categoría corresponde a los “sistemas de presión sellados” o “equipos herméticos”, que se define como equipos que nunca necesitan ser recargados con gas (conservación del nivel de llenado) durante toda la vida útil y que generalmente contienen menos de 5 kg de gas por unidad funcional. En general, los equipos de distribución corresponden a esta categoría. La segunda categoría es la de los “sistemas de presión cerrados”, definida por incluir los equipos que requieren ser recargados con gas (conservación del nivel de llenado) durante la vida útil. Este tipo de equipo suele contener entre cinco y varios centenares de kilogramos por unidad funcional. Los equipos de transmisión entran normalmente dentro de esta categoría. Ambas categorías de equipos poseen más de 30 y hasta de 40 años de vida útil. También se utilizan grandes cantidades de SF₆ en los transformadores de energía con aislación de gas (IPCC, 2006).

La presente subcategoría contribuye con emisiones de SF₆ a los GEI del sector IPPU, representando el 1,7 % del total en el año 2021, con un incremento del 61,7 % con respecto al año 1990 y del 22,7 % respecto al año 2019. El comportamiento irregular de la tendencia se debe a que no todos los años se realiza la recarga de los equipos, lo cual solo ocurre en años específicos. Por ejemplo, se observa que en 2017 se registró un pico de crecimiento debido a un consumo adicional de SF₆ relacionado con acciones de mantenimiento y reposición de fugas en casos puntuales.

En la siguiente tabla y figura se presenta un resumen del total de GEI de la subcategoría.

Tabla 4-32.

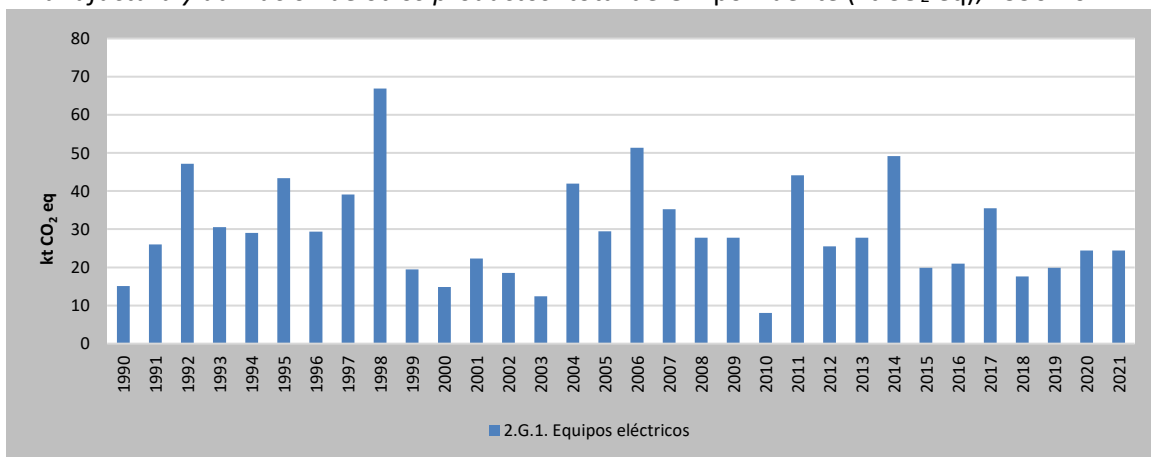
Manufactura y utilización de otros productos: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
2.G.1. Equipos eléctricos	15,1	43,4	14,9	29,4	8,0	19,9	19,9	24,4	24,4
Total	15,1	43,4	14,9	29,4	8,0	19,9	19,9	24,4	24,4

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 4-22.

Manufactura y utilización de otros productos: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Dado que, según las orientaciones del árbol de decisiones de las *Directrices del IPCC de 2006* y las evaluaciones de nivel y tendencia (de acuerdo con la CCN), no se trata de una categoría principal, esta subcategoría podría estimarse en un Nivel 1. Sin embargo, se aplica el Nivel 3, el cual es un método más exacto para estimar las emisiones de SF₆ provenientes de los *Equipos eléctricos*, es detallado pero flexible e integra un amplio espectro de circunstancias nacionales. Se implementa a nivel de una planta específica e incluye ecuaciones separadas para cada fase del ciclo de vida de los equipos que abarcan la fabricación, la instalación, el uso y la eliminación de los equipos.

Las estimaciones de emisiones de SF₆ están basadas en un enfoque de equilibrio de masas en la etapa de uso de equipos, considerando la disponibilidad de datos de consumo para reposición del gas en los equipos, correspondiente a fugas, fallas o pérdidas durante la fase de operación de estos. No se disponen de datos de consumo durante la instalación ni eliminación, por tanto, no se han considerado dichas fases.

El criterio de equilibrio de masas asume que el consumo para la recarga de los equipos es igual a las emisiones producidas, considerando dichos consumos anuales con un FE del 100 %.

El enfoque de equilibrio de masas puro, utilizado para la estimación de las emisiones de los equipos en la fase de uso, es la siguiente:

Ecuación 4-15.

Emisiones del uso de los equipos: equilibrio de masas puro

$$\text{Emisiones del uso de los equipos} = \text{SF}_6 \text{ para recargar equipos de presión cerrados en mantenimiento} \\
 - \text{SF}_6 \text{ recuperado de equipos de presión cerrados en mantenimiento}$$

Fuente: Ecuación 8.6A; Capítulo 8; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 4-33. Manufactura y utilización de otros productos: resumen de métodos aplicados por subcategoría y fuente

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		HFC		PFC		SF ₆	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NE, NA, NO	NE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	T3, NE, NA, NO	NE, NA, NO
2.G.1. Equipos eléctricos							NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	T3, NE, NO	NE, NO
2.G.1.a. Manufactura de equipos eléctricos							NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.1.b. Uso de equipos eléctricos							NA	NA	NA	NA	T3	*
2.G.1.c. Eliminación de equipos eléctricos							NA	NA	NA	NA	NE	NE
2.G.2. SF ₆ y PFC de otros usos de productos									NO	NO	NO	NO
2.G.2.a. Aplicaciones militares									NO	NO	NO	NO
2.G.2.b. Aceleradores									NO	NO	NO	NO
2.G.2.c. Otros									NO	NO	NO	NO
2.G.3. NO de usos de productos					NE, NO	NE, NO						
2.G.3.a. Aplicaciones médicas					NE	NE						
2.G.3.b. Propulsor para productos presurizados y aerosoles					NO	NO						
2.G.3.c. Otros					NO	NO						
2.G.4. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Referencias: T3 = nivel 3; NA = no aplicable; NE = no estimada; NO = no ocurre; * = Esta fuente de emisión no utiliza FE porque se considera emisiones directas de SF₆.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

4.8.2.1 Datos de actividad de la categoría

Las fuentes de información utilizadas provienen de los organismos vinculados al sector eléctrico del país. La ANDE suministró datos sobre los equipos y su capacidad de consumo para la serie 1990-2019. Por su parte, las entidades binacionales también contribuyeron: ITAIPU proporcionó datos totales de consumo de SF₆ para toda la serie 1990-2019, mientras que YACYRETA aportó información sobre la cantidad de cilindros y su capacidad de consumo para el periodo 1995-2019.

Para cubrir los vacíos de datos correspondientes a los últimos años del inventario 2020-2021, se utilizaron métodos estadísticos basados en progresión geométrica descritos en la Tabla 4-5.

En el caso de las entidades binacionales de ITAIPU, compartida con Brasil, y YACYRETA, con la Argentina, se ha considerado como emisiones nacionales del gas SF6 una fracción de las mismas relacionada con la cantidad de energía suministrada a cada país. Para el caso de ITAIPU corresponde al 50,00 %, mientras que para YACYRETA un 6,20 % que representa el promedio de la cantidad de energía suministrada a Paraguay en el periodo de la serie temporal.

En la siguiente tabla y figura se presentan un resumen de los DA utilizados para toda la serie temporal.

Tabla 4-34.

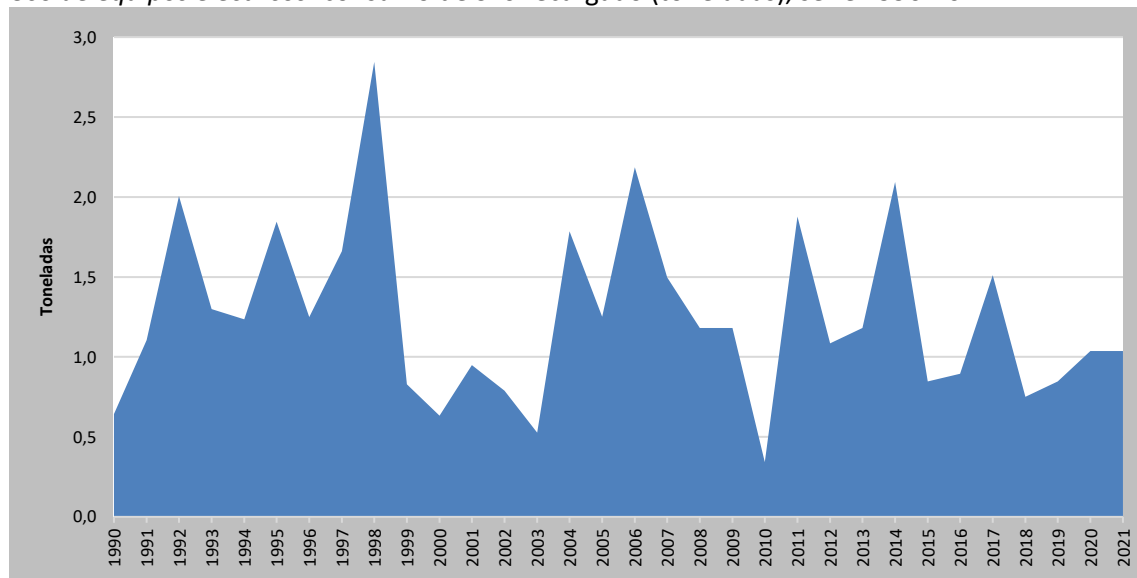
Equipos eléctricos: consumo de SF6 por fuente (toneladas)

<i>Año</i>	<i>2.G.1.b - Uso de equipos eléctricos (gas de recarga)</i>
1990	0,64
1991	1,11
1992	2,01
1993	1,30
1994	1,23
1995	1,85
1996	1,25
1997	1,66
1998	2,85
1999	0,83
2000	0,63
2001	0,95
2002	0,79
2003	0,53
2004	1,79
2005	1,25
2006	2,19
2007	1,50
2008	1,18
2009	1,18
2010	0,34
2011	1,88
2012	1,09
2013	1,18
2014	2,09
2015	0,85
2016	0,89
2017	1,51
2018	0,75
2019	0,85
2020	1,04
2021	1,04

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en la información proporcionada por IB, EBY y ANDE.

Figura 4-23.

Uso de equipos eléctricos: consumo de SF6 recargado (toneladas), serie 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en la información proporcionada por IB, EBY y ANDE.

4.8.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Se utiliza el método de cálculo del enfoque de equilibrio de masas, por lo tanto, se supone que el consumo es igual a las emisiones.

4.8.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica flexibilidad en esta categoría.

4.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta subcategoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis.

4.8.5 AC/CC de la categoría

4.8.5.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las subcategorías y las actividades propias del equipo técnico INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad específica de esta categoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de este para la subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.

- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Valores con vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla de datos y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de mini gráficos.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente. Verificación de la documentación
- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

4.8.6 Nuevos cálculos de la categoría

Entre las mejoras realizadas en el presente INGEI, se pueden mencionar:

- Ajustes en la fracción de SF₆ utilizado por Paraguay en la ITAIPU, considerando el 100% de la energía eléctrica generada en el país.

Tabla 4-35.

Manufactura y utilización de otros productos: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	6,1	20,9	7,8	13,6	2,6	10,6	12,2		
INGEI actual	15,1	43,4	14,9	29,4	8,0	19,9	19,9	24,4	24,4
Diferencia	9,0	22,5	7,1	15,8	5,5	9,3	7,7		
Diferencia %	59,5%	51,8%	47,9%	53,7%	67,8%	46,8%	38,5%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

4.8.7 Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la categoría para los futuros inventarios:

- Realizar esfuerzo necesario para transparentar criterios y suposiciones mediante dictamen de experto de los actores involucrados (IB, EBY, ANDE).
- Establecer una mesa de trabajo con la ANDE para el ajuste anual del consumo de SF6 para toda la serie temporal.
- Releva datos del consumo de SF6 en las fases de instalación y de eliminación de equipos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Investigar uso de productos anestésicos que tienen emisiones de N₂O.
- Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de Licencias Ambientales y realización de Auditorías Ambientales.
- Alentar a las entidades proveedoras de información a implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

4.9 Otros (especificar) (CRT 2.H)

No se consideran otras fuentes de emisiones de GEI.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

5

CAPÍTULO

SECTOR AGRICULTURA Y GANADERIA



Capítulo 5. AGRICULTURA Y GANADERÍA (CRT 3)

5.1. Panorama general del sector

Este capítulo contiene la descripción metodológica, los resultados obtenidos, las mejoras realizadas y por realizar (mediante el plan de mejora continua) en la estimación de emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI): CO₂ (dióxido de carbono); CH₄ (metano) y N₂O (óxido nitroso) del Sector Agricultura y Ganadería en el Primer Informe Bienal de Transparencia (1BTR por sus siglas en inglés) de la República del Paraguay, abarcando la serie temporal 1990-2021.

Los GEI estimados provienen de las siguientes fuentes de emisión:

- CO₂, a partir de la aplicación de cal y urea que contienen carbonatos que se disuelven y liberan bicarbonato (2HCO₃⁻), CO₂ y agua (H₂O) en suelos gestionados para uso agropecuario.
- CH₄, producido en condiciones anaeróbicas durante la fermentación entérica y la gestión del estiércol del ganado, así como por el cultivo de arroz.
- N₂O, producido por emisiones directas (a partir de los procesos microbiológicos de nitrificación y desnitrificación) así como por emisiones indirectas (por volatilización y lixiviado) de las fuentes nitrogenadas de suelos gestionados para uso agropecuario (fertilizantes sintéticos, abonos orgánicos provenientes de los sistemas de gestión del estiércol del ganado y los residuos de cosecha) y de suelos no gestionados (estiércol depositado directamente por el ganado en sistemas de pastoreo).

Cabe destacar que, dando cumplimiento a las Modalidades, Procedimientos y Directrices (MPG) del Acuerdo de París todas las estimaciones de emisiones de los GEI del sector *Agricultura y Ganadería* partieron de la revisión de la Guía Metodológica del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) del 2006⁹ y, realizadas siguiendo las actualizaciones del Refinamiento 2019¹⁰.

5.1.1. Descripción del sector

En el sector *Agricultura y Ganadería*, se estiman las emisiones de GEI asociadas a las actividades agropecuarias (agrícolas y ganaderas), que poseen gran relevancia para la generación directa o indirecta del Producto Interno Bruto (PIB) y la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) nacional e internacional (de los mercados importadores), desde el punto de vista socio-económico y agroindustrial (BCP, 2020)¹¹. Dicha circunstancia nacional, se ve reflejada en el perfil de emisiones de GEI del país, así como en su vulnerabilidad climática, puesto que se evidencian periodos de gran crecimiento/retracción económica dependiendo de la severidad de eventos agroclimáticos como la sequía agrícola (CEPAL, 2022)¹².

⁹ Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

¹⁰ Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

¹¹ Disponible en: <https://repositorio.bcp.gov.py/handle/123456789/341>

¹² Disponible en:
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/7062f9f7-72e6-43dc-8588-b5b2766c0c10/content>

Con respecto a las emisiones de GEI de las actividades agropecuarias, dando cumplimiento a los principios de consistencia y exhaustividad, en la Tabla 5-1 se presenta el estado de estimación de las categorías del INGEI del reporte anterior (Cuarta Comunicación Nacional-4CN del Paraguay, 2023)¹³ y actual (1 BTR) conforme a lo solicitado a las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en el párrafo 3 de la Decisión 18/CMA. 1¹⁴.

Tabla 5-1. Lista de categorías estimadas (E), no estimadas (NE) y declaradas que no ocurren (NO) en los reportes (4CN y 1BTR) del Paraguay.

Categoría del INGEI (GEI emitido)	4CN del Paraguay	1 BTR del Paraguay
3.A. Fermentación entérica (CH ₄)	E	E
3.B. Gestión del estiércol (CH ₄ y N ₂ O)	E	E
3.C. Cultivo del arroz (CH ₄)	E	E
3.D. Suelos agrícolas	E	E
3.E. Quema prescrita de sabanas (CH ₄ y N ₂ O)	NE	NE
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo (CH ₄ y N ₂ O)	NE	NE
3.G. Encalado (CO ₂)	E	E
3.H. Aplicación de urea (CO ₂)	E	E
3.I. Otros fertilizantes que contienen carbono (CO ₂)	NO	NO

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Cada una de las categorías de emisiones de GEI (estimadas o no), serán descritas de manera detallada en las secciones correspondientes del presente capítulo. No obstante, en relación a las categorías NE de emisiones de GEI cabe ser mencionado que:

Si bien en el país ocurre la *quema de biomasa*, estando inclusive prescrita bajo ciertas condiciones habilitantes para evitar la ocurrencia de incendios rurales o forestales (Ley N° 4.014/2010¹⁵ y su Reglamentación N° 6.818/21)¹⁶, aunado al hecho de que el Instituto Forestal Nacional (INFONA) está avanzando en un Sistema de Monitoreo Satelital¹⁷ de focos de calor, fuegos activos y zonas de riesgo de incendios forestales, el país aún no cuenta con suficientes capacidades técnicas (talento humano) y tecnológicas para evaluación cartográfica retrospectiva de la superficie quemada según uso o cobertura de suelo (pastizal, humedal, área de cultivo, bosque, asentamiento etc.) para toda la serie temporal del INGEI. Por tanto, la no estimación de emisiones de GEI (CH₄ y N₂O) asociadas a las categorías: quema de sabanas y residuos agrícolas en los reportes se debe a la falta de disponibilidad de datos de actividad (DA) disgregados (superficie quemada por uso o cobertura) para toda la serie temporal, partiendo de 1990 como año base.

5.1.2. Datos del último año y tendencia del INGEI

El Capítulo del INGEI del sector *Agricultura y Ganadería* del 1BTR del Paraguay, abarca la estimación y el análisis de la tendencia de emisiones de GEI desde 1990 a 2021. Al respecto, primeramente, se presentan los resultados para el último año inventariado, 2021, cuando las emisiones sectoriales totalizaron 18.090,75 kton CO₂ eq, empleándose conforme a las MPG, los Potenciales de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés) del AR5 (Quinto Informe de Evaluación por sus siglas en inglés) del IPCC (2014)¹⁸ equivalentes a: GWP_{100años}=28 para el CH₄ y GWP_{100años}=265 para el N₂O. Este valor de emisiones de GEI del Sector Agricultura y Ganadería, representa el 50,3 % del

¹³ Disponible en:

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Cuarta%20Comunicaci%C3%B3n%20Nacional%20de%20Paraguay_UNFCCC%5B1%5D.pdf

¹⁴ Disponible en: <https://unfccc.int/resource/tet/0/00mpg.pdf>

¹⁵ Disponible en: https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/07/ley_4014_incendios.pdf

¹⁶ Disponible en: <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/9751/ley-n-6818-manejo-integral-del-fuego>

¹⁷ Disponible en: https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/07/ley_4014_incendios.pdf

¹⁸ Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

total de emisiones netas de los GEI ($\sum \text{Emisiones} - \sum \text{Absorciones} = 35.971,80 \text{ kt CO}_2 \text{ eq}$) en el año 2021, constituyéndose de acuerdo a ello en el sector de mayores emisiones de GEI (considerando el balance neto con el Sector de Uso de la Tierra, Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura-UTCUTS) y el segundo sector de mayores emisiones con 31,07% del total (58.224,50 kt CO₂ eq) sin el balance neto o las absorciones del Sector UTCUTS, debido a las circunstancias nacionales descritas en la sección anterior. De entre estos GEI, el CH₄ es el gas de mayor contribución en el total de emisiones del sector *Agricultura y Ganadería*, representando el 81,06% de los GEI emitidos en 2021 y en promedio el 84,05 % del total de emisiones anuales de GEI de la actividad agropecuaria durante la serie temporal 1990-2021.

En la Tabla 5-2 se encuentra el reporte del último año inventariado, 2021, por categorías y subcategorías de emisión del sector *Agricultura y Ganadería*, con sus respectivas emisiones estimadas de GEI para el 1BTR. Al respecto, cabe ser aclarado que, conforme a la información censal y sanitaria disponible, el Paraguay ha realizado el esfuerzo de desagregar estos valores por subcategorías ganaderas y nivel subnacional (por municipios o departamentos del país), por lo que los datos reportados en la tabla representan el total nacional, que se halla regionalizado en las hojas originales de cálculo.



Tabla 5-2.

Sector Agricultura y Ganadería: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt CO₂ eq) para el último año inventariado (2021).

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	CO ₂ DM (kt)	SO _x (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
3.	Agricultura y Ganadería	153,60	523,8	12,35	NE	NE	NE		18.090,75
3.A.	Fermentación entérica		492,6						13.793,10
3.A.1.	Vacunos		489,2						13.698,85
3.A.1.a.	Vacas lecheras		34,9						976,54
3.A.1.b.	Otros vacunos		450,9						12.625,84
3.A.2.	Ovinos		1,4						39,90
3.A.3.	Porcinos		2,0						56,57
3.A.4.	Otro ganado		3,4						94,25
3.A.4.a.	Búfalos		0,4						12,22
3.A.4.b.	Camélidos		NA						NA
3.A.4.c.	Ciervos		NA						NA
3.A.4.d.	Caprinos		0,5						14,23
3.A.4.e.	Equinos		2,3						65,00
3.A.4.f.	Mulas y asnos		0,1						2,80
3.A.4.g.	Aves de corral		NA						NA
3.A.4.h.	Otras especies		NA						NA
3.B.	Gestión del estiércol		19,1	2,1			NE		1.079,20
3.B.1.	Vacunos		18,9	0,7			NE		717,2
3.B.1.a.	Vacas lecheras		1,8	0,0			NE		49,84
3.B.1.b.	Otros vacunos		13,1	0,4			NE		473,26
3.B.2.	Ovinos		0,1	0,0			NE		2,89
3.B.3.	Porcinos		4,0	0,3			NE		191,21
3.B.4.	Otro ganado		0,2	1,3			NE		362,00
3.B.4.a.	Búfalos		0,0	0,0			NE		0,98
3.B.4.b.	Camélidos		NA	NA			NE		NA, NE
3.B.4.c.	Ciervos		NA	NA			NE		NA, NE
3.B.4.d.	Caprinos		0,1	0,0			NE		1,66
3.B.4.e.	Equinos		0,1	NA			NE		3,85
3.B.4.f.	Mulas y asnos		0,0	NA			NE		0,12
3.B.4.g.	Aves de corral		0,0	1,3			NE		355,4
3.B.4.h.	Otras especies		NA	NA			NE		NA, NE
3.C.	Cultivo del arroz		12,0				NE		336,83
3.C.1.	Irrigadas		11,6				NE		325,3



Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO _x (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
3.C.2.	Alimentadas a lluvia		0,4				NE		11,53
3.C.3.	Aguas profundas		NE				NE		NE
3.C.4.	Otros (especificar)		NA				NE		NA,NE
3.D.	Suelos agrícolas			10,3			NE		2.727,88
3.D.1.	Emisiones directas e indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas			6,8			NE		1.811,61
3.D.1.a.	Fertilizantes inorgánicos			2,5			NE		672,79
3.D.1.b.	Fertilizantes orgánicos			IE (3.B.b)			NE		IE (3.B.b)
3.D.1.c.	Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo			0,2			NE		62,87
3.D.1.d.	Residuos de cosechas			4,1			NE		1.075,96
3.D.1.e.	Mineralización de la materia orgánica del suelo			NE			NE		NE
3.D.1.f.	Cultivo de suelos orgánicos (histosoles)			NO			NE		NO
3.D.1.g.	Otros (especificar)			NA			NE		NA
3.D.2.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas			3,5			NE		916,26
3.D.2.a.	Deposición atmosférica			1,4			NE		363,67
3.D.2.b.	Lixiviación y escurrimiento			2,1			NE		552,59
3.E.	Quema prescrita de sabanas		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.F.1.	Cereales		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.F.2.	Legumbres		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.F.3.	Tubérculos y raíces		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.F.4.	Caña de azúcar		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.F.3.	Otros (especificar)		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.G.	Encalado	133,53							133,53
3.G.1.	Caliza	NE							NE
3.G.2.	Dolomita	133,53							133,53
3.H.	Aplicación de urea	20,07							20,07
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO							NO
3.J.	Otros (especificar)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Referencias: NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre; GWP100años=28 p/ el CH₄ y 265 p/ el N₂O según AR5 del IPCC (2014).

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Tabla 3** de las **Tablas Comunes de Reporte (CRT)** por sus siglas en inglés).

En la Tabla 5-3 se observa que, desde 1990 a 2021, las emisiones se han incrementado en general 70,30%, debido principalmente al aumento de los datos de actividad (DA) de las categorías agropecuarias (ej. cabezas de ganado, superficies y rendimientos agrícolas etc.). No obstante, el rango de variación por categorías del INGEI es muy amplio (+50 a +100.250% para las categorías de fermentación entérica y aplicación de urea, respectivamente). Al respecto, puede notarse que todas las categorías estimadas del INGEI han presentado aumento del porcentaje de emisiones (valor de variación positivo entre año final e inicial). Por otro lado, si bien el aumento en 2021 del porcentaje de emisiones de GEI con relación a 1990 guarda relación con el auge de la actividad agropecuaria del país, debe destacarse que, los valores de algunas categorías como la fermentación entérica, denotan también un aumento de la eficiencia productiva puesto que para casi la duplicación del hato bovino nacional ($\approx 7,7$ millones en 1990 a $\approx 13,9$ millones de cabezas en 2021) las emisiones sólo han aumentado un 50%.

Ahora bien, las categorías con mayor porcentaje de incremento de emisiones de los GEI entre el año inicial y el final representan aquellas relacionadas con el uso de insumos agrícolas (cal y urea). Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, a pesar de que las estimaciones para estas categorías están basadas en registros oficiales de la balanza comercial de estos productos, existe incertidumbre respecto a los valores representativos de uso en campo, por lo que se recomienda fortalecer las capacidades nacionales a partir de un diseño muestral geoestadístico para estimar valores a partir de la triangulación de datos.

Además de los valores anuales observados en la Tabla 5-3 para construcción de la tendencia, puede notarse que, exceptuando reducciones puntuales en los años 1991, 2006 y 2011 la tendencia de emisiones de los GEI es creciente y que en el quinquenio 2005-2010 se dieron grandes incrementos de emisiones de los GEI pasando de 12.331,79 a 16.216,71 kt CO₂ eq en esos años; para superar las 19.000 k ton CO₂ eq en 2019 y 2020, descendiendo luego a 18.090,75 kt CO₂ eq en 2021 nuevamente. Entre los posibles factores coyunturales causantes de esta disminución de emisiones de GEI al último año del INGEI se encuentran la reducción de la importación de N-fertilizantes debido al incremento de costos asociado al inicio del conflicto bélico entre Ucrania y Rusia (mayor proveedor de estos insumos) y la tendencia decreciente del hato bovino nacional debido a limitados incentivos monetarios y problemas agroclimáticos recurrentes como la sequía.

Tabla 5-3.

Sector Agricultura y Ganadería: total de emisiones de GEI por categorías estimadas durante la serie temporal del INGEI del 1 BTR (kt CO₂ eq).

Categoría/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Variación (%)
3.A. Fermentación entérica	9.206,32	10.215,55	10.214,89	10.087,19	12.522,31	14.022,24	13.791,47	13.760,22	13.793,10	+50
3.B. Gestión del estiércol	486,21	551,01	589,05	626,85	855,41	996,29	1.082,53	1.118,69	1.079,20	+122
3.C. Cultivo del arroz	30,56	41,12	51,30	74,59	128,45	209,60	288,68	285,44	336,85	+1.002
3.D. Suelos agrícolas	899,40	1.166,58	1.309,09	1.511,97	2.628,35	3.284,96	4.144,86	4.071,65	2.727,88	+203
3.G. Encalado	0,20	0,61	1,86	26,25	67,31	78,97	76,12	120,49	133,53	+66.665
3.H. Aplicación de urea	0,02	0,05	0,83	4,95	14,88	31,47	37,14	29,19	20,07	+100.250
Total	10.622,69	11.974,92	12.167,01	12.331,79	16.216,71	18.633,43	19.420,79	19.385,69	18.090,75	+70,30

Referencia: Var. (%) entre año final (2021) e inicial (1990) del INGEI.

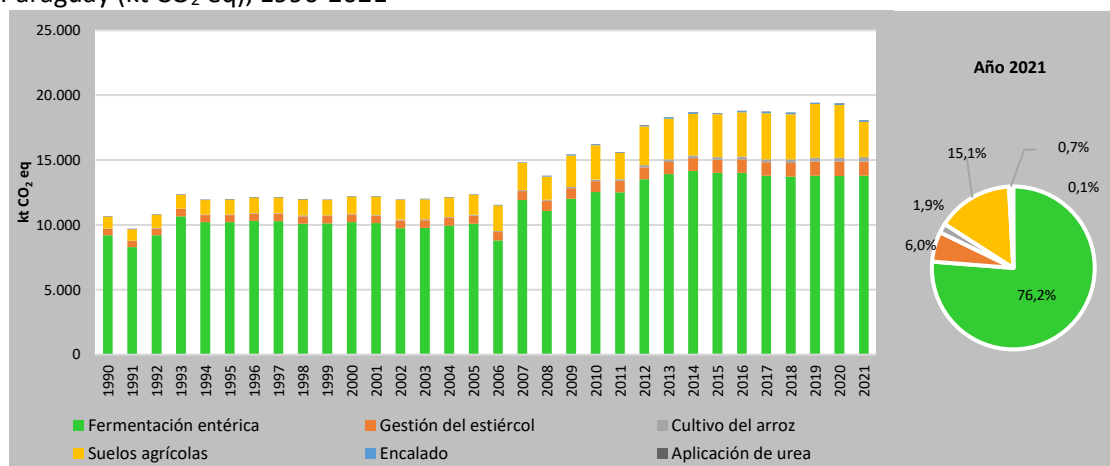
Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Tabla 10s1** de las **Tablas Comunes de Reporte (CRT)** por sus siglas en inglés).

La tendencia de emisiones por categorías estimadas del INGEI del sector *Agricultura y Ganadería* considerando los datos de la Tabla 5-3., se presentan en el Anexo V.III (Figuras 5-1.A a 5-1.F).

En la Figura 5-1 se presenta el gráfico de tendencia (izquierda) para toda la serie temporal (1990-2021) y el último año del INGEI (2021) del 1 BTR del Paraguay (derecha). En la misma se observa que las categorías fermentación entérica del ganado y suelos agrícolas representaron las principales categorías de emisión del Sector Agricultura y Ganadería. Particularmente en el año 2021, estas categorías contabilizan 91,32% de las emisiones sectoriales de los GEI (76,24% a partir de la fermentación entérica y 15,08% de los suelos de uso agropecuario). Las demás categorías del INGEI, si bien presentan aumentos de DA y emisiones de GEI respecto al año base (1990), en 2021 representaron poco menos del 9% de las emisiones de GEI del sector.

Figura 5-1.

Sector Agricultura y Ganadería: total de GEI por categoría estimada en INGEI del 1BTR del Paraguay (kt CO₂ eq, 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Seguidamente, en la tabla 5.4 y la figura 5.2 se presentan los resultados de emisiones por tipo de GEI (CO₂, CH₄ y N₂O) del sector *Agricultura y Ganadería*, mencionándose que ni la cantidad de gases precursores (NO_x, CO, COVDM y SO_x) ni de otras sustancias que inciden en el clima (carbono negro, ozono troposférico, material particulado, contaminantes climáticos de vida corta etc.) han sido determinadas debido al limitado periodo de tiempo disponible para preparación del 1BTR del Paraguay.

En la tabla 5.4. se observa que desde el año base (1990) al último año inventariado (2021), los GEI emitidos experimentaron en conjunto un crecimiento de 70,30 % (valor de variación positivo entre año final e inicial). De entre éstos GEI, el gas con mayor incremento entre esos años fue el CO₂ (+69.723%) seguido del N₂O (+222%) debido al auge de la actividad agrícola en el país. Así también los GEI representaron en promedio: 0,32% (CO₂), 84,05% (CH₄) y 15,62% (N₂O) de los GEI emitidos durante toda la serie temporal y conforme a la figura 5.2. el 0,84% (CO₂), 81,06% (CH₄) y 18,08 % (N₂O) al 2021, respectivamente.

Tabla 5-4.

Sector Agricultura y Ganadería: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq).

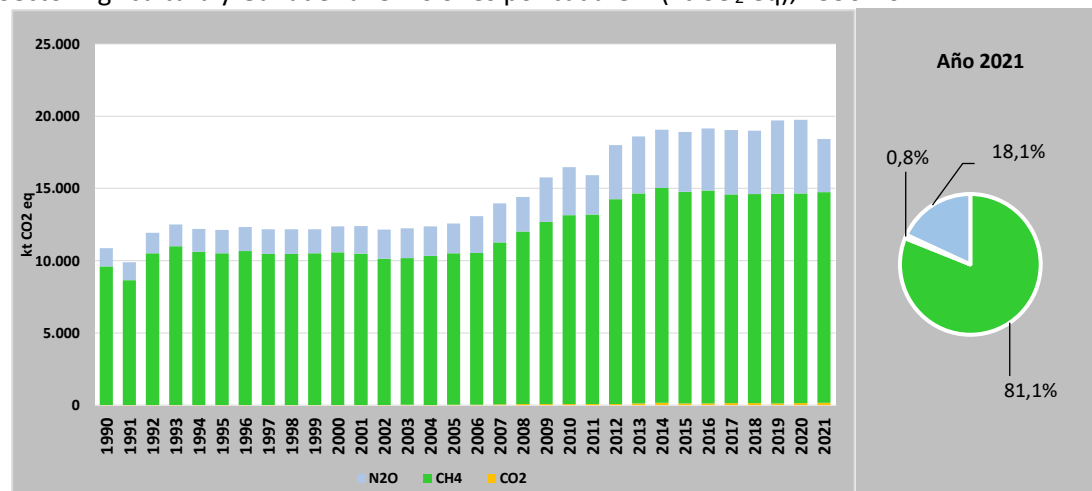
GEI/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Variación (%)
CO ₂	0,22	0,66	2,69	31,20	82,19	110,44	113,25	149,68	153,61	+69.723
CH ₄	9.605,85	10.650,80	10.657,51	10.541,98	13.173,56	14.799,21	14.649,59	14.619,40	14.665,06	+53
N ₂ O	1.016,62	1.323,45	1.506,80	1.758,61	2.960,96	2.723,77	4.657,93	4.616,60	3.272,05	+222
Total	10.622,69	11.974,92	12.167,01	12.331,79	16.216,71	18.633,43	19.420,79	19.385,69	18.090,75	+70,30

Referencia: Var. (%) entre año final (2021) e inicial (1990) del INGEI; las fuentes de emisión de CH₄ incluyen las categorías: fermentación entérica y gestión del estiércol del ganado, además del cultivo de arroz; las fuentes de N₂O son la gestión del estiércol y los inputs nitrogenados aplicados a los suelos agrícolas, y las fuentes de CO₂ el encalado y la aplicación de urea.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Figura 5-2.

Sector Agricultura y Ganadería: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

5.1.3. Comparación de resultados con los reportes anteriores

Los resultados de emisiones de los GEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR presentaron una disminución significativa y acentuada en los últimos años de la serie temporal del INGEI con respecto a los reportes anteriores: 3IBA (Tercer Informe Bienal de Actualización, 2021)¹⁹ y la 4CN (2023)²⁰. Siendo los mismos DA y Factores de Emisión (FE) utilizados para las categorías de emisión de CO₂ (cal agrícola y urea); y menores las diferencias observadas para las categorías de suelos agrícolas, cultivo de arroz y gestión de estiércol del ganado, la reducción sustancial se debe principalmente a las mejoras metodológicas realizadas en la categoría fermentación entérica del ganado, conforme a la información censal y sanitaria disponible.

Como se observa en la tabla 5.5, las diferencias en el total de emisiones del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR oscilan entre 3.551,36 a 6.220,36 kt CO₂ eq con respecto a los reportes anteriores, representando variaciones que inciden en la tendencia y las categorías principales del INGEI del 1BTR del Paraguay, considerando tanto los valores totales con el Sector de UTCUTS como los totales sin dicho sector conforme a lo solicitado en las MPG del Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París.

¹⁹ Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/IBA3_MADES_pliegos.pdf

²⁰ Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Cuarta%20Comunicaci%C3%B3n%20Nacional%20de%20Paraguay_UNFCCC%5B1%5D.pdf

Tabla 5-5.

Sector Agricultura y Ganadería: comparación de emisiones de GEI por reportes del país (kt CO₂ eq).

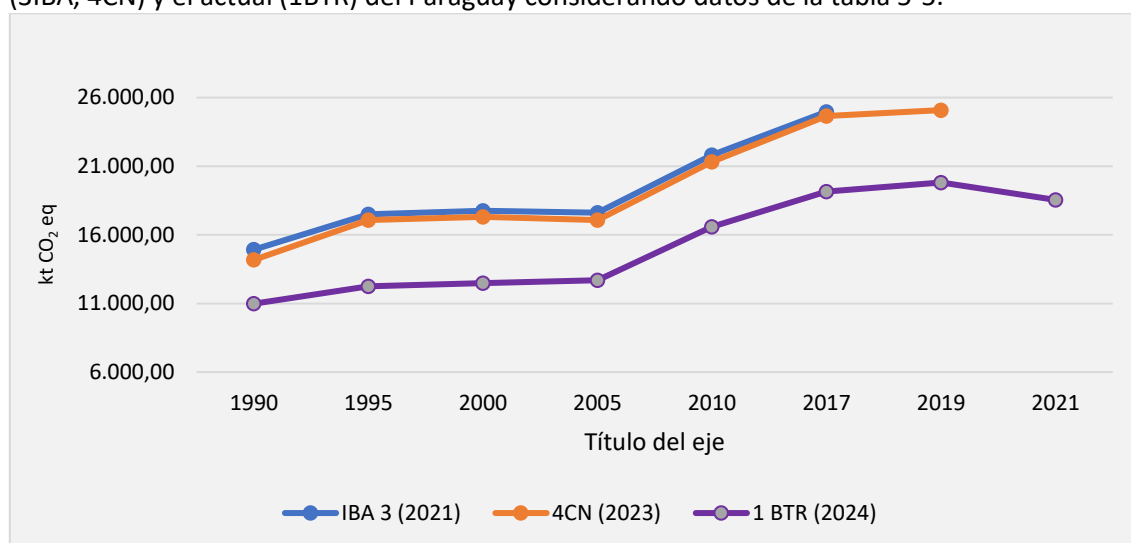
Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
3 IBA	14.921,88	17.491,51	17.743,87	17.622,66	21.822,85	24.971,10		
4 CN	14.174,06	17.080,30	17.298,62	17.074,38	21.329,79	24.647,67	25.086,25	
1 BTR	10.622,69	11.974,92	12.167,01	12.331,79	16.216,71	18.750,74	19.420,79	18.090,75
Δ 3IBA-1BTR	-4.299,19	-5.516,59	-5.576,86	-5.290,87	-5.606,14	-6.220,36	n/a	n/a
Δ 4CN-1BTR	-3.551,36	-5.105,38	-5.131,61	-4.742,58	-5.113,08	-5.896,94	-5.665,46	n/a

Referencia: Series temporales del 3IBA (1990-2017, año de reporte: 2021); 4CN (1990-2019, año de reporte: 2023) y 1BTR (1990-2021, año de reporte: 2024).

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Figura 5-3.

Sector Agricultura: comparación de emisiones de GEI (kt CO₂ eq) entre los reportes anteriores (3IBA, 4CN) y el actual (1BTR) del Paraguay considerando datos de la tabla 5-5.



Referencia: GWP_{100años} utilizado en el 3IBA (AR2 del IPCC, 1995 con valor de conversión a CO₂ eq=21 para el CH₄ y 310 para el N₂O; conforme a la Decisión 17.CMA.2) y en la 4CN y 1BTR (AR5 del IPCC, 2014 con valor de conversión a CO₂ eq=28 para el CH₄ y 265 para el N₂O; conforme a las MPG).

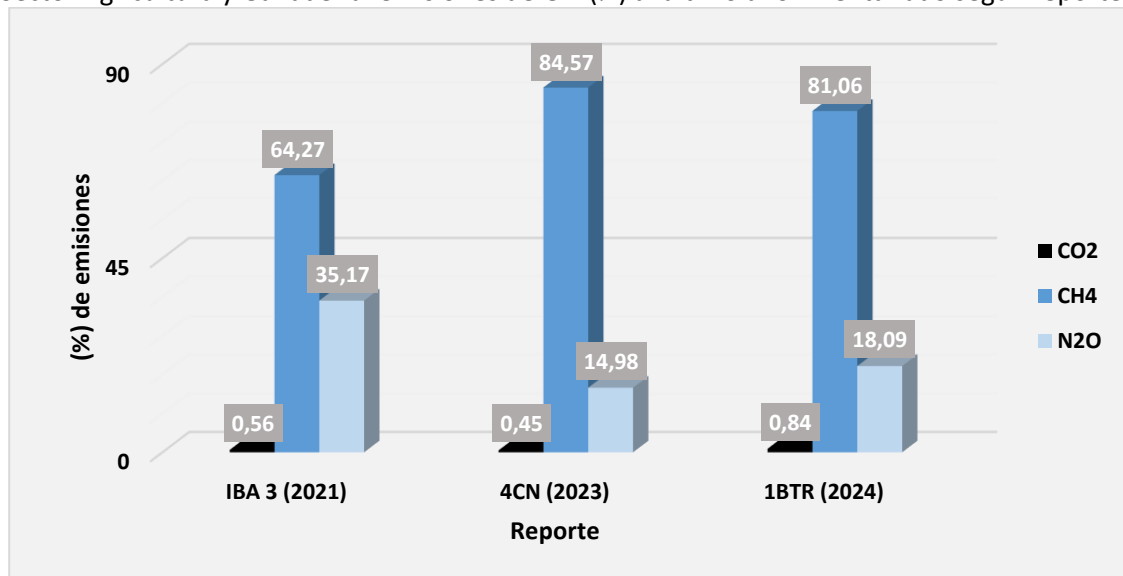
Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Por otro lado, si bien se mantiene la tendencia de emisiones por tipo de GEI, siendo en secuencia ordinal, predominante el gas CH₄ seguido del N₂O y el CO₂ durante la serie temporal de todos los reportes, se observan variaciones significativas en la participación de estos GEI en algunos años particulares de la serie temporal. Así, tomando como ejemplo los años finales de los distintos reportes del país, en la Figura 5-4 se observa que si bien las emisiones de CO₂ representan consistentemente en promedio <1% de los GEI emitidos al año, son amplios los rangos de variación porcentual de emisiones para el CH₄ (64,27-84,57%) y el N₂O (14,98-35,17%) según los reportes, pudiendo guardar relación con los valores de GWP a 100 años utilizados para los mismos (mayor para el CH₄ y menor para el N₂O en la 4CN y el 1BTR conforme al AR5 del IPCC, 2014 en comparación a los valores del AR2, 1995²¹ utilizados para el 3IBA). Al respecto, cabe ser mencionado que, adicionalmente a la utilización del GWP_{100 años} indicado por las MPG, tanto en la 4CN como en el 1BTR del Paraguay, fue utilizado el Potencial de Temperatura Global (GTP por sus siglas en inglés) según el AR5 del IPCC (2014) con valor=4 para el CH₄ y 234 para el N₂O, presentándose los resultados comparativos en el Anexo V.III del DIN.

²¹ Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_1_full_report.pdf

Figura 5-4.

Sector Agricultura y Ganadería: emisiones de GEI (%) al último año inventariado según reporte



Referencia: último año inventariado (2017 para el IBA3; 2019 para la 4CN y 2021 para el 1 BTR del Paraguay).

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

5.1.4. Aspectos metodológicos generales del sector

Para la determinación de las emisiones de GEI se utilizaron casi en su totalidad las ecuaciones y los parámetros indicados en el Refinamiento 2019 y en casos de falta de refinamientos y limitaciones puntuales en la disponibilidad de factores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

A los fines de transparencia, en cuanto a los **DA del sector Agricultura y Ganadería**, que serán detallados para cada categoría del INGEI en particular, cabe ser destacado que los datos se obtuvieron íntegramente a partir de los registros y estadísticas oficiales provenientes del **sector público**. Así también, los datos productivos fueron recopilados a partir de consultas al **sector privado** (ver listado de instituciones colaboradoras en la sección de los arreglos institucionales) a fin de establecer un proceso participativo y transparente en la construcción del INGEI del 1BTR del Paraguay. Por ende, las estadísticas recopiladas a nivel internacional (ej. FAOSTAT, Gridded Livestock of the World-GLW etc.) no fueron prescindidas para ninguna categoría de este reporte nacional.

Con respecto a los **FE generados**, en cumplimiento del **principio de precisión** de los INGEI, el Paraguay ha realizado el esfuerzo de adoptar niveles metodológicos mejorados (Tier 1a) o superiores (T2) de cálculo, incluso a nivel subnacional para la fermentación entérica como categoría principal del INGEI de los reportes. En cuanto a otras categorías principales de los reportes anteriores: suelos agrícolas y cultivo de arroz, al igual que para el encalado y la aplicación de urea, no ha sido posible realizar potenciales mejoras en las estimaciones de sus emisiones de GEI en el corto plazo de preparación del 1BTR del país, por lo que sus estimaciones persistieron en tier 1, incluyéndose recomendaciones técnicas en la sección de sus respectivos planes de mejora.

En la tabla 5.6 se presenta el resumen de los métodos aplicados para la generación de los FE de las categorías del INGEI del 1BTR del Paraguay, utilizándose las ecuaciones y los parámetros sugeridos en el Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006, salvo casos puntuales a ser indicados en las categorías correspondientes del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería. En la tabla se puede apreciar que de acuerdo a la desagregación de datos disponibles

a nivel nacional (subcategorías etarias, propósito, parámetros zootécnicos y caracterización de sistemas de gestión del estiércol), las estimaciones de emisiones de CH₄ provenientes de la fermentación entérica y la gestión del estiércol del ganado rumiante se realizaron en un nivel metodológico T1/T2, mientras que: las emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol de las especies no rumiantes y el cultivo de arroz, las estimaciones de emisiones de CO₂ y las estimaciones directas e indirectas de N₂O provenientes de la gestión del estiércol del ganado así como de aquellas fuentes nitrogenadas vinculadas a las actividades agrícolas fueron estimadas en T1 debido a la limitación de datos desagregados a nivel nacional (emisiones a partir de caracterizaciones edafoclimáticas, N-digerido por el ganado, etc.)

Tabla 5-6.

Sector Agricultura y Ganadería: resumen de métodos aplicados por categoría para estimación de los FE del INGEI del 1BTR del Paraguay.

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.	Agricultura y Ganadería	T1, NE, NO	D, NO	T2, T1a, NO, NA, NE	D, PE	T1, NO, NA, NE	D, NE, NA
3.A.	Fermentación entérica			T2, T1, NO, NA	PE		
3.B.	Gestión del estiércol			T2, T1, NO, NA	PE	T1, NE, NO, NA	D
3.C.	Cultivo del arroz			T1, NO	D		
3.D.	Suelos agrícolas					T1, NE, NO, NA	D
3.E.	Quema prescrita de sabanas			NE	NE	NE	NE
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo			NE	NE	NE	NE
3.G.	Encalado	T1, NE	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

Referencia: T1/T2 (tier 1 o 2); a (mejorado), D (Defecto); PE (País específico), NE (no estimado); NO (no ocurre).

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

A continuación, se detallan las seis categorías estimadas (fermentación entérica, gestión del estiércol del ganado, cultivo de arroz, suelos agrícolas, encalado y aplicación de urea) en el INGEI del 1 BTR del Paraguay. Así también, para éstas y otras categorías no estimadas (quema prescrita de sabanas y residuos agrícolas en el campo) se presentan recomendaciones técnicas como parte del Plan de Mejora Continua de los reportes nacionales.

5.2. Fermentación entérica (CRT 3.A)

5.2.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Históricamente, la fermentación entérica ha representado en torno a 1/3 del total de las emisiones nacionales en términos de kt CO₂ eq, constituyendo tras los cambios de uso de suelo, la categoría principal de mayor contribución porcentual a las emisiones de GEI en los reportados del Paraguay. Además, esta categoría aporta la mayor proporción de CH₄ que es el principal GEI del Sector Agricultura y Ganadería, lo cual guarda relación con la actividad del microbiota (principalmente de las archeas metanogénicas) y el metabolismo energético, en el proceso de digestión alimenticia para aprovechamiento de nutrientes (principalmente de los carbohidratos complejos o fibrosos) en las distintas especies animales.

Este proceso de aprovechamiento de nutrientes, que genera CH₄ como subproducto de la fermentación, es mayor en los rumiantes domésticos (p. ej., bovinos, búfalos, ovinos y caprinos, camélidos) o silvestres (p.ej., cérvidos y otros), en comparación a las especies monogástricas o no rumiantes. No obstante, al igual que para la especie humana, la actividad cecal es una fuente

metanogénica importante en las especies monogástricas (p.ej., equinos y cerdos) análogamente al comportamiento ruminal (cámara fermentativa). En todos los casos, la producción de CH₄ es especialmente considerada una vía adaptativa para el aprovechamiento eficiente de los carbohidratos fibrosos (Clauss *et al.*, 2010)²² al actuar como una vía aceptora de H⁺ sin la cual los animales podrían experimentar acidosis metabólica y riesgo de mortandad.

Además, debe destacarse que la proporción de Energía Bruta (EB) perdida como CH₄ (valor del parámetro Y_m) oscila entre 2-12% (Johnson y Johnson, 1995)²³, por lo que la emisión de CH₄ no sólo conlleva una connotación ambiental sino de eficiencia productiva ya que los animales más eficientes, poseen menores FE destinando mayor proporción de la EB ingerida diariamente para sus funciones fisiológicas incluyendo la ganancia de peso, la producción de leche o de lana y la reproducción.

En el caso nacional, la estimación anual del CH₄ proveniente de la fermentación entérica del ganado del 1BTR, se realizó considerando los principales rubros pecuarios del país, que afortunadamente cuentan con datos históricos para la mayor parte de la serie temporal 1990-2021 (recurriéndose a las técnicas de empalme recomendadas por el IPCC sólo en los casos necesarios)²⁴. Además, como ha sido mencionado, conforme a la información censal y sanitaria disponible, el Paraguay ha realizado el esfuerzo de desagregación de datos para el cálculo de emisiones de categorías del INGEI relacionadas a la ganadería: fermentación entérica, gestión del estiércol y emisiones del ganado en suelos gestionados. Dicha desagregación fue realizada por subcategorías, etapas fisiológicas y subregiones geográficas (municipios/departamentos) para toda la serie temporal del INGEI, considerando que estos parámetros constituyen factores de variación sobre los FE del INGEI. Así, las desagregaciones realizadas para las especies domésticas se presentan en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7.

Fermentación entérica del ganado: subcategorías animales consideradas para la estimación de emisiones de CH₄ en el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR.

Especie	Categoría animal del IPCC	Subcategorías para el 1 BTR del Paraguay
Bovina	Vacas lecheras de alta y baja producción.	Vacas de alta producción (2): Vacas en ordeño no/preñadas (subtipos 3 y 4) en algunos municipios y años de la serie temporal. Vacas de baja producción (2): Vacas secas no/preñadas (subtipos 1 y 2). El cálculo para esta subcategoría además se llevó a cabo por municipios del país (258) para evitar el sesgo asociado a la producción diaria de leche y los FE generados. Tipo de FE: dinámico en el tiempo con corrección por temperatura p/ fermentación entérica.
	Bovinos no lecheros	Vacas de carne (4): vacas en lactancia no/preñadas; vacas secas no/preñadas. Vaquillas (2): no/preñadas. Novillos. Toros. Bueyes. Desmamantes (2): machos y hembras. Terneros/as. El cálculo para esta subcategoría además se llevó a cabo por departamentos del país (17) para evitar el sesgo asociado a la generalización de parámetros y los FE generados. Tipo de FE: dinámico en el tiempo con corrección por temperatura p/ fermentación entérica.
Bubalina	General	Búfalas (4): lecheras no/preñadas; no lecheras no/preñadas. Butoros. Buvillos. Buquillas. Desmamantes (2): machos y hembras. Bucerros/as. Tipo de FE: fijo p/ fermentación entérica y demás categorías del INGEI.
Ovina	Alta y Baja producción.	Machos y hembras mayores de 1 año (4): no/laneras. Machos y hembras menores de un año (2). Tipo de FE: fijo p/ fermentación entérica y demás categorías.
Caprina	Alta y baja producción.	Machos mayores de 1 año (1). Hembras mayores de 1 año (4): lecheras no/preñadas; no lecheras no/preñadas.

²²Disponible en:

<https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/abs/evolutionary-adaptations-of-ruminants-and-their-potential-relevance-for-modern-production-systems/D12EF9D4AF3A8B0F26DED6689BCA43D3>

²³ Disponible en: <https://academic.oup.com/jas/article/73/8/2483/4632901>

²⁴ Disponible en:

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/1_Volume1/19R_V1_Ch05_Timeseries.pdf

		Machos y hembras menores de un año (2). Tipo de FE: fijo p/ fermentación entérica y demás categorías.
Porcina	Alta y baja producción.	Animales de cría (baja producción) (2): Marranas y Verracos. Animales p/ carne (alta producción) (2): Recría y engorde, lechones. Tipo de FE: mejorado por peso metabólico p/ fermentación entérica.
Equina	General	Machos adultos (1): padrillos o castrados. Yegua (1). Potros (1): Potrancas (1). Potrillos (1). Tipo de FE: mejorado por peso metabólico p/ fermentación entérica.
Asnos y Mulas	General	Machos adultos (1): asnos o burdéganos. Burra o burdégana (1). Recría macho (1): Recría hembra (1). Burritos o burdeganitos/as (1). Tipo de FE: mejorado por peso metabólico p/ fermentación entérica.
Avícola	Productoras de carne corral (parrilleros) y de (ponedoras).	No aplica, puesto que las Guías Metodológicas del IPCC no proporcionan orientaciones para su estimación.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Si bien en las hojas originales de cálculo del 1BTR, para la serie temporal 1990-2021 se encuentran disponibles las estimaciones de emisiones de CH₄ entérico para cada una de estas subcategorías animales a nivel subregional (por 258 municipios para el caso de vacas lecheras y 17 departamentos geopolíticos en caso de las demás subcategorías), a los fines didácticos del presente DIN los valores de tendencia y del último año inventariado se presentan de manera agregada a nivel nacional con plausibles leves diferencias numéricas por mayor número de posiciones decimales utilizadas en las plantillas de cálculo en comparación a este informe.

La ganadería nacional ha experimentado notable desarrollo y concomitante incremento de sus emisiones de CH₄ durante la serie temporal del INGEI del 1 BTR. La ganadería bovina de carne (bovinos no lecheros) representa el principal rubro en términos de DA, siendo el principal driver para las emisiones de CH₄ provenientes de la fermentación entérica a nivel nacional. No obstante, comparando las emisiones del año base (1990) con las del último año inventariado (2021), el ganado bubalino muestra los mayores crecimientos en términos porcentuales (+209,36%), seguido en segundo lugar por el ganado porcino (+133,37%). Así también se observa que determinados subtipos de ganado lechero, novillos, bueyes y todas las subcategorías animales de las especies caprina, equina y asnar presentaron reducción de sus emisiones de CH₄ al año final en comparación a sus emisiones iniciales, lo cual se debe a la reducción de sus DA, a diferencia de la tendencia creciente de emisiones observada para las demás subcategorías o especies en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8.

Fermentación entérica del ganado: total de CH₄ emitido por subcategoría animal (kt CO₂ eq).

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Variación (%)
Bovinos lecheros (B.L)										
VL-Subtipo 1	129,91	92,18	93,04	98,14	72,44	82,30	84,38	82,74	81,21	-37,48
VL-Subtipo 2	61,09	45,29	40,34	44,01	58,72	78,38	78,14	76,43	81,61	+33,58
VL-Subtipo 3	696,14	577,14	444,59	362,98	550,55	452,95	462,76	449,62	428,40	-38,46
VL-Subtipo 4	316,78	279,73	216,51	165,54	422,49	449,72	385,88	374,18	385,32	+21,63
Subtotal	1.203,92	994,33	794,89	670,68	1.104,20	1.072,34	1.011,15	982,96	976,54	-18,88
Bovinos no lecheros (B.NL)										
Terneros/as	404,89	418,81	445,28	453,35	690,34	760,44	786,76	829,69	863,52	+213,27
Desmamantes machos	250,10	337,84	355,54	280,09	358,99	516,24	456,37	452,48	476,76	+190,62
Desmamantes hembras	340,64	459,60	381,91	307,07	393,57	565,96	500,32	496,06	522,68	+153,44
Novillos	977,91	1301,82	1075,34	1097,04	1947,44	1543,62	1105,52	1008,51	921,58	-5,76
Vaquillas no preñadas	704,77	981,26	1027,19	995,80	910,40	1054,28	1011,95	958,19	987,84	+40,16
Vaquillas preñadas	448,33	575,98	611,66	570,58	870,73	1037,74	1100,34	1139,37	1119,57	+249,72
Toros	503,78	517,51	552,76	560,70	601,42	1160,56	1526,28	1548,00	1536,10	+304,91
Bueyes	58,52	77,82	83,01	84,65	115,34	102,08	64,16	57,78	51,74	-11,58
Vacas NL subtipo 1	463,00	513,51	554,30	575,57	500,84	564,76	545,15	522,13	539,47	+16,51
Vacas NL subtipo 2	2124,15	2254,38	2415,88	2525,16	2187,19	2485,36	2385,69	2292,98	2358,04	+11,01
Vacas NL subtipo 3	283,12	291,51	318,52	326,34	486,61	538,17	565,14	594,33	590,66	+208,60
Vacas NL subtipo 4	1265,84	1317,46	1428,20	1474,07	2186,08	2439,65	2546,07	2689,27	2657,88	+209,96
Subtotal	7.825,05	9.047,50	9.249,58	9.250,40	11.248,95	12.768,87	12.593,76	12.588,79	12.625,84	+61,35
Bubalinos (B)										

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Variación (%)
Bucerros/as	0,19	0,22	0,22	0,23	0,28	0,58	0,53	0,66	0,79	+415,78
Desmamantes machos	0,32	0,38	0,38	0,39	0,48	0,95	0,69	0,63	0,89	+278,13
Desmamantes hembras	0,29	0,34	0,34	0,35	0,43	0,79	0,57	0,60	0,79	+272,41
Buquillas no preñadas	0,55	0,65	0,64	0,66	0,81	1,42	1,65	1,41	1,48	+269,09
Buquillas preñadas	0,13	0,15	0,15	0,16	0,19	0,33	0,44	0,43	0,48	+369,23
Buvillos	0,21	0,25	0,25	0,22	0,31	0,72	0,39	0,52	0,80	+380,95
Butoros	0,79	0,93	0,93	0,96	1,17	1,87	2,78	2,79	2,31	+292,40
Búfalas subtipo 1 y 2	0,61	0,72	0,71	0,71	0,74	0,90	1,55	1,77	1,93	+316,39
Búfalas subtipo 3 y 4	0,87	1,03	1,02	1,06	1,29	2,45	2,22	2,54	2,76	+317,24
Subtotal	3,95	4,67	4,64	4,77	5,87	10,82	10,82	11,35	12,22	+209,36
Ovinos (O)										
Corderas/Borregas	7,63	7,24	6,84	6,44	6,52	7,34	7,99	8,15	8,31	+8,91
Corderos/Borregos	6,73	6,38	6,04	5,69	5,78	6,51	7,09	7,24	7,39	+9,80
Machos subtipo 1	3,24	3,07	2,91	2,74	2,79	3,14	3,42	3,49	3,56	+9,87
Machos subtipo 2	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	00,00
Ovejas subtipo 1 y 2	11,70	10,97	10,25	9,53	9,51	10,54	11,37	11,58	11,79	+0,77
Ovejas subtipo 3 y 4	6,59	6,23	5,87	5,50	5,55	6,23	6,77	6,90	7,04	+6,82
Subtotal	37,71	35,72	33,72	31,72	31,97	35,58	38,46	39,18	39,90	+5,80
Caprinos (C)										
Cabritas	2,70	2,59	2,46	2,33	2,41	2,47	2,52	2,53	2,54	-5,92
Cabritos	2,59	2,45	2,30	2,15	2,20	2,23	2,25	2,26	2,27	-12,35
Machos adultos	1,82	1,76	1,69	1,63	1,62	1,65	1,67	1,68	1,69	-7,14
Cabras subtipo 1 y 2	1,10	1,05	1,01	0,97	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	-18,18
Cabras subtipo 3 y 4	8,60	8,03	7,42	6,81	6,87	6,85	6,84	6,84	6,83	-20,58
Subtotal	16,81	15,88	14,88	13,88	14,01	14,11	14,19	14,21	14,23	-15,34
Porcinos (P)										
Lechones	1,95	2,00	2,05	2,10	2,30	2,72	3,06	3,15	3,23	+65,64
Recría y engorde	7,66	8,31	8,95	9,59	11,07	13,72	15,83	16,36	16,89	+220,49
Marranas	9,43	10,68	11,94	13,19	15,24	18,49	21,09	21,74	22,39	+237,44
Machos adultos	5,20	5,24	5,27	5,31	7,64	10,55	12,89	13,47	14,05	+270,19
Subtotal	24,24	26,22	28,20	30,18	36,25	45,49	52,88	54,72	56,57	+133,37
Equinos (E)										
Potrillos	4,34	4,19	4,05	3,91	3,71	3,43	3,20	3,15	3,09	-28,80
Potros	7,74	7,48	7,23	6,97	6,62	6,12	5,72	5,62	5,52	-28,68
Potrancas	6,07	5,86	5,66	5,42	5,19	4,79	4,48	4,40	4,32	-28,83
Yeguas	31,92	30,85	29,80	28,75	27,29	25,23	23,57	23,16	22,75	-9,27
Machos adultos	41,14	39,77	38,41	37,05	35,17	32,51	30,38	29,85	29,32	-28,73
Subtotal	91,20	88,16	85,15	82,14	77,98	72,08	67,36	66,18	65,00	-28,72
Asnos y mulas (AyM)										
Burritos/as	0,16	0,15	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	-37,50
Recría hembra	0,33	0,29	0,26	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	-39,39
Recría macho	0,27	0,25	0,22	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	-37,03
Burros o burdéganas	1,14	1,03	0,91	0,80	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	-38,59
Burros o burdéganos	1,52	1,37	1,21	1,06	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	-38,81
Subtotal	3,43	3,08	2,74	2,38	2,16	2,13	2,11	2,11	2,10	-38,77
Total General	9.206,3	10.215,5	10.214,9	10.087,2	12.522,3	14.022,2	13.791,5	13.760,2	13.793,1	+49,82

Referencias:

- Vacas lecheras (subtipo 1=secas o sin ordeño y no preñadas; subtipo 2=secas o sin ordeño y preñadas; subtipo 3=en ordeño o producción de leche y no preñadas; subtipo 4=en ordeño o producción de leche y preñadas). La desagregación a nivel de municipios (258) fue posible gracias a los datos censales (1991, 2008 y 2022) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la anual relación ternero/vaca del Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal (SENACSA). Además, la corrección de EN_{mantenimiento} para los meses invernales se realizó con datos de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH) dependiente de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC).
- Bovinos no lecheros: terneros/as (animales neonatos hasta los 6 meses de edad); desmamantes machos y hembras (animales de recría tras los 6 meses de edad); novillos (animales orquiectomizados para engorde a partir de ≈18 meses de edad); vaquillas (hembras generalmente de reposición de ≈18 meses de edad); toros (animales adultos para reproducción); buyes (animales orquiectomizados generalmente para trabajos de fuerza); vacas (hembras adultas generalmente para reproducción: subtipo 1=no preñadas sin cría al pie; subtipo 2=no preñadas con cría al pie; subtipo 3=preñadas sin cría al pie; subtipo 4=preñadas con cría al pie). La desagregación a nivel de departamentos (17) fue posible gracias a los datos censales (1991, 2008 y 2022) del MAG y la anual relación ternero/vaca del SENACSA. Además, la corrección de EN_{mantenimiento} para los meses invernales se realizó con datos de la DMH/DINAC.
- Búfalas: lecheras (subtipo 1 y 2=no/preñadas) y no lecheras (subtipo 3 y 4=no/preñadas). La desagregación a nivel de departamentos (17) fue posible gracias a los datos y la anual relación ternero/vaca del SENACSA. Otras categorías de la especie son equiparables a los de la especie bovina.
- Ovinos: corderos/as-borregos/as (animales <1 año); machos adultos (subtipo 1=laneros y subtipo 2=no laneros); ovejas laneras (subtipo 1=preñadas y subtipo 2=no preñadas) y no laneras (subtipo 3=preñadas y subtipo 4=no preñadas). La desagregación a nivel de departamentos (17) fue posible gracias a los datos censales del MAG y los datos sanitarios del SENACSA.
- Caprinos: cabritos/as (animales <1 año); machos adultos (machos cabríos o carneros); cabras lecheras (subtipo 1=no preñadas y subtipo 2=no preñadas); cabras no lecheras (subtipo 3=no preñadas y subtipo 4=preñadas). La desagregación a nivel de departamentos (17) fue posible gracias a los datos censales del MAG y los datos sanitarios del SENACSA.

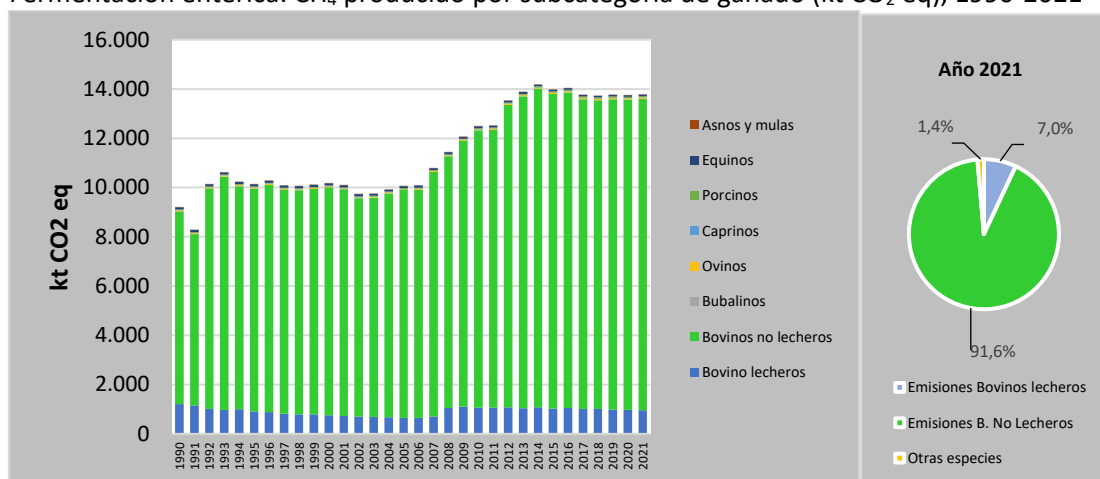
- Porcinos: lechones y animales de recría/engorde (animales para carne considerados de alta producción); reproductores (marranas y verracos considerados animales para cría de baja producción). La desagregación a nivel de departamentos (17) fue posible gracias a los datos censales del MAG y los datos sanitarios del SENACSA.
- Equinos: potrillos (animales <1 año); potros y potrancas (animales de 1-3 años de edad); yeguas (hembras adultas) y machos adultos (garañones o caballos orquitectomizados). La desagregación a nivel de departamentos (17) fue posible gracias a los datos censales del MAG, no incluyendo a la subpoblación deportiva.
- Asnos y mulas: burritos/as (animales <1 año); recría machos y hembras (animales de 1-3 años de edad); burras o burdéganas (hembras adultas); burros o burdéganos (machos adultos enteros u orquitectomizados). La desagregación a nivel de departamentos (17) fue posible gracias a los datos censales del MAG.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

En cuanto al CH₄ producido por subcategoría de ganado, en la Figura 5-5 se observa que el ganado bovino de carne representa el principal contribuyente, seguido del ganado bovino de leche. En el último año inventariado (2021) del 1BTR, estas subcategorías representaron 91,63 y 6,98% de las emisiones de CH₄ respectivamente, y en promedio 90,27 y 8,17% para toda la serie temporal del 1BTR (1990-2021), en tanto que todas las demás especies y subcategorías de ganado representaron históricamente 1,55% del CH₄ producido durante la serie temporal y 1,38% al último año inventariado. Estos resultados son consistentes con los anteriores reportes del país (3IBA y 4CN) que refieren que el 98% del CH₄ entérico proviene del ganado bovino en el Paraguay.

Figura 5-3.

Fermentación entérica: CH₄ producido por subcategoría de ganado (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

5.2.2. Aspectos metodológicos de la categoría

En la tabla 5.9 se presenta el resumen de los métodos aplicados para estimación del CH₄ entérico por subcategorías animales. En la misma se observa que, conforme a las ecuaciones disponibles en el Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006, para todas las especies rumiantes (bovinos no/lecheros, bubalinos, ovinos y caprinos) el Paraguay ha avanzado en la generación de FE en tier 2a (mejorado) utilizando el principio de participación de la EB. Para las demás especies y subcategorías animales también fueron generados FE país-específicos en tier 1a (mejorado) por peso metabólico mediante la ecuación alternativa descrita por Franz *et al.* (2010)²⁵ en lugar de utilizar los FE por defecto (tier 1), calculados en función a supuestos para las distintas regiones geográficas como LAC.

Además, conforme a la disponibilidad de DA y parámetros productivos, para los bovinos no/lecheros (principales subcategorías de emisión) y bubalinos fue posible estimar FE dinámicos a nivel subnacional y a lo largo del tiempo, con correcciones de la EN_{mantenimiento} para los meses

²⁵ Disponible en: <https://www.evolutionary-ecology.com/issues/v12/n06/ddar2569.pdf>

invernales con datos históricos del servicio meteorológico oficial; mientras que para las especies y subcategorías restantes se generaron FE fijos a lo largo de la serie temporal del INGEI del 1 BTR del Paraguay (1990-2021) (véase sección 5.2.6. Nuevos cálculos de la categoría).

Dados los mencionados factores de variación, a los efectos del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR no fue posible utilizar la herramienta del ETF (2024)²⁶ diseñada en concordancia con lo establecido en la Decisión 5/CMA.3²⁷, razón por la cual las hojas originales de cálculos son vinculadas a las tablas comunes de reporte (CRT por sus siglas en inglés).

Tabla 5-9

Fermentación entérica: resumen de métodos aplicados para la generación de FE por categorías (y sus subcategorías) animales.

Código	Categorías y sus Subcategorías	CO2		CH4		N2O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.A.	Fermentación entérica			T2, T1a, NA	PE, NA		
3.A.1.	Vacunos			T2	PE		
3.A.1.a.	Bovinos lecheros			T2	PE		
3.A.1.b.	Bovinos no lecheros			T2	PE		
3.A.2.	Ovinos			T2	PE		
3.A.3.	Caprinos			T2	PE		
3.A.4.a.	Bubalinos			T2	PE		
3.A.4.e.	Equinos			T1a	PE		
3.A.4.f.	Mulas y asnos			T1a	PE		
3.A.4.g.	Aves de corral			NA	NA		
3.A.4.h.	Otras especies			NE, NO	NE, NO		

Referencias: T1a = Nivel 1 mejorado; T2= Nivel 2; PE = País-específico; NA = No aplicable; NE= No estimado; NO=No ocurre.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Las ecuaciones utilizadas para determinar las emisiones de CH₄ entérico, empleando los DA y FE son las ecuaciones 10.19 (a) y 10.20 (b) del Capítulo 10; Volumen 4; Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC del 2006.

$$E_T = \sum_{(P)} EF_{(T,P)} \cdot \left(\frac{N_{(T,P)}}{10^6} \right) \quad (a)$$

$$Total CH_4_{Enteric} = \sum_{i,P} E_{i,P} \quad (b)$$

Donde: E = emisiones de metano por fermentación entérica, kton CH₄ año⁻¹; $EF_{(T,P)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida y sistema de producción, kg CH₄ año⁻¹; $N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la subcategoría T y sistema P del país; T = subcategoría de ganado; P = sistemas de producción; $Total CH_4_{entérico}$ = emisiones totales de metano por fermentación entérica, kton CH₄ año⁻¹; $E_{i,P}$ = emisiones de las i^{th} subcategorías de ganado.

5.2.2.1. Datos de actividad de la categoría

En la Tabla 5-10 se presenta un listado general de las fuentes de DA (cantidad de cabezas de ganado) y/o técnicas de empalme utilizadas para completar la serie temporal (relleno estadístico) de cada una de las especies o categorías (y por ende sus respectivas subcategorías) animales. Al respecto, como se ha mencionado anteriormente, en todos los casos se contó con fuentes de datos oficiales o nacionales, incluso para la categoría asnos y mulas, anteriormente extraído de FAOSTAT.

²⁶ Disponible en: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review/transparency-data-and-tools/etf-reporting-tools>

²⁷ Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_5_transparency_0.pdf

Tabla 5-10.

Fermentación entérica: resumen de fuentes oficiales de DA y técnicas de empalme por sub/categorías animales.

Código	Categorías y sus Subcategorías	Fuente oficial*	Técnica de Empalme
3.A.1.a.	Bovinos lecheros	DCEA/MAG	1990-2005, a partir del análisis de varianza**
3.A.1.b.	Bovinos no lecheros	SENACSA	1990-2005, a partir del análisis de varianza**
3.A.2.	Ovinos	DCEA/MAG	Interpolación intercensal***
3.A.3.	Caprinos	DCEA/MAG	Interpolación intercensal***
3.A.4.a.	Bubalinos	SENACSA	Extrapolación 1990-2012****
3.A.4.b.	Porcinos	DCEA/SENACSA	Interpolación intercensal***
3.A.4.e.	Equinos	DCEA/MAG	Interpolación intercensal***
3.A.4.f.	Asnos y mulas	DCEA/MAG	Interpolación intercensal***
3.A.4.g.	Aves	No aplican p/ el CH ₄ entérico	Interpolación intercensal***

Referencias: DCEA (Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias del MAG); SENACSA (Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal); *En todos los casos como parte del proceso de QA/QC los datos fueron cruzados entre diversas fuentes (ej. DCEA/SENACSA), realizándose como buena práctica reuniones de consulta técnica a las instituciones proveedoras de datos; **Utilizando el estadístico de prueba F por método lineal o de tasa compuesta ($p \leq 0,05$). Posteriormente, del 2006 al 2021, la cantidad de vacas no lecheras se determinó restando el total de vacas registradas por el SENACSA de aquellas vacas de aptitud lechera registradas por la DCEA/MAG; ***Interpolación entre Censos Agropecuarios Nacionales (CAN) del MAG: 1991, 2008 y 2022 asumiendo tendencia lineal; ****Extrapolación de subcategorías asumiendo tendencial lineal.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

A los fines de transparencia, se declara que el país ha utilizado las mismas fuentes de DA para cada una de las sub/categorías citadas en la tabla anterior, por lo que no se presentan distintas fuentes de datos para una misma sub/categoría de fermentación entérica a lo largo de la serie temporal del 1BTR. Así también se declara que los DA constituyen fuentes de datos abiertos o no confidenciales por lo cual, dado el gran volumen de datos, éstos serán presentados en las CRT y estarán íntegramente disponibles en las tablas CRT, Anexo VI.

5.2.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Como se puede observar en la Tabla 5-11. todos los FE de la categoría fermentación entérica corresponden a FE país-específicos (PE) generados a partir de parámetros nacionales (vía registros o juicio de expertos) o a partir parámetros propuestos por el IPCC para la región de Latinoamérica (LAC). Al respecto, se aclara que para aquellos FE dinámicos (como en caso del ganado bovino no/lechero al igual que en caso de los bubalinos) los valores presentados en la tabla corresponden a promedios de la serie temporal 1990-2021 del 1BTR del Paraguay.

En la tabla se aprecia que los FE son mayores para los grandes rumiantes (bovinos y bubalinos), para los cuales se dispone información censal de la situación alimentaria (sistemas: extensivo, intensivo y mixto). No obstante, en virtud al tamaño corporal y la actividad cecal los FE de otros herbívoros como los équidos son también considerables y superiores a la de otras especies como los pequeños rumiantes (ovinos, caprinos) y monogástricos (cerdos).

Tabla 5-11.

Fermentación entérica del ganado: FE por subcategoría animal (kg CH₄.cabeza.año⁻¹)

Subcategoría	Fuente	Tipo	FE según sistema productivo
Bovinos lecheros (B.L)			
VL-Subtipo 1	PE	Dinámico	66,33
VL-Subtipo 2	PE	Dinámico	71,50
VL-Subtipo 3	PE	Dinámico	82,81
VL-Subtipo 4	PE	Dinámico	88,30
Bovinos no lecheros (B.NL)			
Terneros/as	PE	Dinámico	10,64
Desmamantes machos	PE	Dinámico	23,70
Desmamantes hembras	PE	Dinámico	21,61
Novillos	PE	Dinámico	45,46
Vaquillas no preñadas	PE	Dinámico	42,12
Vaquillas preñadas	PE	Dinámico	44,10
Toros	PE	Dinámico	43,09
Bueyes	PE	Dinámico	66,86
Vacas NL subtipo 1	PE	Dinámico	31,84
Vacas NL subtipo 2	PE	Dinámico	46,62
Vacas NL subtipo 3	PE	Dinámico	32,92
Vacas NL subtipo 4	PE	Dinámico	49,39
Bubalinos (B)			
Bucerros/as	PE	Dinámico	18,81
Desmamantes machos	PE	Dinámico	27,80
Desmamantes hembras	PE	Dinámico	27,13
Buquillas no preñadas	PE	Dinámico	52,89
Buquillas preñadas	PE	Dinámico	54,83
Buvillos	PE	Dinámico	55,98
Butoros	PE	Dinámico	57,01
Búfalas subtipo 1 y 2	PE	Dinámico	66,78
Búfalas subtipo 3 y 4	PE	Dinámico	46,21
Ovinos (O)			
Corderas/Borregas	PE	Fijo	2,52
Corderos/Borregos	PE	Fijo	3,57
Machos subtipo 1	PE	Fijo	3,51
Machos subtipo 2	PE	Fijo	3,45
Ovejas subtipo 1 y 2	PE	Fijo	2,95
Ovejas subtipo 3 y 4	PE	Fijo	2,89
Caprinos (C)			
Cabritas	PE	Fijo	2,76
Cabritos	PE	Fijo	3,74
Machos adultos	PE	Fijo	3,98
Cabras subtipo 1 y 2	PE	Fijo	7,07
Cabras subtipo 3 y 4	PE	Fijo	4,14
Porcinos (P)			
Lechones	PE	Fijo	0,16
Recría y engorde	PE	Fijo	0,97
Marranas	PE	Fijo	2,79
Machos adultos	PE	Fijo	3,58
Equinos (E)			
Potrillos	PE	Fijo	2,29
Potros	PE	Fijo	8,26
Potrancas	PE	Fijo	6,47
Yeguas	PE	Fijo	11,79
Machos adultos	PE	Fijo	16,17
Asnos y mulas (AyM)			
Burritos/as	PE	Fijo	1,64
Recría hembra	PE	Fijo	5,57
Recría macho	PE	Fijo	6,65
Burras o burdéganas	PE	Fijo	8,08
Burros o burdéganos	PE	Fijo	11,44

Referencia: FE dinámicos con valores promedios para la serie temporal.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

En cuanto a las ecuaciones utilizadas para la estimación de los FE de las distintas sub/categorías de ganado, en la Tabla 5-12A y 5-12B se enuncian las ecuaciones y fuentes utilizadas. En la misma se observa que para todas las especies rumiantes fueron utilizadas las ecuaciones de

participación de la EB a los distintos requerimientos de Energía Neta (EN por sus siglas en inglés) para estimación de los FE en tier 2, que fue determinado a nivel subnacional (T2 por municipios/departamentos), lo cual será descrito a modo de mejora como regionalización en la siguiente sección. No obstante, si bien el Refinamiento 2019 del IPCC distingue en sistemas productivos de alta y baja producción, no recopila ecuaciones para determinar los FE de las otras especies en niveles superiores, disponiéndose por tanto los FE por defecto calculados con base en parámetros de subpoblación y productivos supuestos, por lo cual para el 1 BTR, el Paraguay ha realizado el esfuerzo de estimar los FE de las especies no rumiantes por pesos metabólicos de sus subcategorías, de modo a mejorar la precisión de sus estimaciones de emisiones de GEI.

Tabla 5-12A.

Fermentación entérica: ecuaciones utilizadas para el cálculo de los FE de las especies rumiantes y sus subcategorías de ganado según etapa fisiológica

Especie y subcategorías	Ecuaciones										
	Mantenimiento o NE _m	Actividad NE _a	Crecimiento NE _c	Lactancia NE _l	Trabajo NE _{tr}	Lana NE _l	Preñez NE _p	REM	REG	Energía bruta GE	Factor de Emisión
	Ecuación 10.3	Ecuación 10.4	Ecuación 10.6	Ecuación 10.8	Ecuación 10.11	Ecuación 10.12	Ecuación 10.13	Ecuación 10.14	Ecuación 10.15	Ecuación 10.16	Ecuación 10.21
Bovinos lecheros	X	X		Si aplica			Si aplica	X	X	X	X
B. no lecheros	X	X	Si aplica	Si aplica	Si aplica		Si aplica	X	X	X	X
Bubalinos	X	X	Si aplica	Si aplica			Si aplica	X	X	X	X
Ovinos	X	X	Si aplica			Si aplica	Si aplica	X	X	X	X
Caprinos	X	X	Si aplica	Si aplica			Si aplica	X	X	X	X

Referencias: Si aplica a la etapa fisiológica de una subcategoría en particular (ej. animales adultos sin ENcrecimiento; hembras con o sin ENpreñez o ENlactancia; búfalos sin ENtrabajo al no considerarse para tiro en Paraguay etc.).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en el Refinamiento 2019 (Vol. 4 Cap. 10).

Tabla 5-12B.

Fermentación entérica: ecuaciones utilizadas para el cálculo de los FE de las especies no rumiantes y sus subcategorías de ganado según etapa fisiológica.

Especies y Subcategorías	Ecuación por peso metabólico
Porcina	$CH_4 \text{ (Lt/día)} = 0,07 * (PV_{\text{subcategoría}})^{0,99}$
Equina	$CH_4 \text{ (Lt/día)} = 0,18 * (PV_{\text{subcategoría}})^{0,97}$
Asnos y Mulas	Adaptado a partir de la ecuación para la especie equina
Aves	No aplica

Referencia: PV (Peso Vivo); Densidad para conversión de Lt a kg de $CH_4 = 0,657 \text{ kg.m}^3$.

Fuente: Franz *et al.*, 2010²⁸

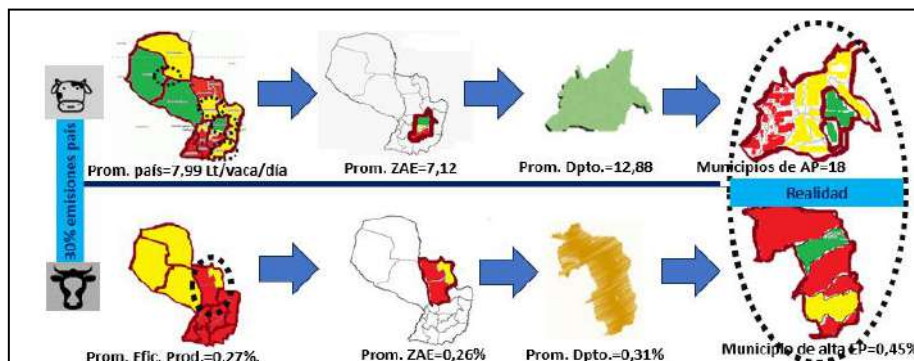
A los fines de transparencia, serán descritos a continuación los aspectos más relevantes en relación a la generación de los FE de CH_4 entérico de las distintas sub/categorías animales a nivel subnacional(regionalización) a partir de la información censal (CAN 1991, 2008 y 2022) que cubre la serie temporal del INGEI del 1BTR (1990-2021) del Paraguay. Además, de modo a caracterizar la situación ganadera actual se presenta una reseña de la información censal más reciente del país a través del análisis de datos del CAN 2022.

La importancia de la regionalización con criterios de productividad radica en la mejora de los FE, reduciendo el sesgo y la incertidumbre asociada a la generalización de valores no representativos para todas las zonas geográficas. Así, por ejemplo, dadas las diferencias observadas geográficamente en la figura 5.6, se propuso reducir la unidad o escala de análisis a nivel a nivel departamental para los bovinos de carne y municipal para los bovinos lecheros, que en conjunto emiten el 98% del CH_4 entérico y cerca del 30% de las emisiones nacionales de GEI.

²⁸ Disponible en: <https://www.evolutionary-ecology.com/issues/v12/n06/ddar2569.pdf>

Figura 5-6.

Fermentación entérica: importancia de la regionalización y selección de la adecuada unidad de análisis para los principales rubros ganaderos del país.



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

*Regionalización de la ganadería bovina de leche.

Tras la recopilación de la información actualizada del CAN 2022, se analizaron los datos disponibles de esta categoría de ganado. Al respecto, se constató la disponibilidad actual de DA (cantidad total de vacas de actitud lechera y de aquellas en lactancia u ordeño), además de parámetros productivos de interés para la generación de FE como la producción diaria de leche en Lt.vaca⁻¹.día⁻¹ a nivel departamental y municipal como se observa en las figuras 5.7A y 5.7B. Al respecto, a partir de la producción diaria de leche, pudo ser estimada la producción de leche durante el periodo de lactancia estándar (305 días) para su comparación con los valores de referencia del IPCC en la región de LAC.

Al respecto, cabe ser destacado que, con la misma consideración de pesos vivos categorizados por juicio de expertos para esta categoría de ganado bovino (vacas criollas o de baja producción=380 kg; cruzas o de media producción=450 kg y de razas especializadas o alta producción=550 kg), la producción diaria de leche es el principal driver del requerimiento energético y la metanogénesis en las vacas lecheras. Por tanto, aquellos departamentos/municipios marcados geográficamente en **verde** corresponden a aquellos con mayor promedio de productividad diaria (cuencas lecheras), los **amarillos** con productividad media y los **rojos** a regiones de baja productividad diaria de las vacas lecheras.

Además, como parte del análisis de los posibles criterios de zonificación, durante la revisión de datos fueron delimitadas las Zonas Agroecológicas Homogéneas (ZAE) propuestas por el MAG del Paraguay, para agrupar departamentos que por similares condiciones edafoclimáticas tengan similares rendimientos productivos y económicos para los distintos rubros agropecuarios del país. No obstante, como se observa en la figura 5.7A, departamentos de una misma ZAE (por ej. en la región centro-este los departamentos de Caaguazú, Guairá y Caazapá) y en la figura 5.7B (sus respectivos municipios) difieren notablemente en cuanto a sus promedios de productividad diaria, razón por la cual se identificó la necesidad de generar los FE a escala de municipios (258) para evitar el sesgo y la incertidumbre asociada al uso generalizado de FE en zonas no representativas.

En efecto, el país confirma que los datos censales del MAG y los sanitarios del SENACSA, constituyen fuentes de información que proporcionan datos para desgregar tanto los DA como los FE a nivel subnacional (municipios en caso de las vacas lecheras). Así pues:

*Los CAN del MAG (1991, 2008 y 2022) contienen información sobre la cantidad total de vacas de aptitud lechera y de aquellas que se hallan en ordeño o producción. Esta primera desagregación permite diferenciar los DA (vacas en ordeño o secas) considerando esta diferencia fisiológica que afecta los FE del CH₄ entérico.

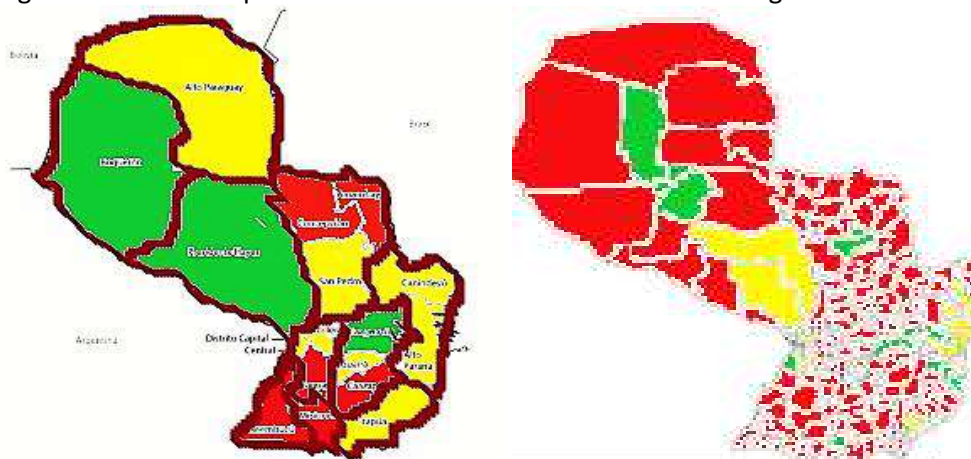
*Los CAN también contienen el volumen diario promedio de producción de leche (kg de leche.vaca-1.día-1) de cada municipio del país, lo cual es registrado en el día del censo permitiendo estimar en el tiempo FE diferenciados de acuerdo a los requerimientos energéticos para la producción láctea de las vacas en producción.

*El último CAN (2022) reveló además la cantidad de bovinos (lecheros o no) así como de bubalinos por sistemas de explotación: extensivo; intensivos y mixtos lo que permitió ajustar los coeficientes y requerimientos para la actividad física.

*Por su parte, al no existir muestreos estratificados representativos en el país, la relación ternero/vaca calculada a partir de la cantidad de vacas y terneros nacidos al año, que son registrados oficialmente por el SENACSA se utilizó como indicador del porcentaje de preñez en las hembras bovinas, permitiendo ajustar los FE de acuerdo a los requerimientos energéticos de las vacas preñadas y no preñadas; resultando fisiológicamente en la diferenciación factorial de 4 subcategorías de vacas lecheras con DA y FE diferentes: vacas secas (preñadas o no); vacas en ordeño (preñadas o no).

Figuras 5.7A

Fermentación entérica (escala departamental, izquierda) y 5.7B (escala municipal, derecha) de regionalización de la productividad diaria de las vacas lecheras según resultados del CAN, 2022.



Dptos s/ CAN 2022	Rango (Prom. Lt diarios)	Litros por lactancia estándar (305 d)	Ref. IPCC p/ LAC (Lt/año)
Alta productividad	8,67-13,0	2.644-3.965	3.400
Media productividad	4,34-8,66	1.324-2.641	2.050
Baja productividad	0,00-4,33	0-1.321	1.250

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

A pesar de la variación de los rangos de productividad nacional en la figura anterior, se observa la predominancia de vacas lecheras de baja productividad ($<5000 \text{ Lt de leche.año}^{-1}$) con valor referencial de la $Y_m=6,5\%$ en el Refinamiento del IPCC (2019). No obstante, a nivel de las principales cuencas lecheras del país (figura 5.8) existen genotipos especializados para la producción de leche (ganado Holstein y Jersey principalmente) con niveles de productividad promedio de $18 \text{ Lt.vaca}^{-1}.\text{día}^{-1}$ considerado en los reportes anteriores. Por tanto, en zonas de las cuencas lecheras se consideraron los valores de productividad de los establecimientos lecheros especializados (generalmente con mejor calidad de la dieta, menor Y_m e intensidad de emisiones de GEI por unidad de producto, pero con mayor valor de sus FE en condiciones de semi/confinamiento).

Figura 5-8. Fermentación entérica del ganado: Principales cuencas lecheras del Paraguay.



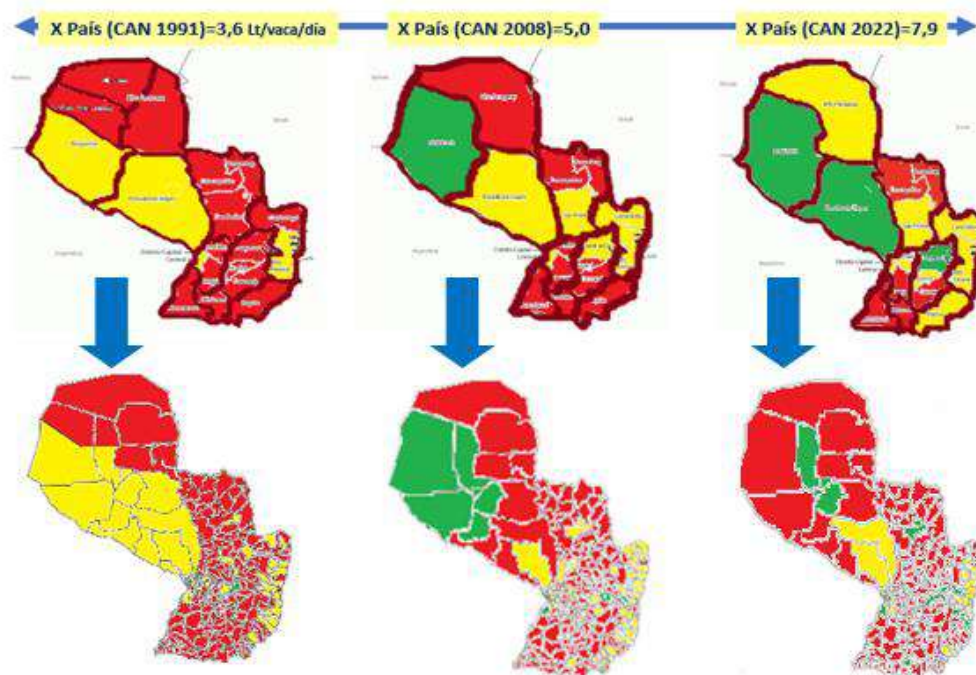
Fuente: Cámara Paraguaya de Industriales Lácteos (CAPAINLAC, 2021).

Posteriormente, dada la confirmación de disponibilidad retrospectiva de los mismos datos censales de productividad por parte de la DCEA/MAG, los cuales evidencian variación de productividad a lo largo del tiempo (promedio nacional en $\text{Lt.vaca}^{-1}.\text{día}^{-1}=3,60$ en el CAN 1991; $5,02$ en el CAN 2008 y $7,99$ en el CAN 2022) (figura 5-9), para el ganado bovino de leche pudieron generarse FE dinámicos en tier 2. Esta flexibilidad es exhortada en las Guías del IPCC que alientan a que los INGEI reflejen los cambios de productividad como parte de las circunstancias nacionales de los países durante el periodo de estudio.

A pesar de que la producción diaria promedio de leche ha aumentado de 2008 a 2022 ($5,02$ vs $7,99 \text{ Lt.vaca}^{-1}.\text{día}^{-1}$), se observa una disminución de la producción diaria total ($1.289.777$ vs $1.928.588 \text{ Lt}$) y de la cantidad de vacas lecheras (322.527 vs 477.759 cabezas), lo cual explica la reducción de los FE en dicho periodo de tiempo.

Por otro lado, conforme a recomendaciones de la DCEA/MAG, a los fines de comparabilidad para toda la serie temporal se mantuvo la misma codificación o nomenclatura de los municipios independientemente al año de constitución (considerando que algunos municipios antiguos ya no existen actualmente y viceversa).

Figura 5-9. Variación de productividad lechera en el Paraguay a lo largo del tiempo.

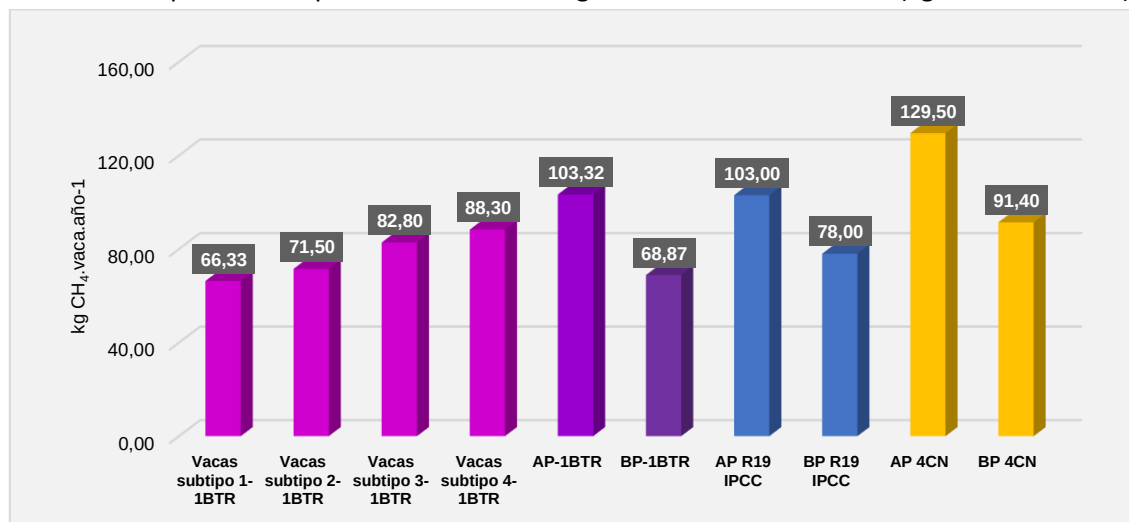


Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

En la Figura 5-10 se presentan valores promedio de los FE obtenidos mediante el análisis multitemporal descrito, mientras que en la tabla 5.13 son presentados los parámetros considerados para sus estimaciones. La diferencia entre los FE por fuentes y subcategorías refleja la importancia del ejercicio de desagregación de las subcategorías por etapa fisiológica de las vacas lecheras y de generar FE dinámicos en el tiempo (barras violetas claras de vacas secas o en ordeño no/preñadas, en comparación a los valores categorizados como de AP (vacas en ordeño no/preñadas de mayor productividad superando los $8,66 \text{ Lt.vaca}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y BP (vacas secas o sin ordeño no/preñadas de menor productividad diaria) para el 1BTR del Paraguay, donde considerando sólo el promedio en años puntuales de los municipios con vacas de alta producción ($103,32 \text{ kg CH}_4.\text{cabeza}^{-1}.\text{año}^{-1}$) se presentan FE similares a los referenciados por el IPCC para LAC ($103,00 \text{ kg CH}_4.\text{cabeza}^{-1}.\text{año}^{-1}$). Para todas las demás subcategorías de BP los valores promedio del 1BTR fueron menores al propuesto por el IPCC ($78 \text{ kg CH}_4.\text{cabeza}^{-1}.\text{año}^{-1}$) y en todos los casos menores a los de la 4CN (con $129,50$ y $91,40 \text{ kg CH}_4.\text{cabeza}^{-1}.\text{año}^{-1}$ para vacas de AP y BP respectivamente).

Figura 5-10.

FE obtenidos por fuentes para distintas subcategorías de bovinos lecheros (kg CH₄.vaca.año-1).



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-13.

Fermentación entérica: resumen comparativo de parámetros zootécnicos utilizados para la estimación de FE de los bovinos lecheros por el Refinamiento 2019 del IPCC, la 4CN y el 1BTR del Paraguay.

Subcategoría	Peso vivo (kg)			Preñez (%)			Producción (kg de leche.día ⁻¹) y (% de grasa)			Digestibilidad (%)		
	R19	4CN	1BTR	R19	4CN	1BTR	R19	4CN	1BTR	R19	4CN	1BTR
Vaca de AP	520	550	550	72	60	Rel. T/V oficial	9,3 (4,00)	18,0 (3,84)	0,00-4,33 (3,78)	66	60	60
Vacas de MP	508	NC	460	70			5,6 (4,00)	NC	4,34-8,66 (3,78)			
Vacas de BP	500	380	380	68			3,4 (4,00)	8,0 (3,84)	8,67-13,00 (3,78)			

Referencias: Vacas de AP (Alta producción, vacas en ordeño no/preñadas de algunos municipios o cuencas lecheras durante ciertos años de la serie temporal, MP (media producción) y BP (baja producción) vacas secas no/preñadas de acuerdo a sus rangos de productividad.

R19 (Table 10.1 Dairy Cattle del Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006)²⁹.

4CN y 1BTR (Parámetros obtenidos de registros oficiales o juicio de expertos para los reportes nacionales); NC (No considerado).

Rel. T/V (Relación ternero/vaca) obtenido de registros anuales oficiales del SENACSA. Demás parámetros de cálculo como C_{fa}, Y_m y temperaturas invernales para ajuste de la ENmantenimiento fueron obtenidos de datos oficiales comunes para los bovinos no lecheros y bubalinos. Por tanto, se detallan a continuación en las tablas 5.16 al 5.18.

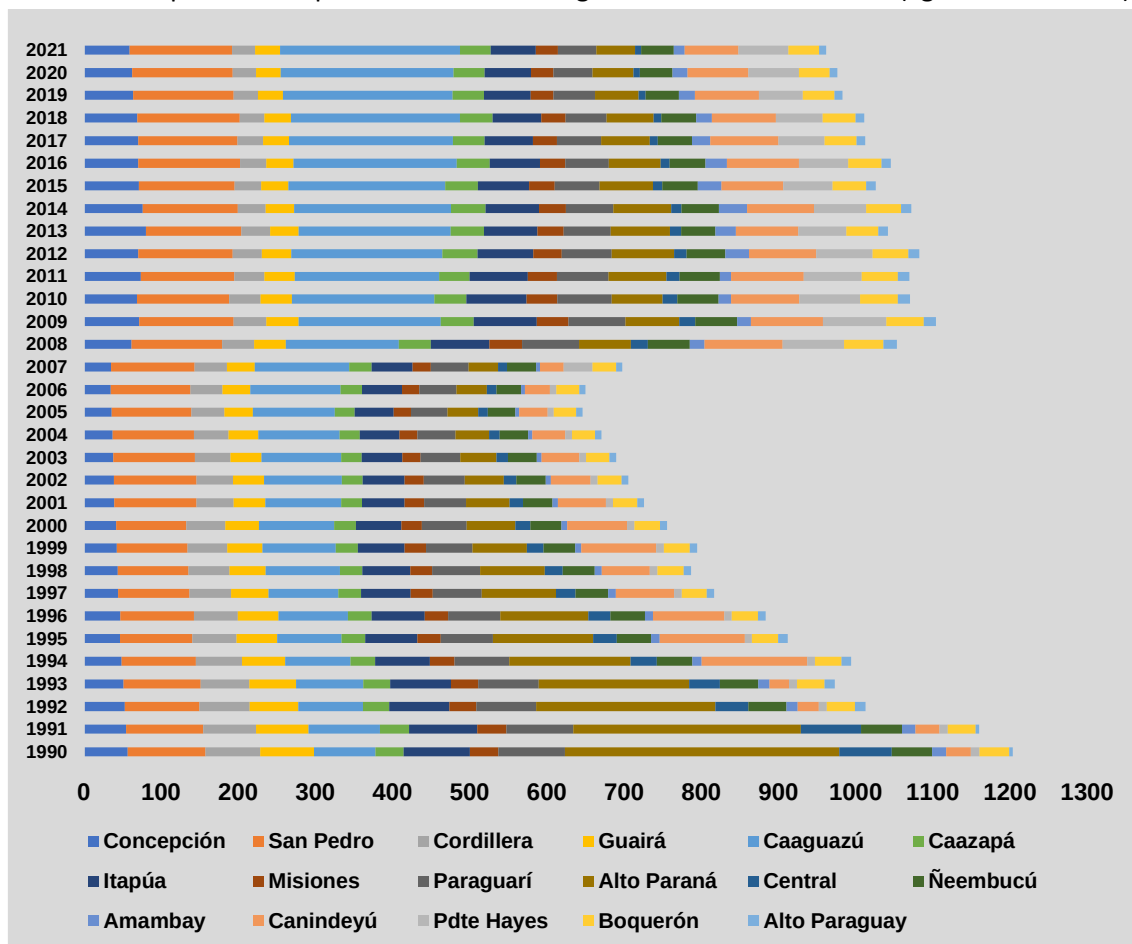
Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Si bien los FE fueron estimados dinámicamente por municipios, a los fines didácticos en la Figura 5-11 se presenta la representación de las emisiones de CH₄ entérico a escala departamental. En la misma se aprecian los mayores valores de emisión de CH₄ entérico en departamentos de cuencas lecheras típicas del país como Caaguazú, San Pedro y Boquerón. Así también, para toda la serie temporal puede apreciarse el aumento de las emisiones de esta categoría del INGEI conforme a los DA.

²⁹ Disponible en Información Complementaria del Capítulo 10: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

Figura 5-11.

FE obtenidos por fuentes para distintas subcategorías de bovinos lecheros (kg CH₄.vaca.año-1).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Finalmente, como será descrito en el Plan de Mejora del 1 BTR, se ha evidenciado que las cuencas lecheras del país cuentan con parámetros nutricionales que permitirán generar estimaciones comparativas de los FE en relación al consumo diario de materia seca (DMI por sus siglas en inglés) de las vacas lecheras, para lo cual el Refinamiento 2019 del IPCC proporciona nuevas directrices.

*Regionalización de la ganadería bovina de carne.

Para la siguiente regionalización, dada la existencia de diversos ciclos o propósitos de producción bovina no lechera (cría, recría, invernada o terminación, cabaña y ciclo completo), el país generó un índice de eficiencia productiva (IEP) *sui generis* en escala adimensional de 0 a 1, ponderando según los datos de actividad (cantidad de cabezas de ganado), los parámetros productivos de relevancia para cada ciclo como se observa en la Tabla 5-14.

Tabla 5-14

Fermentación entérica: Regionalización propuesta para la ganadería bovina de carne con base en ciclos caracterizados en el CAN 2022 y parámetros productivos propuestos por el IPCC para LAC.

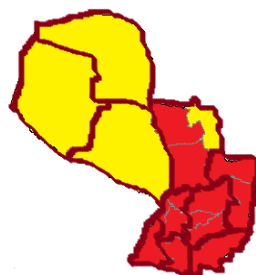
Departamentos	Índice de eficiencia productiva	Parámetros productivos del IPCC p/ LAC	Referencia de FE promedio (kg CH ₄ .cab-1.año-1)
Alta productividad	0,7-1,0	Preñez=78%; GDP=0,5 en pastoreo y 0,9 en feedlot; Ym=6,5 (pastoreo) y 4% (feedlot)	55
Media productividad	0,4-0,6	Preñez=63%; GDP=0,350 kg/día en pastoreo y 0,9 en feedlot; Ym=7,0% y 4% (Feedlot)	56
Baja productividad	0,0-0,3	Preñez=59%; GDP=0,300 kg/día; Ym=7,0%	58

Referencias: LAC (Latinoamérica); GDP (ganancia diaria de peso), Ym=partición de EB a CH₄, FE referencial en tier 1.
Fuente: Adaptado de Table 10.A2.3 non-Dairy Cattle del Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006³⁰.

A partir de la categorización anterior mediante rangos del IEP, como se aprecia en la figura 5.11 se determinó que, exceptuando a Amambay, todos los departamentos de la Región Oriental son de BP mientras que los de la Región Occidental o Chaco son de MP.

Figura 5-11.

Fermentación entérica: Niveles de productividad de la ganadería bovina de carne por departamentos del Paraguay conservando límites de regionalización (ZAE para la Región Oriental y Departamentos de la Región Occidental).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

La razón por la cual fueron utilizados parámetros productivos propuestos por el IPCC para la zonificación anterior radica en que, exceptuando el porcentaje de preñez (que puede ser estimado a partir de la relación ternero/vaca de los registros del SENACSA, con promedio oscilando entre el 47 a 54% en la Región Oriental y Occidental), valores nacionales representativos de los demás parámetros productivos como la Ganancia Diaria de Peso (GDP) y Ym (porcentaje de partición de la Energía Bruta-EB de la ración a CH₄ entérico) no están registrados sistemáticamente a nivel público ni privado. Por tanto, se recomienda a futuro recopilar datos representativos de fuentes primarias y secundarias, considerando además los estratos productivos como fuente de variación, ya que dentro de una misma ZAE o departamento con media/baja productividad promedio pueden existir estratos de alta productividad con mejores parámetros productivos como % de preñez, GDP y Ym de la ración.

A su vez, para el caso particular de este tipo de ganado, de gran incidencia en los porcentajes de emisión de CH₄ entérico en el INGEI, la decisión de generar FE dinámicos a escala departamental

³⁰ Disponible en Información Complementaria del Capítulo 10: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

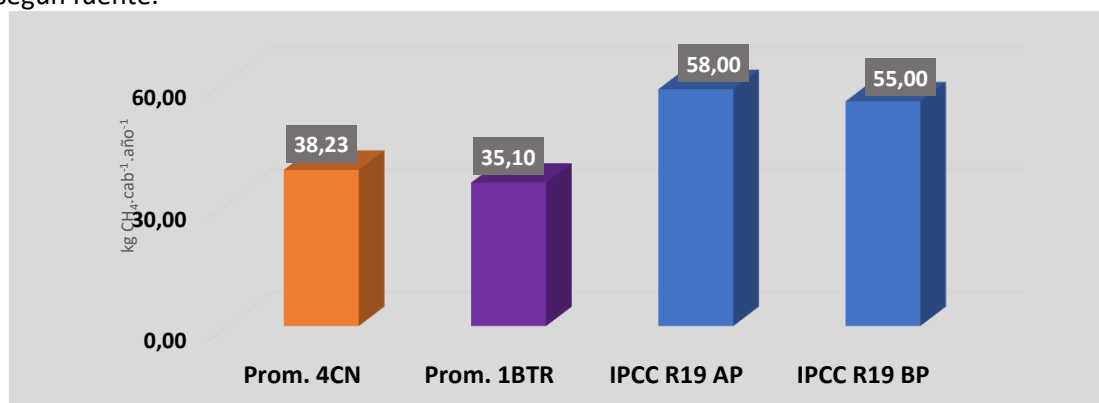
en función a la productividad se debió a la distinta relación anual ternero/vaca y temperaturas invernales promedio para ajuste de la $EN_{\text{mantenimiento}}$, si bien otros parámetros como la cantidad de bovinos y bubalinos por sistema de explotación: extensiva, semi/intensiva), son datos innovadores del CAN 2022 no habiendo sido relevados anteriormente en los CAN de 1991 y 2008.

Al respecto, en la Tabla 5-15 se presentan los parámetros zootécnicos utilizados según fuentes para la generación de los FE de CH_4 entérico mostrados en la tabla 5.11 y comparativamente en promedios de las subcategorías del ganado bovino de carne en la figura 5.12. Así también, se presentan en las tablas: 5.16 (la proporción de cabezas de ganado bovino y bubalino por sistemas productivos utilizados para el promedio ponderado del coef.de actividad- C_a y la Y_m); 5.17 (la relación anual ternero/vaca) y 5.18 (las t° invernales promedio mensuales registradas durante la serie temporal para ajuste de la $EN_{\text{mantenimiento}}$ en la especie bovina y bubalina), respectivamente.

Como se observa e la Figura 5-12 el FE promedio de las distintas subcategorías de ganado bovino no lechero (terneros/as; desmamantes machos y hembras; vaquillas no/preñadas; novillos, toros, bueyes, vacas y sus diferentes subtipos) fue menor para el 1BTR respecto al promedio reportado en la 4CN (35,10 vs 38,23 $kg\ CH_4.cab^{-1}.año^{-1}$) y los valores propuestos regionalmente por el IPCC (tier 1) para el ganado de BP y AP (55 y 58 $kg\ CH_4.cab^{-1}.año^{-1}$), respectivamente.

Figura 5-12.

Fermentación entérica: FE promedio ($kg\ CH_4.cab^{-1}.año^{-1}$) de las subcategorías de ganado bovino según fuente.



Referencias: AP y BP (Alta y Baja Producción); Reportes nacionales (4CN y 1BTR); R19 (Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC, 2006).
Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-15

Fermentación entérica: resumen comparativo de parámetros zootécnicos utilizados para la estimación de FE de los bovinos no lecheros por el Refinamiento 2019 del IPCC, la 4CN y el 1BTR del Paraguay.

Subcategoría	Peso vivo (kg)			Preñez (%)			Producción (kg de leche.día ⁻¹) y (% de grasa)			Digestibilidad (%)			GDP (kg.día ⁻¹)			Hs de trabajo (Bueyes)										
	R19	4CN	1BTR	4CN	1BTR	1BTR	R19	4CN	1BTR	R19	4CN	1BTR	R19	4CN	1BTR	R19	4CN	1BTR								
Terneros/as	60/82	75	75	No aplica			NA			Variable (Promedio 67)	60	60	0,300-0,500	0,197	0,197	NA										
D. Machos	145/200	130	130												0,22											
D. Hembras		115	115																							
Vaquillas subtipo 1	240/240	280	280	59/78	60	Rel. T/V oficial									0,25											
Vaquillas subtipo 2		280	280																							
Novillos	290/350	285	300	No aplica									NA									8	6	5		
Toros	460/460	443	450																							
Bueyes	580/595	550	550																							
V.subtipo 1	420/490	360	360	59/78	60	Rel. T/V oficial	1,8-2,7	3,84	3,84				NA			NA										
V.subtipo 2							(4,-4,3)	(3,84)	(3,84)																	
V.subtipo 3																										
V. subtipo 4																										

Referencias:

Vaquillas (subtipo 1=no preñadas y subtipo 2=preñadas); Vacas (subtipo 1=no preñadas sin cría al pie; subtipo 2=no preñadas con cría al pie; subtipo 3=preñadas sin cría al pie; subtipo 4=preñadas con cría al pie). A los efectos del 1 BTR del Paraguay, las vacas no lecheras fueron clasificadas por su estado fisiológico con distintos FE: vacas no/preñadas con (75%)/sin cría (25%) y por ende producción láctea. Algunos parámetros como el peso vivo fueron conservados mientras que otros como la ganancia de peso, días de rumiación en terneros/as (días del año-75 días de pre-rumiante) actualizados conforme a fuentes nacionales de información.

R19 (Table 10.A2.3 non-Dairy Cattle del Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006)³¹, que considera parámetros diferenciados en BP y AP.

4CN y 1BTR (Parámetros obtenidos de registros oficiales o juicio de expertos para los reportes nacionales); NC (No considerado).

Rel. T/V (Relación ternero/vaca) obtenido de registros anuales oficiales del SENACSA.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

³¹ Disponible en Información Complementaria del Capítulo 10: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

Tabla 5-16.

Fermentación entérica: proporción de bovinos y bubalinos por sistemas productivos considerados para promedios ponderados del Cf y la Ym.

Departamentos	Cabezas	Extensivo	Intensivo	Mixto	Cf	Ym
Concepción	973.842	73%	4%	23%	0,30	6,71
San Pedro	1.317.835	63%	9%	28%	0,27	6,48
Amambay	807.555	54%	3%	43%	0,27	6,62
Paraguarí	461.134	70%	7%	23%	0,29	6,58
Cordillera	294.520	67%	5%	28%	0,29	6,47
Central	35.351	45%	20%	35%	0,22	6,57
Caazapá	405.688	57%	5%	39%	0,27	6,51
Guairá	255.779	62%	5%	33%	0,28	6,63
Caaguazú	750.429	54%	7%	38%	0,26	6,59
Alto Paraná	237.657	51%	14%	35%	0,24	6,26
Canindeyú	590.962	69%	5%	25%	0,29	6,06
Itapúa	466.914	62%	8%	30%	0,27	6,88
Misiones	397.298	70%	6%	24%	0,29	6,60
Ñeembucú	466.872	89%	2%	9%	0,34	6,64
Pdte. Hayes	1.804.368	80%	3%	17%	0,32	6,77
Boquerón	2.557.166	72%	3%	25%	0,30	6,72
Alto Paraguay	1.418.574	79%	1%	19%	0,32	6,82
Promedio		66%	6%	28%	0,28	6,58

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-17.

Fermentación entérica: Relación anual ternero/vaca (%) utilizada como indicador proxi del porcentaje de preñez de las hembras bovinas (vacas y vaquillas lecheras y no lecheras)

Año/ Dpto	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	Promedio
1990	38,38	29,29	27,17	26,25	26,61	28,38	30,69	28,33	27,47	28,86	27,04	22,99	36,93	45,37	42,46	48,91	51,75	33,35
1991	52,77	40,14	42,29	47,55	38,46	42,74	44,91	40,43	39,62	47,28	100,73	32,06	49,03	48,38	42,82	50,71	53,09	47,82
1992	38,51	29,39	27,26	26,34	26,70	28,48	30,80	28,42	27,56	28,96	27,14	23,07	35,26	34,24	34,71	48,25	51,06	32,13
1993	43,96	38,81	35,99	34,78	35,25	37,60	40,66	37,52	36,39	38,23	35,83	30,46	42,18	34,27	35,78	47,94	50,73	38,61
1994	43,74	34,65	27,28	26,36	26,72	28,50	30,82	28,44	27,58	28,97	27,15	23,09	35,28	34,27	36,84	47,64	50,41	32,81
1995	38,51	29,39	27,26	26,34	26,70	28,48	30,79	28,42	27,56	28,95	27,13	23,07	35,26	34,24	37,89	47,35	50,10	32,20
1996	38,45	29,35	27,22	26,30	26,66	28,44	30,75	28,38	27,53	28,91	27,10	23,04	35,21	34,19	38,93	47,06	49,79	32,20
1997	38,37	29,29	27,17	26,25	26,61	28,38	30,69	28,32	27,47	28,86	27,04	22,99	35,14	34,12	39,95	46,78	49,50	32,17
1998	38,27	29,21	27,09	26,18	26,54	28,30	30,61	28,25	27,39	28,78	26,97	22,93	35,04	35,81	40,38	46,51	49,21	32,20
1999	38,14	29,11	27,00	26,09	26,45	28,21	30,50	28,15	27,30	28,68	26,88	22,85	34,92	39,98	40,15	46,24	48,93	32,33
2000	37,99	29,00	26,90	25,99	26,34	28,10	30,38	28,04	27,19	28,57	26,77	22,76	35,87	42,65	39,92	45,98	48,65	32,42
2001	37,82	28,87	26,77	25,87	26,22	27,97	30,24	27,91	27,07	28,44	26,65	22,66	38,46	42,42	39,70	45,73	48,38	32,42
2002	37,63	28,72	26,64	25,74	26,09	27,82	30,09	27,77	26,93	28,29	26,51	22,54	41,20	42,18	39,48	45,47	48,12	32,43
2003	37,41	28,56	26,49	25,59	25,94	27,67	29,92	27,62	26,78	28,13	26,36	22,77	43,20	41,95	39,26	45,23	47,85	32,40
2004	37,19	28,38	26,33	25,44	25,78	27,50	29,74	27,45	26,62	27,96	26,20	23,91	42,97	41,73	39,05	44,98	47,60	32,28
2005	36,94	28,20	26,16	25,27	25,62	27,32	29,54	27,27	26,44	27,78	26,03	25,04	42,74	41,51	38,84	44,75	47,34	32,16
2006	40,96	35,09	36,78	33,17	41,66	41,52	42,39	35,07	36,32	42,22	41,34	9,56	49,05	42,92	48,09	60,54	56,36	40,77
2007	46,50	39,33	37,73	33,20	41,08	42,49	44,97	40,57	40,00	41,13	41,52	38,20	52,87	51,27	45,86	61,65	55,06	44,32
2008	46,84	41,88	43,72	35,54	42,63	40,37	45,99	40,16	40,11	43,85	41,12	45,43	51,78	49,76	48,14	61,02	55,22	45,50
2009	45,99	42,22	39,22	28,75	39,89	41,38	44,34	38,99	38,17	41,32	39,31	41,15	46,90	46,00	46,41	53,15	46,58	42,34
2010	50,74	40,31	41,66	35,61	39,89	43,03	45,00	42,58	39,66	42,12	42,46	46,71	54,12	52,56	48,70	56,70	57,67	45,85
2011	50,00	42,79	40,56	34,46	36,80	39,68	44,74	41,00	37,19	37,87	43,18	44,71	50,55	50,52	48,65	54,23	54,39	44,20
2012	47,98	40,97	37,82	35,54	36,27	37,99	43,79	42,38	39,36	38,64	40,15	39,71	51,64	46,42	48,44	54,21	49,41	42,98
2013	27,82	29,47	23,02	26,95	27,77	21,70	35,36	22,34	22,79	33,76	26,11	3,91	35,10	40,05	21,37	27,67	31,58	26,87
2014	52,00	48,88	47,15	47,31	42,02	48,30	48,37	49,47	47,60	44,09	43,90	48,13	56,06	53,32	50,02	61,85	56,31	49,69
2015	50,26	45,88	39,85	44,60	38,50	41,03	45,29	45,25	43,69	38,34	40,86	40,50	51,74	51,03	46,69	56,56	53,81	45,52
2016	51,58	45,30	40,33	40,82	38,43	42,50	40,82	41,37	42,01	39,38	35,94	40,48	50,15	49,57	46,85	55,97	52,58	44,36
2017	48,56	43,61	38,32	41,45	35,38	41,93	42,11	43,27	40,79	40,91	34,27	40,80	49,53	47,49	47,20	55,29	52,98	43,76
2018	53,00	44,95	40,87	44,47	37,15	44,18	43,95	43,40	40,44	44,07	37,39	42,46	48,43	46,45	50,41	60,11	57,75	45,85
2019	51,69	44,07	39,67	41,82	36,77	42,35	43,58	43,31	42,67	45,16	35,50	42,79	53,67	51,80	47,85	63,05	55,55	45,96
2020	54,16	46,57	40,76	45,67	38,01	47,11	47,80	45,23	43,78	46,72	40,05	42,41	54,39	53,53	50,43	64,46	59,83	48,29
2021	51,50	45,34	42,29	46,93	39,07	45,59	46,09	46,21	45,80	48,94	40,08	43,33	49,22	50,14	49,34	65,45	58,78	47,89

Referencias: D1 (Concepción); D2 (San Pedro); D3 (Cordillera); D4 (Guairá); D5 (Caaguazú); D6 (Caazapá); D7 (Itapúa); D8 (Misiones); D9 (Paraguarí); D10 (Alto Paraná); D11 (Central); D12 (Ñeembucú); D13 (Amambay); D14 (Canindeyú); D15 (Presidente Hayes); D16 (Boquerón); D17 (Alto Paraguay).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-18

Fermentación entérica: temperatura promedio mensual en estación invernal (junio, julio y agosto) durante la serie temporal 1990-2021 del 1BTR

Departamento	T1 1990	T1 1991	T1 1992	T1 1993	T1 1994	T1 1995	T1 1996	T1 1997	T1 1998	T1 1999	T1 2000	T1 2001	T1 2002	T1 2003	T1 2004	T1 2005	T1 2006	T1 2007	T1 2008	T1 2009	T1 2010	T1 2011	T1 2012	T1 2013	T1 2014	T1 2015	T1 2016	T1 2017	T1 2018	T1 2019	T1 2020	T1 2021
Concepción	17,40	19,20	18,10	18,23	19,73	20,63	17,77	20,23	19,10	18,47	18,23	20,90	19,50	19,23	19,10	20,20	21,10	18,03	19,67	18,00	19,20	18,97	19,43	18,40	20,27	21,53	18,10	20,77	17,50	19,47	20,63	19,07
San Pedro	15,80	17,80	16,70	16,80	19,20	20,00	17,20	19,30	18,60	17,80	17,40	19,50	18,50	18,70	18,60	19,80	20,10	15,60	17,70	16,50	18,30	19,40	18,80	17,80	19,60	20,80	17,70	20,00	17,20	19,50	19,70	18,40
Cordillera	16,01	18,27	17,07	17,25	18,82	19,88	16,48	18,91	17,70	17,20	17,01	19,46	17,87	18,41	17,96	19,41	20,38	16,47	18,70	16,40	17,93	18,40	18,48	17,08	19,02	19,93	18,62	18,30	18,42	17,52	19,28	17,95
Guairá	15,90	17,60	16,40	16,80	18,20	19,10	16,20	18,60	17,86	16,93	16,80	19,03	17,76	17,73	17,66	18,93	19,60	16,20	18,33	16,30	17,67	17,80	18,17	16,90	18,70	20,00	17,13	19,53	16,40	18,57	18,97	18,03
Caaguazú	16,97	17,50	16,80	18,20	19,30	22,64	16,00	18,30	13,13	16,80	16,60	18,63	17,83	17,43	17,67	18,80	19,13	16,03	18,13	15,93	17,17	17,17	17,80	16,33	18,40	19,40	16,50	17,17	15,97	17,90	18,47	16,97
Caazapá	14,30	17,20	15,97	16,20	18,17	18,80	15,73	18,30	17,83	16,67	16,63	19,17	17,70	18,07	17,63	18,53	19,47	15,67	17,90	15,47	16,77	17,97	17,80	16,40	17,80	19,30	16,30	18,57	15,87	17,87	18,30	17,43
Itapúa	14,50	16,30	15,53	15,47	16,77	17,90	14,73	17,53	16,97	15,50	15,50	17,83	16,10	16,43	15,93	14,80	18,03	14,93	17,07	14,37	15,97	16,40	16,97	15,53	17,47	18,33	15,57	18,00	15,13	16,90	17,10	16,80
Misiones	15,10	16,80	15,50	15,87	17,13	18,23	15,67	17,93	17,00	16,00	16,03	18,40	16,63	17,63	17,03	17,47	19,43	15,83	17,30	15,60	15,90	16,83	17,23	15,90	18,13	19,10	16,17	18,43	15,10	17,07	17,37	16,83
Paraguarí	15,71	18,13	17,07	17,00	18,60	19,75	16,09	18,49	16,87	16,80	16,68	19,03	17,61	17,95	17,65	18,76	20,20	16,40	18,50	16,27	17,83	18,70	18,43	16,87	18,83	19,60	19,83	16,57	20,17	16,30	18,70	17,67
Alto Paraná	15,42	17,15	16,18	16,67	18,11	19,61	15,67	17,40	16,43	16,33	17,40	18,03	18,90	16,33	16,97	18,07	18,83	16,40	18,10	15,97	17,03	17,47	18,00	16,60	18,17	19,27	16,43	18,53	16,37	18,17	18,43	16,97
Central	16,30	18,40	17,07	17,50	19,03	20,00	16,87	19,33	18,53	17,60	17,33	19,90	18,13	18,87	18,27	20,07	20,57	16,53	18,90	16,53	18,03	18,10	18,53	17,30	19,20	20,27	17,40	20,03	16,67	18,73	19,87	18,23
Ñeembucú	15,50	17,00	16,07	15,90	17,33	17,60	14,63	17,30	16,90	15,63	15,23	17,87	16,33	16,80	16,47	17,37	18,07	14,50	16,50	14,50	15,37	15,67	16,30	15,57	17,33	18,40	15,20	18,00	14,63	16,93	17,13	15,87
Amambay	16,20	18,30	16,77	16,87	18,30	19,87	17,27	18,03	18,83	18,63	18,00	19,63	19,90	19,07	18,30	19,33	20,10	17,97	19,47	17,70	19,10	19,00	18,83	18,00	19,27	20,53	18,20	19,47	17,70	19,40	19,60	18,43
Canindeyú	15,97	17,10	16,93	16,57	17,53	19,33	16,50	17,93	17,73	16,87	16,63	18,57	18,63	18,23	17,53	18,83	19,83	17,10	18,63	17,03	17,87	18,77	18,60	17,33	19,23	19,53	17,27	18,73	17,47	18,87	18,70	18,07
Pdte. Hayes	16,85	18,80	16,27	16,77	17,87	18,60	16,17	19,13	17,87	16,98	17,18	19,70	17,85	18,52	17,83	19,38	20,20	16,17	18,67	16,72	17,78	19,35	17,93	17,05	19,13	20,05	16,73	19,70	16,30	18,17	19,95	17,67
Boquerón	18,00	20,00	18,10	18,80	20,90	20,40	18,30	20,90	18,70	18,30	19,00	21,43	19,43	20,53	20,17	20,90	22,33	18,13	20,50	19,77	19,27	19,93	18,70	18,80	20,07	21,10	18,77	21,07	17,63	19,30	21,10	19,37
Alto Paraguay	18,90	20,80	19,30	18,90	20,77	21,17	19,47	20,87	20,50	19,80	19,30	21,97	20,47	20,73	19,80	21,13	21,97	18,73	20,40	19,20	19,90	21,67	20,03	19,43	21,23	22,03	19,17	22,03	18,83	20,83	21,63	21,03

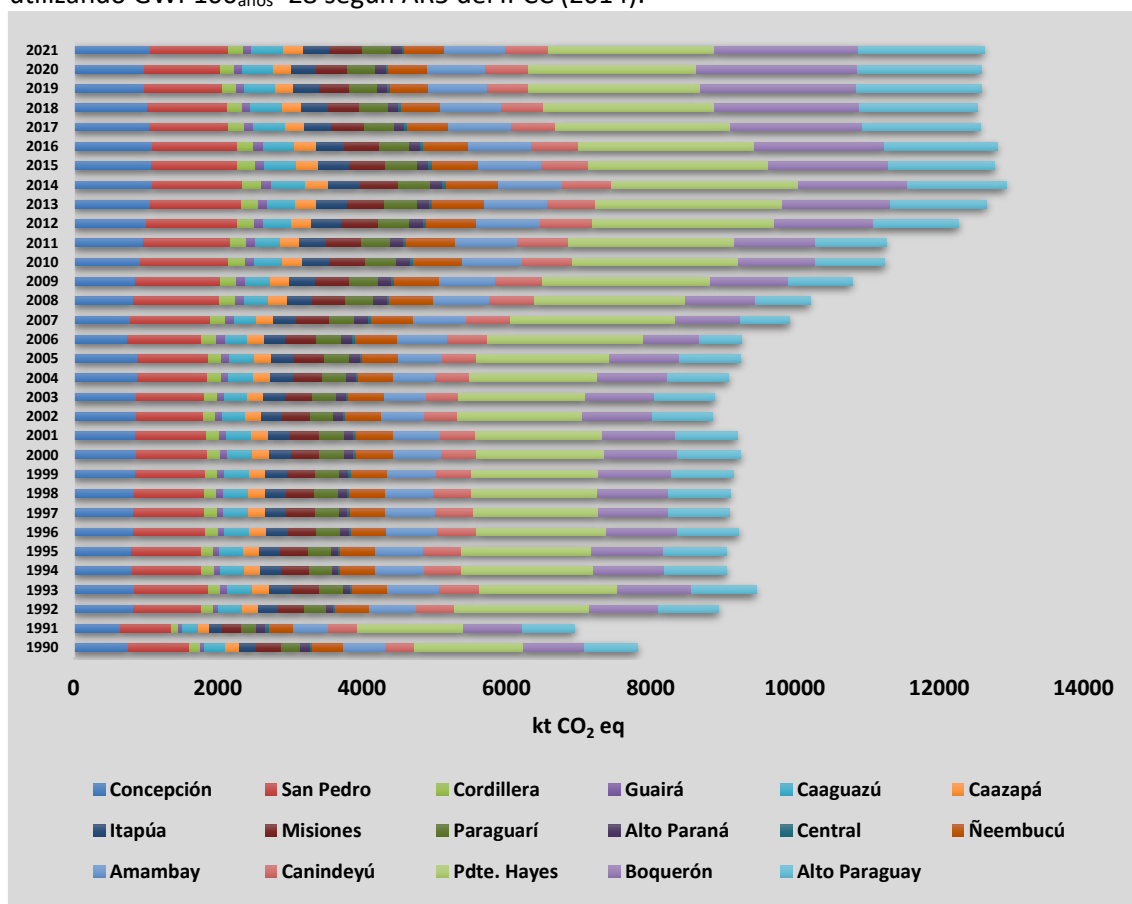
Referencias: las celdas resaltadas corresponden a las siguientes imputaciones de valores: promedios de Central y Paraguarí para el Dpto. de Cordillera; promedios de Caaguazú, Caazapá, Guairá e Itapúa para el Dpto. de Alto Paraná; promedios de Central y Concepción para el Dpto. de Pdte. Hayes; promedios de Guairá, Caazapá, Caaguazú, Central y Misiones para el Dpto. de Paraguarí.

Fuente: Datos DMH, DINAC.

Finalmente, en la Figura 5-13 se observa la distribución de emisiones de CH₄ entérico a escala departamental. Considerando la similitud de parámetros de cálculo considerados se puede concluir que la diferencia de emisiones entre departamentos se debe principalmente a la variación de los DA, resultando con mayores valores en esta categoría del INGEI del 1BTR, los territorios ganaderos característicos como Presidente Hayes, Concepción, San Pedro, Boquerón y Alto Paraguay. Así también, desde 1990 a 2021 se puede inferir el aumento de las emisiones de CH₄ entérico conforme a los DA.

Figura 5-13.

Fermentación entérica: Emisiones del ganado bovino no lechero en Paraguay (kt CO₂ eq) utilizando GWP100_{años}=28 según AR5 del IPCC (2014).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

*Regionalización de la población bubalina.

En la Figura 5-14 puede observarse la distribución del ganado bubalino, con los departamentos de baja, media, alta y muy alta población. Además, con la clasificación proporcionada por el SENACSA según subcategorías etarias (buceros/as, desmamantes machos y hembras, buquillas, buvillos, butoros y búfalas) y la información de productividad de las principales razas existentes (Jafarabadi, Murrah y Mediterránea)³² para esta especie pecuaria se pudo avanzar a un tier 2 de estimación, pero con FE estáticos o fijos, dada la limitación de parámetros zootécnicos retrospectivos que evidencien la variación de productividad a lo largo del tiempo.

³² Disponible en: [10.4081/ijas.2007.s2.172](https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.172)

Figura 5-13.

Fermentación entérica: Regionalización departamental por tamaño del hato bupalino según CAN 2022.

Clasificación por tamaño del hato bupalino	
Pequeño	0-750 cabezas
Mediano	751- 1500 cabezas
Grande	1501 - 2251 cabezas
Muy grande	2252 cabezas y más



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Al respecto, en la Tabla 5-19 se presentan los principales parámetros utilizados para la obtención de FE por subcategorías bupalinas resumidas anteriormente en la Tabla 5-11. Por otro lado, a los fines de transparencia se declara que los datos para estimación de Cf y la Ym así como el ajuste de la EN_{mantenimiento} por t° invernal son los mismos presentados para la especie bovina (tablas 5.16 al 5.18), dada la especificación en común para ambas especies, dictada en los reportes censales del país.

Por otro lado, la relación ternero/búfala utilizada para la especie bupalina se presenta en la Tabla 5-20, donde se observa que el porcentaje es menor al de las hembras bovinas, con valores generalizados obtenidos por regresión lineal de 1990 a 2013, puesto que se disponen de estadísticas desagregadas del SENACSA sólo desde 2014 y los años venideros.

Tabla 5-19.

Fermentación entérica: parámetros productivos considerados para la estimación de FE de las subcategorías de búfalos.

R19 del IPCC (T1a)	1 BTR del Paraguay	
	Categorías y FE promedios	Parámetros considerados
FE=68 kg CH4/cabeza/año	Buceros/as (0-6 meses). FE=18,81	Peso promedio=75 kg, GDP=0,5 kg/día.
	Desmamantes Hembras (<1 año). FE=27,13	Peso promedio=115 kg, GDP=0,5 kg/día.
	Desmamantes Machos. FE=27,8	Peso promedio=130 kg, GDP=0,65 kg/día.
	Buquillas. FE=54,83 (Preñadas); 52,89 (No Preñadas)	Peso promedio=280 kg, GDP=0,5 kg/día.
	Buvillos. FE=55,98.	Peso promedio=300 kg, GDP=0,65 kg/día.
	Butoro. FE=57,01.	Peso promedio año: 700 kg;
	B. Lecheras FE=70,83 (Preñadas); 66,78 (No preñadas)	Peso promedio año: 500 kg; % lecheras y no=0,5; Producción de leche =5 kg/día en razas lecheras con 8% de grasa; preñez=relación buceros/búfalas (dato SENACSA).
	B. No Lecheras. FE=49,80 (Preñadas); 46,21 (No Preñadas)	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-20.

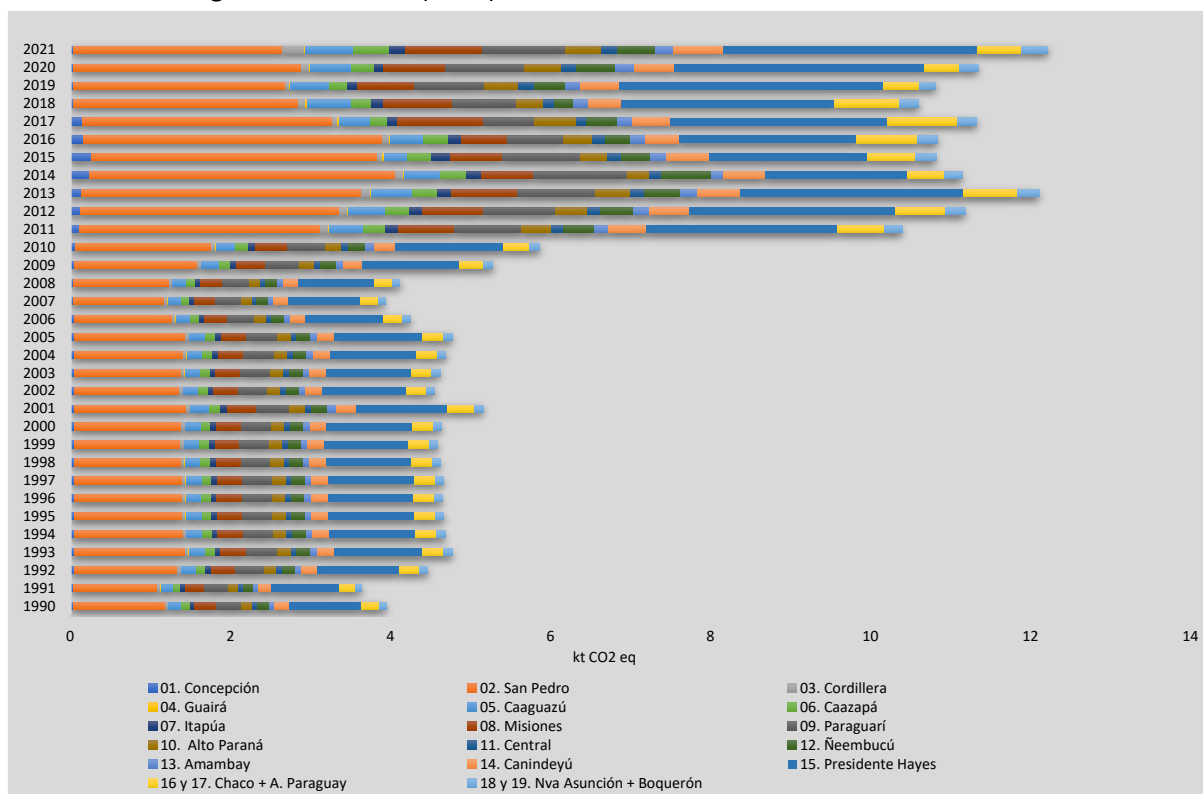
Fermentación entérica: Relación anual ternero/búfala (%) utilizada como indicador proxi del porcentaje de preñez de las hembras bubalinas (buquillas y búfalas no/lecheras).

Año/ Dpto	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	Promedio
1990	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1991	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1992	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1993	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1994	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1995	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1996	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1997	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1998	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
1999	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2000	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2001	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2002	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2003	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2004	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2005	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2006	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2007	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2008	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2009	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2010	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2011	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2012	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2013	15,26	11,72	12,86	34,02	13,21	25,28	28,84	13,19	23,11	29,70	22,65	21,75	24,49	36,94	19,46	26,72	26,43	22,68
2014	0,75	4,90	10,00	50,00	13,56	21,43	46,67	42,64	7,43	21,94	29,17	15,91	28,75	30,84	8,65	33,47	38,10	23,78
2015	28,75	3,29	0,00	66,67	4,48	18,88	31,87	4,41	12,29	33,33	20,25	11,41	25,27	36,19	38,64	52,08	62,79	26,51
2016	17,04	7,81	23,68	0,00	11,19	37,76	20,93	8,81	20,09	41,15	23,75	40,00	30,26	39,04	9,93	13,27	19,80	21,44
2017	10,31	20,04	5,88	42,86	17,86	24,77	22,22	11,46	20,20	28,36	19,23	22,22	34,52	44,83	5,78	14,29	7,41	20,72
2018	8,33	11,74	0,00	30,00	3,79	17,95	33,33	10,84	20,68	15,08	22,73	21,80	25,84	32,95	13,62	13,84	12,96	17,38
2019	9,09	9,91	17,39	16,67	34,48	16,36	23,64	2,33	29,17	32,64	18,82	24,00	17,39	36,04	26,12	30,60	21,01	21,51
2020	38,46	21,95	6,90	50,00	3,21	26,35	15,91	18,91	33,27	29,28	24,05	24,22	26,32	40,28	19,96	41,10	22,45	26,03
2021	6,67	19,75	20,00	0,00	12,96	31,75	28,75	8,24	39,29	38,76	23,23	20,95	10,92	35,76	27,16	42,39	22,94	22,91

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-14.

Fermentación entérica: Emisiones del ganado bubalino en Paraguay (kt CO₂ eq) utilizando GWP_{100años}=28 según AR5 del IPCC (2014).

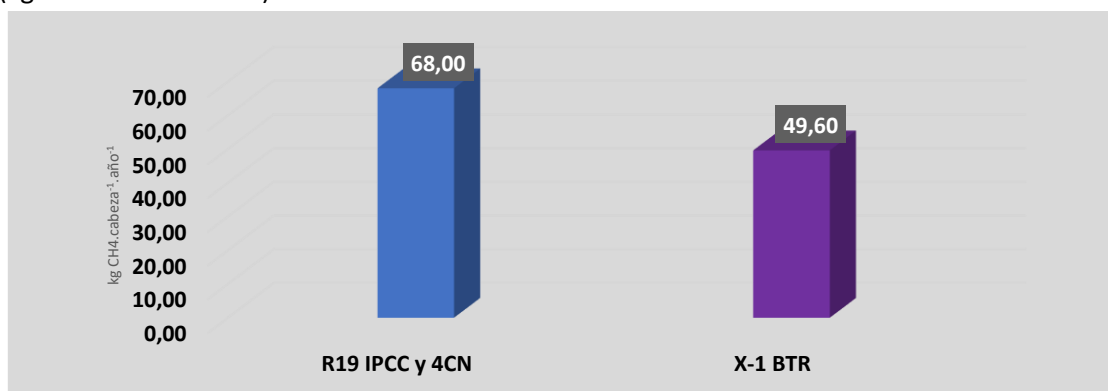


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Los departamentos con mayores emisiones de CH₄ entérico en esta subcategoría corresponden a San Pedro y Presidente Hayes conforme a sus DA.

Figura 5-15.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los FE de la especie bubalina según fuentes (kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Como se observa en la tabla anterior, el FE obtenido como promedio de las distintas subcategorías animales consideradas en la especie bubalina en tier 2, fue menor en el 1BTR del

Paraguay en comparación al valor por defecto (tier 1) utilizado en la 4CN de acuerdo a lo propuesto en el Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006.

*Regionalización de la población ovina.

En la Figura 5-16 puede observarse la distribución del ganado ovino, con los departamentos de baja, media, alta y muy alta población según el CAN 2022. Además, con la clasificación por categorías etarias proporcionadas en el mismo (machos y hembras: menores y mayores de 1 año de edad) (Tabla 5-21) y la información de productividad de los principales genotipos existentes (razas predominantes de carne + lana como la Criollas y Hampshire Down y razas de carne o peleteras (no laneras) como la Dorper o Santa Inés con implicancia en el requerimiento energético y FE de los animales) (Figura 5-16) con la información del CAN 2022 para esta especie pecuaria se pudo avanzar a un tier 2 de estimación, pero con FE estáticos o fijos, dada la limitación de datos de retrospectivos que evidencien la variación de productividad a lo largo del tiempo.

Figura 5-16.

Fermentación entérica: Regionalización departamental por tamaño del rebaño ovino general según el CAN 2022.

Clasificación ganadera por tamaño del rebaño	
Pequeño	0-15.000 cabezas
Mediano	15.001- 30.000 cabezas
Grande	30.001 - 45.000 cabezas
Muy grande	45.001 - 60.000 cabezas



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-21

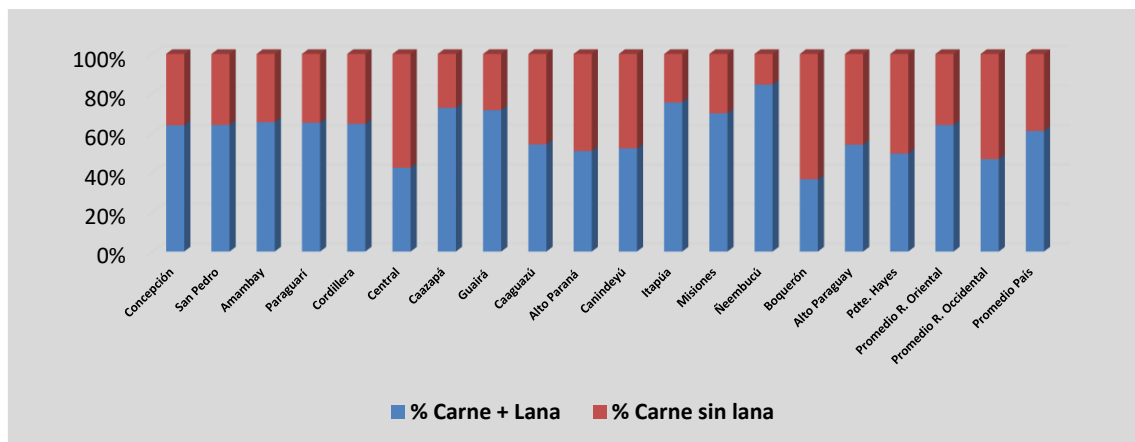
Fermentación entérica: categorización etaria de los ovinos en Paraguay.

Departamentos	Cantidad total de ovinos	Categoría de Hembras				Categoría de Machos			
		Menores a 1 año (corderas/borregas)		Mayores a 1 año (Ovejas)		Menores a 1 año (corderos/borregos)		Mayores a 1 año (Carneros/Capones)	
		% del total	Cantidad de Cabezas	% del total	Cantidad de Cabezas	% del total	Cantidad de Cabezas	% del total	Cantidad de Cabezas
01. Concepción	33.057	24	8.017	48	15.886	17	5.461	11	3.693
02. San pedro	54.695	26	14.184	45	24.426	16	8.562	14	7.523
03. Cordillera	20303	23	4747	49	9983	13	2713	14	2860
04. Guairá	16871	20	3395	48	8103	15	2499	17	2874
05. Caaguazú	51452	27	13753	44	22388	16	8475	13	6836
06. Caazapá	36118	24	8574	49	17838	15	5563	11	4143
07. Itapúa	28.451	26	7.473	46	12.951	16	4.607	12	3.420
08. Misiones	26.012	20	5.133	58	15.068	13	3.446	9	2.365
09. Paraguari	29.612	22	6.486	52	15.492	14	4.137	12	3.497
10. Alto Paraná	21.207	24	5.076	43	9.088	16	3.487	17	3.556
11. Central	2.093	20	416	54	1.132	15	306	11	239
12. Ñeembucú	33.834	25	8.526	53	18.002	14	4.579	8	2.727
13. Amambay	14.918	25	3.743	47	6.970	14	2.145	14	2.060
14. Canindeyú	20.931	23	4.780	48	10.149	16	3.375	13	2.627
15. Presidente Hayes	47.938	25	12.030	48	22.984	14	6.847	13	6.077
16. Boquerón	8.829	24	2.098	53	4.712	13	1.176	10	843
17. Alto Paraguay	30.674	25	7.531	49	15.059	17	5.299	9	2.785

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-17

Fermentación entérica: Regionalización departamental por proporción del rebaño (%) con razas de un o doble propósito (carne/carne+lana) productivo según el CAN 2022.

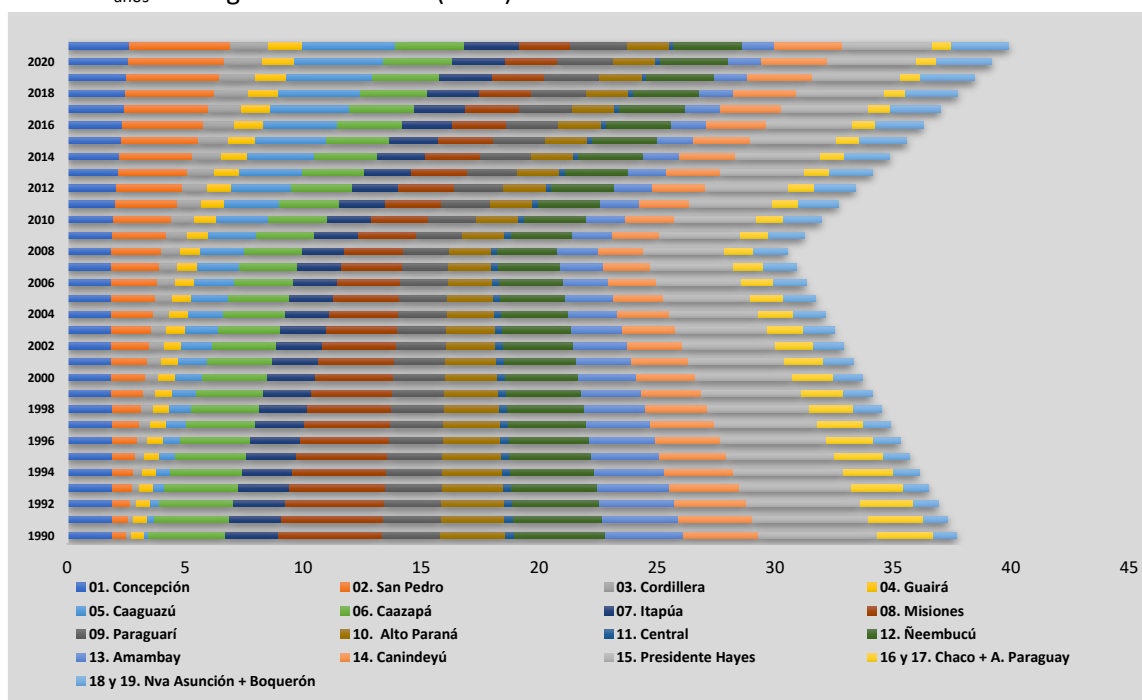


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la Figura 5-18 se presentan las emisiones de la especie ovina por departamentos del país. Como no se disponen valores nacionales de la Ym para la especie ovina, fue utilizado el valor propuesto por el Refinamiento 2019 del IPCC (6,7%), con lo cual fue obtenido un FE promedio de 3,14 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹, en comparación a los valores por defecto propuestos por el IPCC para la región de LAC (5 y 9 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹ para sistemas de BP y AP) respectivamente como se observa en la figura 5.19 junto a los parámetros utilizados para su obtención en la Tabla 5-22.

Figura 5-18

Fermentación entérica: Emisiones del ganado ovino en Paraguay (kt CO₂ eq) utilizando GWP100_{años=28} según AR5 del IPCC (2014).

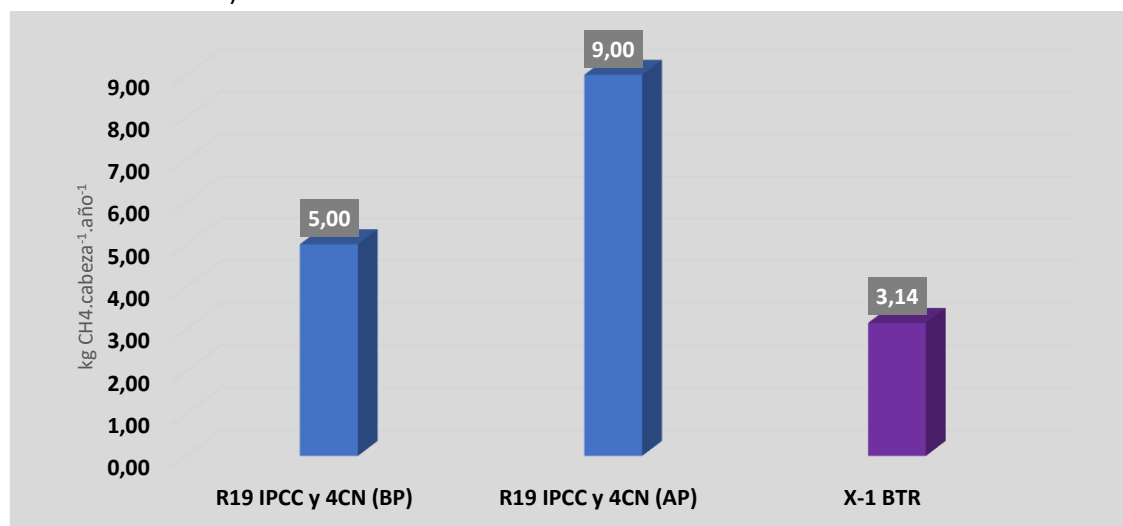


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la figura anterior se observan las tendencias decrecientes o crecientes de emisiones de CH₄ entérico, tras un punto de inflexión en el año 2009, conforme a los DA departamentales dados los FE fijos considerados para las distintas subcategorías.

Figura 5-19.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los FE de la especie ovina según fuentes (kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹)



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-22.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los parámetros y FE obtenidos para la especie ovina en el 1BTR del Py.

R19 del IPCC (T1a)	1 BTR del Paraguay		
FE AP=9; BP=5 kg CH4/cabeza/año	Categorías (edad)	Parámetros considerados	
	Corderitas/Borregas (<1 año). FE=2,52.	Peso: inicial (2); destete (12,5); promedio año (15), a y b (2,1 y 0,45 p/ ENrec.). Producción de lana:no.	Cmant.=0,236 (<1 año), 0,217 (>1 año); Cactiv.=0,01 (pastoreo en plano horizontal); ED=60% y Ym=6,7%.
	Corderitos/Borregos (<1 año). FE=3,57.	Peso: inicial (2); destete (20); promedio año (20), a y b (2,1 y 0,45 p/ ENrec.). Producción de lana:no.	
	M. Adultos (>1 año). FE=3,51 (Laneros); 3,45 (No laneros).	Peso promedio año: 40 kg; % razas laneras (CAN del MAG, 2022); Producción de lana=1 kg/año	
	O. Laneras (>1 año). FE=3,07(Preñadas); 2,82 (No preñadas).	Peso promedio año: 30 kg; % razas laneras y no por dptos.(CAN del MAG, 2022); Producción de lana=1kg/año; producción de leche =no considerado; preñez=30%; crías/parto=1,5 (Cpreñez=0,1).	
	O. No Laneras (>1 año). FE=3,01 (Preñadas); 2,76 (No Preñadas).		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

*Regionalización de la población caprina.

En la figura 5.20 puede observarse la distribución del ganado caprino, con los departamentos de baja, media, alta y muy alta población según el CAN 2022. Además, con la clasificación por categorías etarias proporcionadas en el mismo (machos y hembras: menores y mayores de 1 año de edad) (tabla 5.23) y la información de productividad de las principales razas existentes (razas lecheras como la Saanen y Toggenburg, carniceras como la Boer y predominantes de doble propósito como la Alpina francesa y Criolla, con implicancias en los requerimientos energéticos y FE de los animales), para esta especie pecuaria se pudo avanzar a un tier 2 de

estimación, pero con FE estáticos o fijos, dada la limitación de datos de retrospectivos que evidencien la variación de productividad a lo largo del tiempo.

Figura 5-20.

Fermentación entérica: Regionalización departamental por tamaño del rebaño caprino general según el CAN 2022.

Clasificación ganadera por tamaño del rebaño	
Pequeño	0-7.500 cabezas
Mediano	7.501- 15.000 cabezas
Grande	15.001 - 22.500 cabezas



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-23.

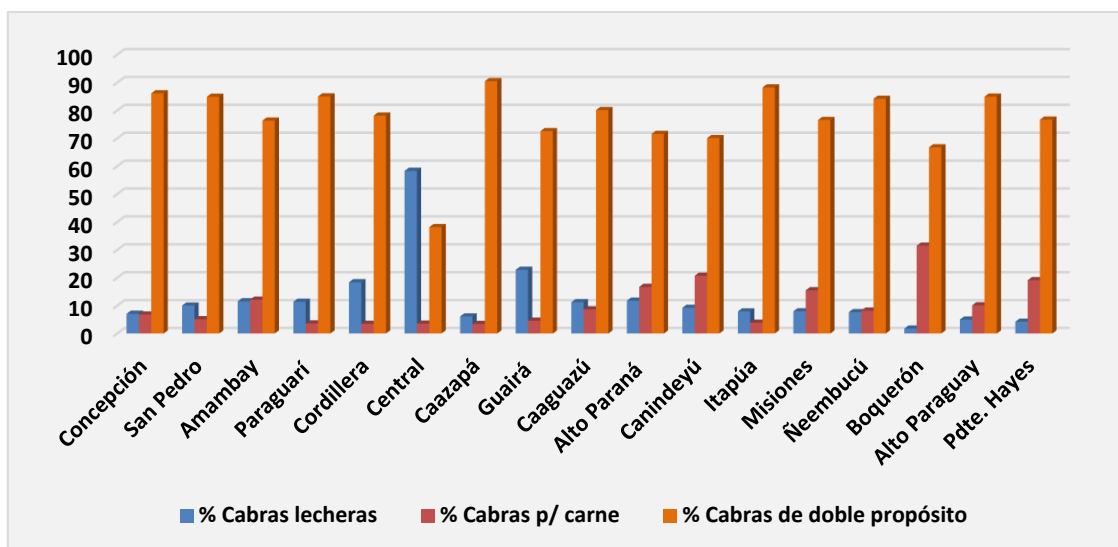
Fermentación entérica: categorización etaria de los caprinos en Paraguay.

Departamentos	Cantidad total de ovinos	Categoría de Hembras				Categoría de Machos			
		Cabritas/Cabrillas (Hembras <1 año)		Cabras (Hembras >1 año)		Cabritos/cabrillas (Machos <1 año)		Chivos/capones (Machos >1 año)	
		% del total	Cantidad de Cabezas	% del total	Cantidad de Cabezas	% del total	Cantidad de Cabezas	% del total	Cantidad de Cabezas
01. Concepción	6.278	24	1.536	51	3.205	14	890	10	647
02. San pedro	16.469	27	4.375	43	7.077	16	2.639	14	2.378
03. Cordillera	4.036	21	835	48	1.952	13	536	18	713
04. Guairá	2.552	23	588	45	1.143	17	434	15	387
05. Caaguazú	9.240	27	2.456	41	3.776	17	1.563	16	1.445
06. Caazapá	5.768	25	1.462	47	2.738	15	854	12	714
07. Itapúa	7.944	31	2.443	42	3.336	15	1.177	12	988
08. Misiones	1.621	18	294	54	881	12	198	15	248
09. Paraguari	4.753	27	1.291	45	2.116	16	774	12	572
10. Alto Paraná	5.583	28	1.550	40	2.253	16	886	16	894
11. Central	1.219	26	320	42	511	15	183	17	205
12. Ñeembucú	6.868	24	1.668	52	3.560	17	1.146	7	494
13. Amambay	1.420	33	473	36	508	18	254	13	185
14. Canindeyú	3.639	22	787	46	1.683	17	626	15	543
15. Presidente Hayes	25.360	23	5.877	51	12.840	17	4.189	10	2.454
16. Boquerón	25.793	24	6.173	51	13.089	18	4.604	7	1.927
17. Alto Paraguay	5.256	18	947	58	3.032	15	806	9	471

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-21.

Fermentación entérica: Regionalización departamental por proporción del rebaño (%) con razas de un (leche, carne) o doble propósito (leche+carne) productivo según el CAN 2022.

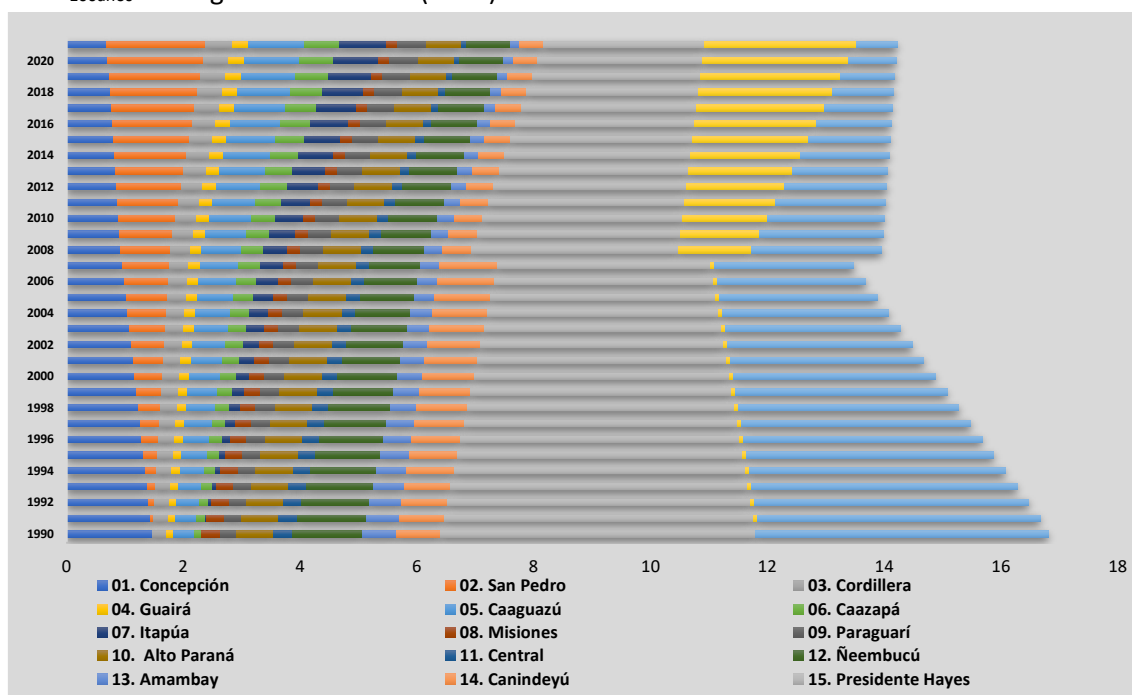


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la Figura 5-22 se presentan las emisiones de la especie caprina por departamentos del país. Como no se disponen valores nacionales de la Ym para la especie caprina, fue utilizado el valor propuesto por el Refinamiento 2019 del IPCC (5,5%), con lo cual fue obtenido un FE promedio de 4,33 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹, en comparación a los valores por defecto propuestos por el IPCC para la región de LAC (5 y 9 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹ para sistemas de BP y AP) respectivamente como se observa en la figura 5.23 junto a los parámetros utilizados para su obtención en la tabla 5.24.

Figura 5-22.

Fermentación entérica: Emisiones del ganado caprino en Paraguay (kt CO₂ eq) utilizando GWP_{100años}=28 según AR5 del IPCC (2014).

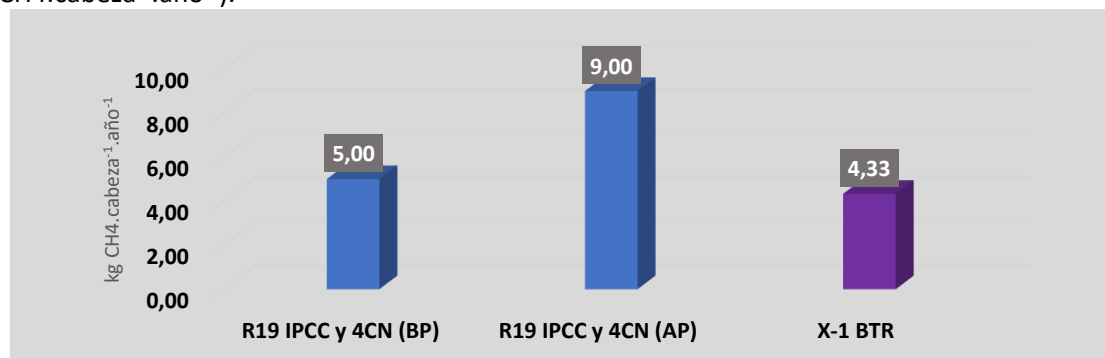


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la Figura 5-22 se observan las tendencias decrecientes o crecientes de emisiones de CH₄ entérico, tras un punto de inflexión en el año 2007, conforme a los DA departamentales dados los FE fijos generados para las distintas subcategorías.

Figura 5-23.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los FE de la especie caprina según fuentes (kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-24.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los parámetros y FE obtenidos para la especie caprina en el 1BTR del Py.

R19 del IPCC (T1a)	1 BTR del Paraguay		
FE AP=9; BP=5 kg CH ₄ /cabeza/año	Categorías (edad)	Parámetros considerados	
	Cabritas (<1 año). FE=2,76	Peso: inicial (2); destete (12,5); promedio año (15), a y b (5 y 0,33 p/ENrec.)	Cmant.=0,315 ; Cactiv.=0,01 (pastoreo en plano horizontal); ED=60% y Ym=5,5%.
	Cabritos (<1 año). FE=3,74	Peso: inicial (2); destete (20); promedio año (20), a y b (5 y 0,33 p/ENrec.)	
	M. Adultos (>1 año). FE=3,98	Peso promedio año: 40 kg;	
	C. Lecheras (>1 año). FE=7,24 (Preñadas); 6,90 (No preñadas)	Peso promedio año: 35 kg; % cabras lecheras y no por dptos.(CAN del MAG, 2022); Producción de leche =1,5 kg/día en razas lecheras y con 12,5 kg de peso al destete en razas no lecheras; preñez=50%; crías/parto=1,5 (Cpreñez=0,1).	
	C. No Lecheras (>1 año). FE=4,30 (Preñadas); 3,97 (No Preñadas)		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

*Regionalización de la población porcina.

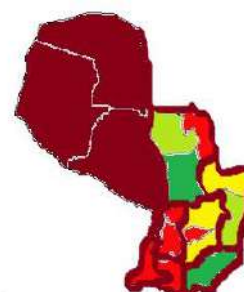
En la Figura 5-24 puede observarse la distribución del ganado porcino en departamentos de muy baja, baja, media y alta población. Los animales para faena se hallan categorizados en el CAN 2022 (lechones de hasta 2 meses de edad; recría+terminación de 4 a 6 meses) al igual que aquellos cerdos de cría (marranas y verracos reproductores), ello aunado al hecho de que contar con datos raciales permitió ponderar el peso vivo por categorías y propósitos, permitiendo avanzar a un tier 1 mejorado de estimación utilizando la fórmula propuesta por Franz *et al.* (2010) donde Lt de diarios de $CH_4.cabeza^{-1}=0,07 \times (\text{peso vivo})^{0,99}$ (considerando la densidad de $CH_4=0,656 \text{ kg.m}^3$), a pesar de que el Refinamiento del IPCC (2019) no propone una metodología de cálculo para la generación de FE en tier 2, con un valor por defecto de $1-1,5 \text{ kg } CH_4.cabeza^{-1}.año^{-1}$ en tier 1 para sistemas de BP y AP respectivamente.

Los mejorados FE (tier 1a) generados para las categorías ponderadas de esta especie animal se consideran estáticos o fijos, dada la limitación de datos retrospectivos que evidencien la variación del peso vivo y metabólico a lo largo del tiempo.

Figura 5-24.

Regionalización departamental por tamaño de la piara de diverso propósito según CAN 2022.

Clasificación ganadera por tamaño de la piara	
Muy pequeño	0-10.000 cabezas
Pequeño	10.001-100.000 cabezas
Mediano	100.001- 200.000 cabezas
Grande	200.001 - 300.000 cabezas
Muy grande	300.001 - 400.000 cabezas



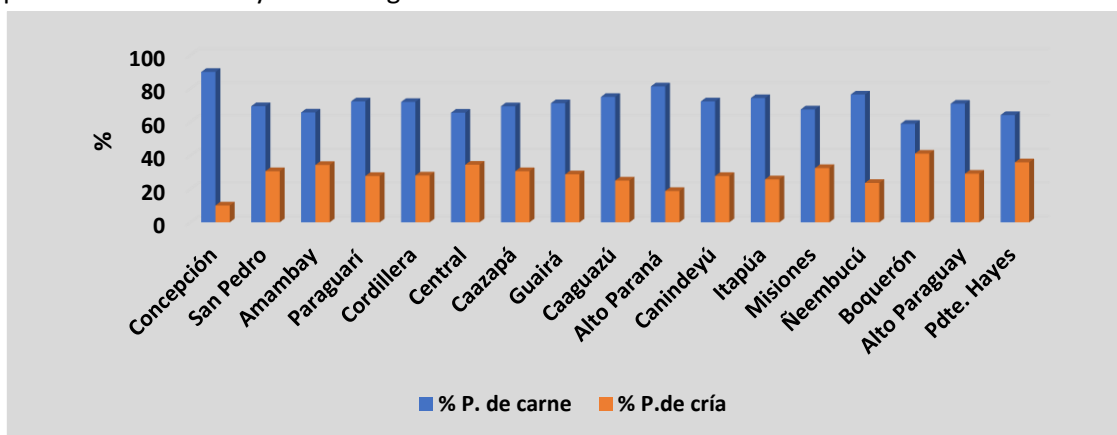
Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Para la obtención de los FE en tier 1a, dada la disponibilidad de DA de los cerdos para carne (considerados de AP por consulta a expertos) y cría (considerados de BP por consulta a expertos) en función a parámetros productivos como la edad y el peso de terminación; el % de cerdos

destetados.año⁻¹ etc. se caracterizó cada subpoblación, predominando los cerdos para producción de carne como se observa en la figura 5-25.

Figura 5-25.

Fermentación entérica: Regionalización departamental por proporción de la pira (%) para producción de carne y de cría según el CAN 2022.

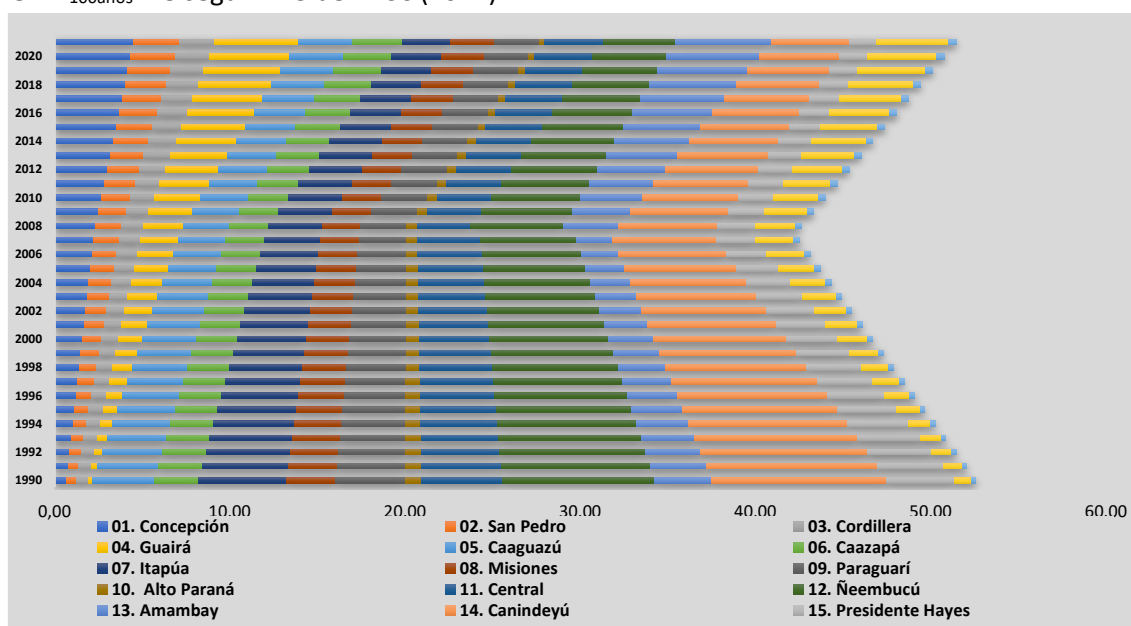


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la figura 5.26 se presentan las emisiones de CH₄ entérico de la especie porcina por departamentos del país, utilizando el peso metabólico de las diversas subcategorías con lo cual fue obtenido un FE promedio de 1,87 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹, en comparación a los valores por defecto propuestos por el IPCC para la región de LAC (1,00 y 1,50 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹ para sistemas de BP y AP) respectivamente como se observa en la figura 5.27 junto a los parámetros utilizados para su obtención en la tabla 5.25.

Figura 5-26.

Fermentación entérica: Emisiones del ganado porcino en Paraguay (kt CO₂ eq) utilizando GWP_{100años}=28 según AR5 del IPCC (2014).

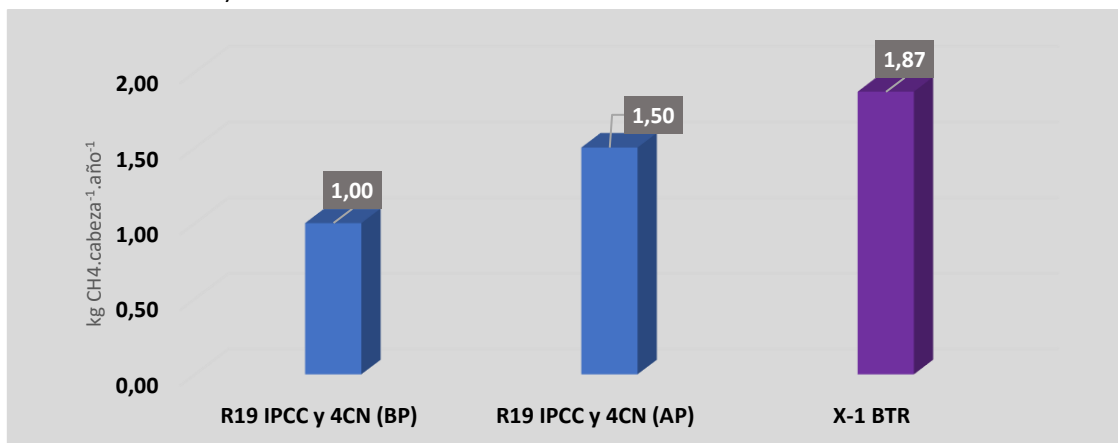


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la figura anterior se observan las tendencias decrecientes o crecientes de emisiones de CH₄ entérico, tras un punto de inflexión en el año 2006, conforme a los DA departamentales dados los FE fijos generados para las distintas subcategorías.

Figura 5-27.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los FE de la especie porcina según fuentes (kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-25.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los parámetros y FE obtenidos para la especie porcina en el 1BTR del Py.

Categoría animal	Definición	Rangos de peso vivos (kg)	X (kg)	Lt CH ₄ /día	kg CH ₄ /cab/año	R19 IPCC (T1)
Marranas	Hembras adultas que han completado su crecimiento, destinándose a la cría.	150-200	175	11,63	2,79	1-1,5 kg CH ₄ /cabeza/año calculado en función a animal adulto de 52-72 kg de peso vivo.
Verracos	Machos adultos dedicados a la cría.	200-250	225	14,92	3,58	
Recría y engorde	Macho y hembras en crecimiento de entre 2-6 meses de edad	21-100	60,5	4,06	0,97	
Lechones	Animales machos y hembras recién nacidos hasta 2 meses de edad de edad	0-20	10	0,68	0,16	
Promedio			117,62	7,82	1,87	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

*Regionalización de la población equina.

En la Figura 5-28 puede observarse la distribución del ganado equino, con los departamentos de baja, media y alta población. Si bien esta especie de ganado no se halla categorizada en el CAN 2022, correspondiendo sólo a la población de equinos criados para trabajo en los establecimientos ganaderos (excluyendo por tanto a aquellos con propósito recreativo o deportivo), aunado al hecho de que el Refinamiento del IPCC (2019) no propone una metodología de cálculo para la generación de FE en tier 2, con un valor por defecto de 18 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹, en el presente reporte se pudo avanzar a un tier 1 mejorado de estimación utilizando la fórmula propuesta por Franz *et al.* (2010) donde Lt diarios de CH₄.cabeza⁻¹=0,18 x (peso vivo)^{0,97}.

Figura 5-28.

Regionalización departamental por tamaño de la manada equina según CAN 2022.

Clasificación por tamaño de la manada	
Pequeño	0-10.000 cabezas
Mediano	10.001- 20.000 cabezas
Grande	20.001 - 30.000 cabezas
Muy grande	30.001 - 40.000 cabezas



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Para la generación de FE mejorados (T1a) se ponderó por juicio de expertos (de la academia, FCV-UNA e independientes), la proporción de animales (Tabla 5-26) y peso vivo de cada categoría etaria (potro, potranca, yegua y cojudo o castrado) (Tabla 5-27) considerando la densidad de $CH_4=0,656 \text{ kg.m}^3$.

Los mejorados FE (tier 1a) generados para las subcategorías de la población equina se consideran estáticos o fijos (Figura 5-29), dada la limitación de datos retrospectivos que evidencien la variación del peso vivo y metabólico a lo largo del tiempo.

Tabla 5-26.

Fermentación entérica: caracterización y proporción porcentual de la población equina.

Subcategoría	Definición	Proporción (%)
Yeguas	Hembras adultas que han completado su crecimiento, destinándose a la cría u otro objetivo.	30,00
Padrillos/Castrados	Machos adultos dedicados a la cría o el trabajo.	28,20
Potros	Machos en crecimiento hasta la montura (doma).	10,40
Potrancas	Hembras en crecimiento hasta aprox. 3 años de edad	10,40
Potrillos	Animales machos y hembras recién nacidos hasta aprox. 1 año de edad	21,00
Total		100,0

Referencia: se asume % preñez (70%); igual proporción de machos y hembras al tratarse mayormente de animales para trabajo en estancias y mortandad neonatal (1%).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-27.

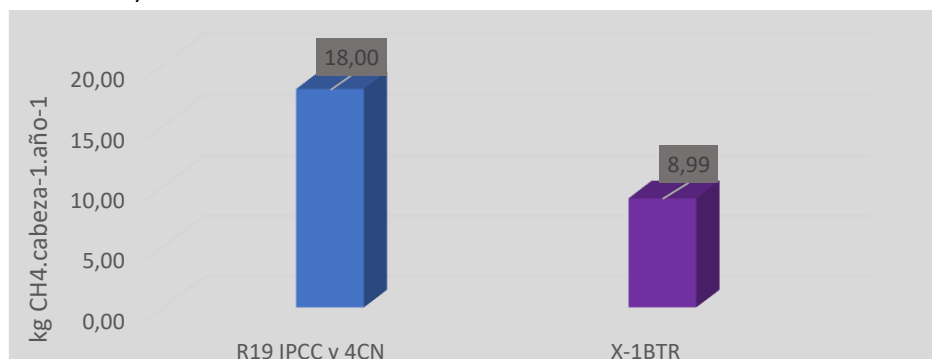
Fermentación entérica: FE ajustados por peso metabólico (Franz *et al.*, 2010) de subcategorías etarias de la población equina.

Categoría animal	Rangos de peso vivos (kg)	X (kg)	Lt CH_4 . día ⁻¹	kg CH_4 . Cab-1.año-1	R19 IPCC (T1)
Yegua	250-400	325	49,18	11,79	18 kg CH_4 /cab/año calculado en función a animal adulto de 550 kg de peso vivo.
Padrillos/Castrados	400-500	450	67,44	16,17	
Potros	200-250	225	34,43	8,26	
Potrancas	150-200	175	26,98	6,47	
Potrillos	30-90	60	9,55	2,29	
Promedio	No aplica	247,5	37,51	8,99	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-29.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los FE de la especie equina según fuentes (kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

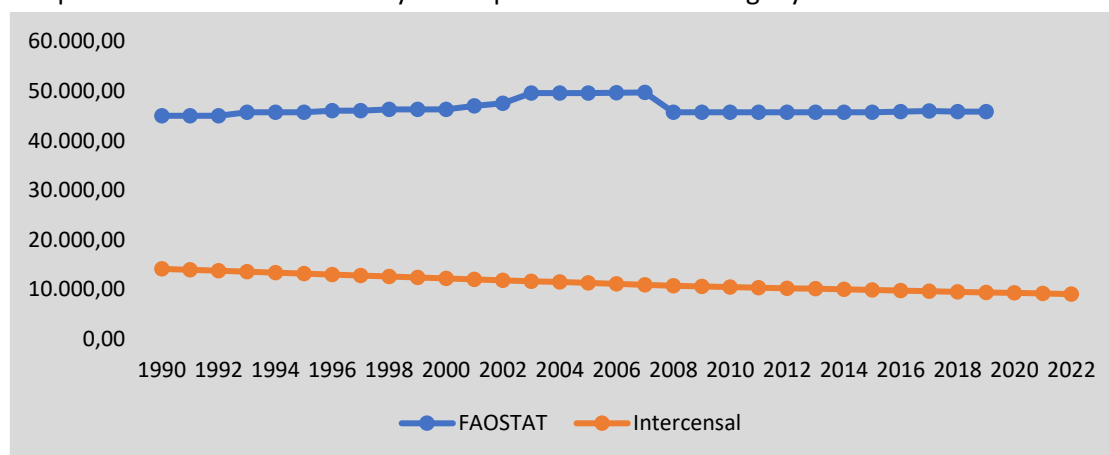
Como se observa en la figura anterior, los FE mejorados presentaron 8,99 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹ de promedio, en comparación al valor por defecto del IPCC para LAC (18) utilizado en la 4CN.

***Regionalización de la población de asnos y mulas.**

Una primera mejora realizada para este tipo de ganado fue el ajuste de los DA a través de los resultados del CAN 2022 y la interpolación como técnica de empalme (figura 5.30). Este ejercicio permitió reducir las 45.000 cabezas de ganado existentes según FAOSTAT (considerado en la 4CN), a aproximadamente 10.000 cabezas existentes según el CAN 2022. Además, si bien no se cuenta con evaluación cuantitativa de la incertidumbre, esta mejora probablemente contribuya a reducir la incertidumbre asociada a los DA del orden de $\pm 20\%$ para esta población de ganado, a diferencia de las demás especies pecuarias que ostentaban incertidumbre de sus DA $\pm 5\%$ en la 4CN.

Figura 5-30.

Interpolación de los DA de asnos y mulas para el 1BTR del Paraguay.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

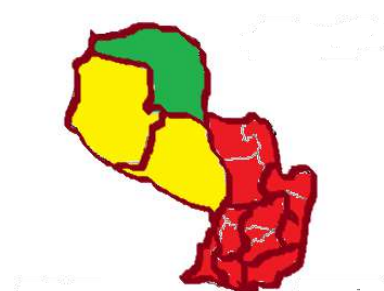
Posteriormente, como en caso del ganado equino, si bien esta especie no se halla categorizada en el CAN 2022, aunado al hecho de que el Refinamiento del IPCC (2019) no propone una metodología de cálculo para la generación de FE en tier 2, con un valor por defecto de 10 kg de CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹, en el presente reporte se avanzó a un tier 1a (mejorado) de estimación

utilizando la misma fórmula propuesta por Franz *et al.* (2010) donde Lt diarios de CH_4 .cabeza⁻¹ = $0,18 \times (\text{peso vivo})^{0,97}$. Para ello, a partir de la población observada en la figura 5.30, se ponderó por juicio de expertos la proporción de animales (burros/as o asnos; mulas=yeguas*burros; burdéganos/as=burras*padrillos) (tabla 5.28) y peso vivo de cada categoría etaria (tabla 5.29), considerando la densidad de CH_4 =0,656 kg.m³. Los mejorados FE (tier 1a) generados para las categorías ponderadas de esta especie animal se consideran estáticos o fijos, dada la limitación de datos retrospectivos que evidencien la variación del peso vivo y metabólico a lo largo del tiempo.

Figura 5-31.

Regionalización departamental por tamaño de la manada de asnos y mulas según CAN 2022.

Clasificación ganadera por tamaño del rebaño	
Pequeño	0-800 cabezas
Mediano	801- 1.600 cabezas
Grande	1.601 - 2.400 cabezas



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-28.

Fermentación entérica: caracterización y proporción porcentual de la población de asnos y mulas.

Categoría animal	Definición	Proporción (%)
Burras, mulas o burdéganas	Hembras adultas que han completado su crecimiento, destinándose a la cría u otro objetivo.	30,00
Burros, mulas o burdéganos	Machos adultos dedicados a la cría o el trabajo.	28,20
Burritos o afines ≥1 año	Machos en crecimiento hasta la montura (doma).	10,4
Burritas o afines ≥1 año	Hembras en crecimiento hasta aprox. 3 años de edad	10,4
Burritos/as o afines <1 año	Animales machos y hembras recién nacidos hasta aprox. 12 meses	21,0
Total		100,00

Referencias: burros/as o asnos; mulas=yeguas*burros;burdéganos/as=burras*padrillos).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-29,

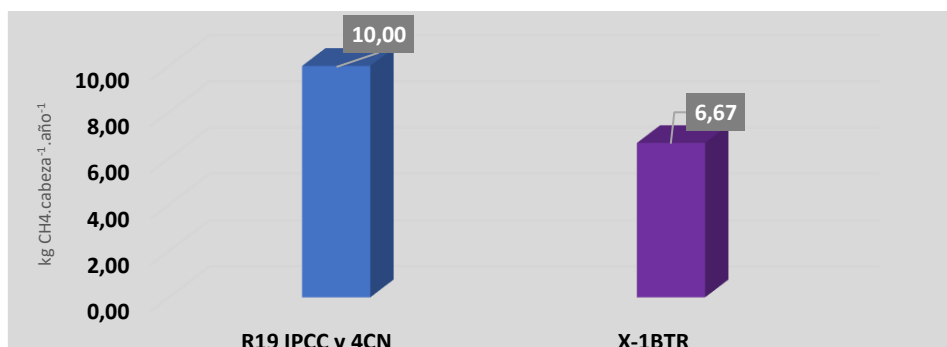
Fermentación entérica: FE ajustados por peso metabólico (Franz *et al.*, 2010) de subcategorías etarias de la población de asnos y mulas.

Categoría animal	Rangos de peso vivos (kg)	X (kg)	Lt CH ₄ . día ⁻¹	kg CH ₄ . Cab-1.año-1	R19 IPCC (T1)
Burras, mulas o burdéganas	200-240	220	33,68	8,08	10 kg CH ₄ /cabeza/año calculado en función a animal adulto de 245 kg de peso vivo.
Burros, mulas o burdéganos	310-320	315	47,71	11,44	
Burritos o afines ≥1 año	140-220	180	27,73	6,65	
Burritas o afines ≥1 año	120-180	150	23,23	5,57	
Burritos/as o afines <1 año	20-65	42,5	6,84	1,64	
Promedio	No aplica	181,5	27,83	6,67	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-32.

Fermentación entérica: Resumen comparativo de los FE de asnos y mulas según fuentes (kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Como se observa en la figura anterior, los FE mejorados presentaron 6,67 kg CH₄.cabeza⁻¹.año⁻¹ de promedio, en comparación al valor por defecto del IPCC para LAC (10) utilizado en la 4CN.

***Regionalización de la población aviar.**

Si bien las guías del IPCC no proponen una metodología para la estimación de las emisiones de CH₄ entérico por el ganado avícola, es igualmente importante su caracterización como la de la especie porcina por su incidencia en las emisiones de CH₄ y N₂O provenientes de la gestión del estiércol. Cabe destacar, que como fuente adicional de datos censales, los DA y pesos de cerdos y aves destinados a faena se disponen en el registro industrial del SENACSA. Así pues en las figuras 5.33 y 5.34 se aprecia la distribución de la parvada en departamentos de muy baja, baja, media y alta población para aves de faena (usualmente denominados “pollos parrilleros” aunque las aves pueden ser de ambos sexos) y aves de corral (ponedoras) respectivamente.

Figura 5-33.

Regionalización departamental por población de aves para faena según CAN 2022.

Clasificación de parrilleros comerciales por tamaño de la parvada	
Muy pequeño	0-100.000 cabezas
Pequeño	100.001-1.000.000 cabezas
Mediano	1.000.001- 2.000.000 cabezas
Grande	2.000.001 - 3.000.000 cabezas
Muy grande	≥3.000.001 cabezas



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-34.

Regionalización departamental por población de aves ponedoras según CAN 2022.

Clasificación por tamaño de la parvada de aves ponedoras	
Muy pequeño	0-100.000 cabezas
Pequeño	100.001-800.000 cabezas
Mediano	800.001- 1.600.000 cabezas
Grande	1.600.001 - 2.400.000 cabezas
Muy grande	≥2.400.001 cabezas



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.2.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

En el caso del INGEI del Paraguay, la principal alusión a la que se hace mención aquí es respecto al plazo de presentación del DIN para el 1BTR, ya que se alienta a las Partes a que el último año de presentación del informe no supere los 2 años antes de la presentación del DIN. Por lo tanto, se espera a que, de presentar sus BTR en 2024 los países realicen estimaciones hasta el 2022; no obstante, haciendo uso de la flexibilidad de 3 años, el Paraguay pretende presentar su 1BTR (incluyendo el DIN correspondiente) en 2024 con estimaciones hasta el 2021, como último año inventariado. Ello guarda relación con el limitado tiempo de gestión de datos para el 1BTR del Paraguay, lo que condicionó el Cronograma del Proyecto implicado, de la siguiente manera: 1BTR a presentarse en 2024 con serie temporal 1990-2021 y 5CN+2BTR como reportes combinados con serie temporal 1990-2023 a presentarse en 2026.

5.2.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal se considera coherente en el tiempo en virtud a que las emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando las mismas fuentes oficiales de DA (CAN del MAG y SENACSA) o técnicas de empalme, así como la misma metodología de obtención de los FE de 1990 a 2021, de modo a que los resultados reflejen las circunstancias nacionales antes que cambios metodológicos puntuales. En tal sentido, aunque debido al corto periodo de preparación del 1BTR del Paraguay **no ha sido posible la estimación cuantitativa de la incertidumbre asociada a los DA o FE utilizados**, se hipotetiza que los esfuerzos del país por desagregar los datos ganaderos en todas las subcategorías animales posibles y la regionalización a nivel subnacional (municipios/departamentos), redundará en potenciales beneficios como la mejora de la precisión a través de la reducción del sesgo e incertidumbre proveniente de la generalización de datos no representativos.

5.2.5. AC/CC de la categoría

Al igual que en los anteriores reportes, en la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR del Paraguay, se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las Directrices del IPCC del 2006 para la categoría de fermentación entérica del ganado, realizándose a modo de buenas prácticas las siguientes actividades:

Verificación de la recopilación y entrada de los datos, mediante:

- Recopilación documental y diseño del marco metodológico. Para ello fue creado un repositorio digital recopilándose de manera sistemática todos los inputs de interés.

- Verificación de los DA y parámetros considerados para la generación de los FE a partir del diseño metodológico, incluyendo registro y crédito a los/as autores/as a los fines de transparencia.
- Cotejo de la representatividad de los DA y parámetros considerados para la generación de los FE con los stakeholders. Al respecto, cabe destacar que el país ha procurado establecer un proceso altamente participativo para la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR.
- Verificación de errores de transcripción en los datos de entrada.
- Verificación de las unidades de medida de los parámetros o variables de interés.
- Verificación de la completitud de los datos para las distintas subcategorías, serie temporal y unidades geográficas.

Documentación de datos

- Revisión del archivo y la documentación interna, alojados inicialmente en el repositorio digital y su correspondiente back up, además de la entrega de avances (outputs) en físico para el Proyecto “1BTR+5CNy2BTR” del Paraguay.

Recálculo

- Verificación de formulaciones y resultados del recálculo
- Cotejo de parámetros considerados en los anteriores reportes del país y del IPCC

CC de la categoría específica

- Evaluación de los FE obtenidos mediante cotejo con anteriores reportes del país y los valores por defecto del IPCC.
- Revisión de los resultados estimados de emisiones de CH₄ entérico, incluyendo como puntos de control resultados de metodologías alternativas de estimación de emisiones del CH₄ entérico (ej. Consumo de Materia Seca-CMS; Consumo de Alimento Residual-CAR etc.)
- Uso de lenguajes de programación y gráficos para verificación de la coherencia y tendencia de los datos.

Aseguramiento de calidad (AC)

- Como es de rigor, el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR fue sometido a un proceso de revisión por pares. De esta revisión externa se recibieron una serie de recomendaciones, las cuales fueron sistematizadas en el Plan de AC/CC, para su análisis por el equipo técnico del INGEI incluyendo estimación de los plazos de mejora. Al respecto, en el Anexo V se presentará la sistematización de las principales recomendaciones y su estado de implementación.

5.2.6. Nuevos cálculos de la categoría

La elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR ha implicado el recálculo de la toda su serie temporal (1990-2021), debido a los siguientes factores:

- Disponibilidad de información actualizada a través del último CAN 2022 del MAG. Al respecto, cabe destacarse la variación de la tendencia de los DA y la disponibilidad reciente de otros parámetros como p.ej. la proporción de animales en cada sistema productivo: extensivo, semi/estabulado, que posibilitó realizar ajustes en las subcategorías de los bovinos no/lecheros que anteriormente ya fueron estimados en tier 2, así como avanzar a niveles superiores de cálculo (1a/2) en todas las demás sub/categorías ganaderas.

- Mayor desagregación de las subcategorías de ganado por aptitud productiva, etapa fisiológica y nivel subnacional.
- Nuevas fuentes de parámetros de datos productivos utilizados para el ajuste de los FE utilizados en tier 2 (p. ej. oficial relación ternero/vaca; proporción de vacas en producción u ordeño; producción diaria de leche y tenor graso etc.).
- El ajuste de la ENmantenimiento por t° invernal y la generación de FE dinámicos en las especies bovina y bubalina.

Por tanto, estos recálculos se realizaron para las mejoras metodológicas del presente inventario, entre ellos nuevos DA y FE país-específicos más detallados. Al respecto, En la Tabla 5-30 y Figura 5-35 se presenta un resumen comparativo entre las emisiones de GEI de la categoría fermentación entérica de INGEI anteriores (3IBA y 4CN) y el actual (1BTR), en la cual se observa una disminución de las emisiones de CH₄ entérico a pesar que el GWP_{100años} para el CH₄ fue menor en el 3IBA (21 vs 28) basado en el SAR del IPCC (1995) e igual (28 vs 28) entre la 4CN y el 1BTR basado en el AR5 del IPCC (2014). Dichas diferencias son atribuibles a las mejoras metodológicas realizadas a través de la desagregación tanto de los DA como de los FE, para evitar el sesgo e incertidumbre asociado a la generalización de valores no representativos para todos los casos.

Tabla 5-30.

Fermentación entérica: comparación de emisiones de la categoría fermentación entérica del ganado por reportes del país (kt CO₂ eq).

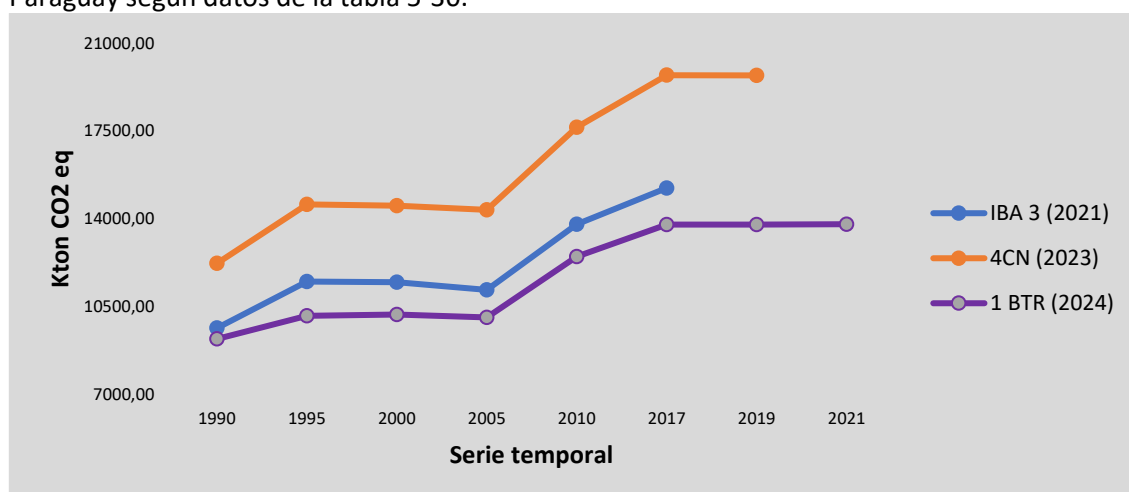
Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
3 IBA	9.640,40	11.492,62	11.468,73	11.166,57	13.773,70	15.219,08		
4 CN	12.216,90	14.560,00	14.517,50	14.346,96	17.636,90	19.711,50	19.704,70	
1 BTR	9.206,32	10.215,55	10.214,89	10.087,19	12.522,31	13.798,34	13.791,47	13.793,09
Δ 3IBA-1BTR	-434,08	-1.277,07	-1.253,84	-1.079,38	-1.251,39	-1.420,74	No aplica	No aplica
Δ 4CN-1BTR	-3.010,58	-4.344,45	-4.302,61	-4.259,77	-5.114,59	-5.913,16	-5.913,23	No aplica

Referencia: Series temporales del 3IBA (1990-2017, año de reporte: 2021); 4CN (1990-2019, año de reporte:2023) y 1 BTR (1990-2021, año de reporte: 2024); En 3IBA, GWP100años=21 según AR2 del IPCC, 1995 y p/ la 4CN-1 BTR=28 según AR5 del IPCC, 2014.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Figura 5-35.

Comparación de emisiones por fermentación entérica del ganado (kt CO₂ eq) en reportes del Paraguay según datos de la tabla 5-30.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.2.7. Mejoras planificadas para la categoría

La presente descripción se basa en aspectos de mejora continua identificados ya en reportes anteriores, así como los hallados durante el ejercicio de preparación y la evaluación por pares del 1BTR. Entre estos aspectos de mejora se encuentran:

- **Consolidación de parámetros productivos representativos para estimación del tier 2.** Al respecto, si bien el Paraguay ha logrado reportar la categoría fermentación entérica en tier 2 desde el 3IBA (2021), dada la incidencia en la generación precisa de los FE se recomienda el relevamiento regionalizado de las siguientes variables, a partir de un diseño muestral representativo: **peso vivo; digestibilidad; producción diaria de leche y tenor graso;** tamaño promedio de establo/potrero; ganancia diaria de peso; porcentaje de preñez, horas de trabajo en animales de tiro como los bueyes. Particularmente, los variables resaltadas son las de mayor incidencia en los requerimientos energéticos y por ende, en la Ym y los FE del INGEI, por lo cual se recomienda procurar el relevamiento con los stakeholders.
- **Avance en las evaluaciones cuantitativas de incertidumbre** que permitan conocer los valores probables de los DA utilizados/FE generados. Al respecto, se recomienda el fortalecimiento de las capacidades técnicas del país para evaluaciones de incertidumbre que permitan estimar la precisión y mejorar continuamente la calidad de los resultados.
- Al tratarse consistentemente de la principal categoría de emisión de los INGEI, gestionar **oportunidades de I+D** que permitan generar en tier 3 valores/modelaciones matemáticas con buena sensibilidad o criterios de bondad de ajuste, de modo a que más de la alimentación, se puedan captar otros efectos de incidencia significativa en las emisiones de CH₄ entérico: raciales, estacionales, individuales etc.
- Explorar **metodologías alternativas** de estimación de emisiones de CH₄ entérico por rasgos correlacionados como el CMS diario, consumo de alimento residual, proporción de ácidos grasos polinsaturados en la leche etc. Al respecto, en las grandes cuencas lecheras del Paraguay, se ha constatado la disponibilidad de parámetros nutricionales presentándose por ej. en muchos casos valores altamente eficientes de 17,0 vs 19,5 gr de CH₄ producidos/kg de CMS consumida en promedio⁻¹ por las vacas lecheras de AP según referencia del IPCC, lo cual reduce la Ym_{≥6} y por ende los FE generados.
- Al igual que el ajuste de la EN_{mantenimiento} por temperaturas invernales, **indagar los potenciales efectos del estrés calórico sobre el consumo de alimento y la metanogénesis**, considerando que éste ha sido uno los impactos climáticos de mayor frecuencia e intensidad sobre la ganadería paraguaya durante los últimos 30 años (Cáceres, L. para ACIDI-VOCA USAID, 2017), pudiendo provocar grandes mermas en el consumo de alimentos, los requerimientos energéticos y por ende, los FE de CH₄ entérico.

Naturalmente, estas mejoras requerirán la gestión de los medios de implementación necesarios (recursos humanos, tecnológicos y financieros) así como de articulaciones interinstitucionales que posibiliten el fortalecimiento de las capacidades y la robustez de los reportes nacionales, visualizándose las mejoras para el 3BTR (2028) del país en la medida de lo posible.

5.3. Gestión del estiércol (CRT 3.B)

Esta categoría del INGEI abarca las emisiones anuales tanto de CH₄ como de N₂O producidas por los distintos “sistemas de gestión, tratamiento o manejo de los purines (estiércol + orina)” de los animales. Así, en esta sección serán abordadas las emisiones de CH₄ y las emisiones directas e indirectas de N₂O producidas por la gestión de purines de los animales mientras que las emisiones directas e indirectas de N₂O relacionadas al ganado en pastoreo (sin gestión del estiércol), serán descritas a partir de las fuentes FPRP_{CPP, SO} en la sección correspondiente de la categoría de los suelos agrícolas.

5.3.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En el caso nacional, para el cálculo de emisiones de CH₄ y N₂O de los sistemas de gestión del estiércol, el Paraguay ha realizado el esfuerzo de mantener las mismas subcategorías animales consideradas para la categoría fermentación entérica (tabla 5.11), por características etarias, productivas y fisiológicas. El número de dichas subcategorías son: bovinos lecheros (4), bovinos no lecheros (12), bubalinos (11), ovinos (8), caprinos (7), porcinos (4) y equinos, asnos y mulas (5). Además, en tier 2 se pudieron generar FE utilizando la estimación del requerimiento diario de EB para las especies rumiantes y en tier 1 para las demás especies no rumiantes, y a nivel subnacional (disgregándose los DA al igual que para la fermentación entérica por municipios en caso de los bovinos lecheros y por departamentos para las demás especies y subcategorías ganaderas). No obstante, como fue mencionado anteriormente, a diferencia de la fermentación entérica, en la categoría gestión del estiércol del INGEI son computadas también las emisiones de GEI de las aves en 2 subcategorías: para carne (pollos parrilleros) y de corral (ponedoras).

Si bien en las plantillas de cálculo se encuentran disponibles los valores de emisión desagregados por subcategorías a nivel subnacional en la Tabla 5.31 se presenta el resumen de las emisiones de CH₄ por los sistemas de gestión del estiércol del ganado. Así también en la Figura 5.36 se presenta la tendencia desde 1990 y el valor de emisiones del último año inventariado (2021) que ostentan al bovino no lechero, seguido de los cerdos y aves como principales especies de emisión de GEI en esta categoría. Particularmente, desde el año 2008 se nota un incremento de emisiones del ganado bovino lechero, porcino y avícola lo que guarda relación con el incremento de los DA de estos ganados, mientras que retrospectivamente la tendencia es en meseta e inclusive decreciente para el ganado lechero. Para el ganado equino, de asnos y mulas las emisiones por la gestión del estiércol corresponden íntegramente a las de CH₄ pues en un 100% los animales fueron considerados en pastoreo, por lo que sus emisiones de N₂O se contabilizan en la categoría de suelos agrícolas.

Tabla 5-31.

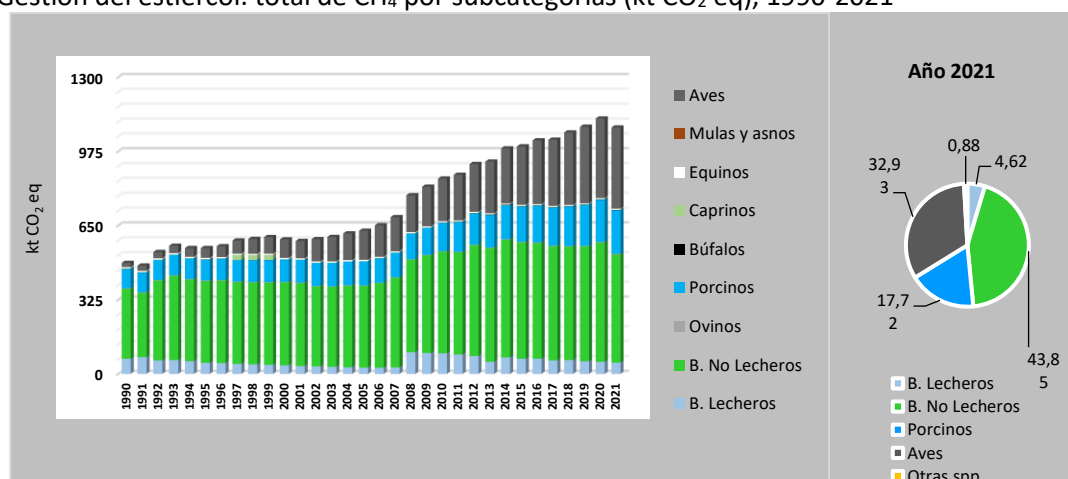
Gestión del estiércol: total de CH₄ y N₂O emitido por categoría animal (kt CO₂ eq).

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Variación (%)
3.B.1.a. Bovinos lecheros	66,59	48,98	37,89	27,61	90,62	66,70	55,54	53,14	49,83	-32,25
3.B.1.b. Otros vacunos	306,18	357,76	362,74	358,20	445,33	509,58	503,28	522,11	473,27	+65,24
3.B.2. Ovinos	2,74	2,58	2,43	2,28	2,29	2,57	2,78	2,82	2,89	+6,64
3.B.3. Porcinos	85,06	91,72	98,36	105,00	124,22	142,01	179,04	182,59	191,21	+122,69
3.B.4.a. Búfalos	0,16	0,19	0,18	0,20	0,30	1,09	0,83	0,84	0,95	+493,75
3.B.4.d. Caprinos	1,87	1,77	1,66	1,56	1,56	1,61	1,64	1,65	1,66	-10,75
3.B.4.e. Equinos	5,49	5,23	5,05	4,87	4,62	4,27	3,99	3,92	3,85	-28,30
3.B.4.f. Mulass y asnos	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	-40,00
3.B.4.g. Aves	17,93	42,52	80,49	126,91	186,25	255,56	335,21	348,57	355,40	+1.881,04
TOTAL	486,21	551,01	589,05	626,85	855,41	996,29	1.082,53	1.118,69	1.079,31	+121,98

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-36.

Gestión del estiércol: total de CH₄ por subcategorías (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.3.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de CH₄ de la categoría *gestión del estiércol* se utilizó la metodología del Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006, aplicándose como se ha mencionado el tier 2 para las especies rumiantes (bovinos no/lecheros, bubalinos, ovinos y caprinos conforme a la disponibilidad metodológica), mientras que para las demás especies pecuarias y la estimación de las emisiones directas e indirectas de N₂O se aplicó el tier 1.

Tabla 5.32.

Gestión de Estiércol: resumen de métodos aplicados por subcategoría.

Código	Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.	Gestión del estiércol			T2,T1, NO, NA	D,NO,NA	T1a,NO,NA	D,IE, NO,NA
3.B.1.	Vacunos			T2	PE	T1	D, IE
3.B.1.a.	Vacas lecheras			T2	PE	T1	D, IE
3.B.1.b.	Otros vacunos			T2	PE	T1	D, IE
3.B.2.	Ovinos			T2	D	T1	D, IE
3.B.3.	Porcinos			T1	D	T1	D, IE
3.B.4.	Otro ganado			T2, T1a, NO, NA	D,NO,NA	T1,NO,NA	D,IE,NO,NA
3.B.4.a.	Búfalos			T2	PE	T1	D, IE
3.B.4.b.	Camélidos			NO	NO	NO	NO
3.B.4.c.	Ciervos			NO	NO	NO	NO
3.B.4.d.	Caprinos			T2	PE	T1	D, IE
3.B.4.e.	Equinos			T1a	D	T1	D, IE
3.B.4.f.	Mulas y asnos			T1a	D	T1	D, IE
3.B.4.g.	Aves de corral			T1	D	T1	D, IE
3.B.4.h.	Otras especies			NA	NA	NA	NA

Referencias: T1 = Nivel 1; T2= Nivel 2; D = Por defecto; PE = País-específico; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre; a (mejorado o regionalizado).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Para la estimación de CH₄ en tier 1, se utilizaron las ecuaciones (c y d) en las especies y subcategorías no rumiantes, mientras que para los rumiantes y sus subcategorías la ecuación (e y f) a partir de la estimación de EB utilizada para la fermentación entérica.

Gestión del estiércol: emisiones de CH₄ en tier 1 para las especies no rumiantes y sus subcategorías.

$$CH_{4(mm)} = \left[\sum_{T,S,P} \left(N_{(T,P)} \bullet VS_{(T,P)} \bullet AWMS_{(T,S,P)} \bullet EF_{T,S,P} \right) / 1000 \right] \quad (c)$$

Donde:

$CH_{4(mm)}$ = emisiones de metano por la gestión del estiércol en el país, kg CH₄ año⁻¹.

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la subcategoría T del país, por sistema de producción P

$VS_{(T,P)}$ = promedio anual de sólidos volátiles excretados por cabeza por categoría T , por sistema de producción P , kg VS animal⁻¹ año⁻¹

$AWMS_{(T,S,P)}$ = fracción total anual de VS por categoría T , que es manejado en un sistema de gestión S , por sistema de producción P , sin dimensión

$EF_{(T,S,P)}$ = factor de emisión, g CH₄ kg VS⁻¹

S = sistema de gestión del estiércol

T = subcategoría de ganado

P = tipo de sistema de producción, alta o baja productividad

Fuente: Ecuación 10.22 del Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006.

Para el cálculo del promedio anual de sólidos anuales excretados por categoría animal y sistema de producción, se utilizó la ecuación (d).

$$VS_{(T,P)} = \left(VS_{rate(T,P)} \bullet \frac{TAM_{T,P}}{1000} \right) \bullet 365 \quad (d)$$

Donde:

$VS_{(T,P)}$ = promedio anual de sólidos volátiles excretados por cabeza por categoría T , por sistema de producción P , kg VS animal⁻¹ año⁻¹

$VS_{rate(T,P)}$ = tasa de excreción de VS por defecto, por sistema de producción P , kg VS (1000 kg animal)⁻¹ día⁻¹

$TAM_{(T,P)}$ = masa típica del animal por categoría de ganado T , por sistema de producción P , kg animal⁻¹

Fuente: Ecuación 10.22A del Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006.

Gestión del estiércol: emisiones de CH₄ en tier 2 para especies y subcategorías rumiantes.

$$EF_{(T)} = \left(VS_T \bullet 365 \right) \left[B_{0(T)} \bullet 0.67 \bullet \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \bullet AWMS_{(T,S,k)} \right] \quad (e)$$

$$VS = \left[GE \bullet \left(1 - \frac{DE}{100} \right) + (UE \bullet GE) \right] \bullet \left[\left(\frac{1 - ASH}{18.45} \right) \right] \quad (f)$$

Donde:

$EF_{(T)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ año⁻¹.

$VS_{(T,P)}$ = promedio anual de sólidos volátiles excretados por cabeza por categoría T , por sistema de producción P , kg VS animal⁻¹ año⁻¹

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la subcategoría T del país.

T = subcategoría de ganado.

$B_0(T)$ = máxima capacidad de producción de CH₄, m³ CH₄.kg⁻¹ of VS excretado

0,67 = factor de conversión por densidad del CH₄, kg de CH₄.m³⁻¹

$MCF_{(S,k)}$ = factor de conversión de cada sistema de gestión del estiércol S por región climática k , porcentaje

$AWMS_{(T,S,k)}$ = fracción de ganado T 's manejado con el sistema de manejo del estiércol S una región climática k , adimensional

Fuente: Ecuación 10.23 y 10.24 del Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006.

Por su parte, si bien las emisiones directas e indirectas de N₂O producidas por la gestión de los purines se contabilizan en esta sección (Tabla 5-31), las ecuaciones utilizadas para las

estimaciones de las distintas fracciones nitrogenadas serán detalladas por su similitud metodológica en las secciones correspondientes de la categoría de suelos agrícolas donde se estiman de manera análoga las emisiones producidas por los purines no gestionados o depositados directamente en las pasturas para uso agropecuario.

5.3.2.1. Datos de actividad de la categoría

Los DA de la categoría de gestión de estiércol corresponden a los de población de ganado y los sistemas de gestión de estiércol que se aplican en el país. Así pues, estos datos y sus fuentes son los mismos que se utilizan para la categoría de fermentación entérica, incluyendo además a las subcategorías de aves (para carne y de corral) como fue mencionado. Para esta especie animal en particular, los DA y pesos de las aves para carne (pollos parrilleros) se obtuvieron a partir del registro de aves faenadas del SENACSA para la serie temporal 2013-2021, con extrapolación de la cantidad de aves y pesos vivos promedio asumiendo tendencia lineal para los años anteriores. Como en tier 1 se estima el volumen de sólidos excretado diariamente (V_s) en lugar de realizar ajustes de población anual (DA) para las aves de faena, se estimaron las emisiones en el periodo de excreción del ciclo productivo (promedio nacional de terminación de 40 días) al igual que en caso de los cerdos para carne (promedio nacional de terminación de 180 días).

Por su parte, los DA y pesos vivos de las aves de corral se obtuvieron por interpolaciones intercensales del MAG para toda la serie temporal del INGEI (1990-2021).

En la tabla 5.33 se resumen los sistemas de gestión de estiércol considerados en el país, los cuales fueron caracterizados en la 4CN por juicio de expertos según la clasificación propuesta por el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. Al respecto, tras una revisión técnica las proporciones de los animales en cada sistema de gestión del estiércol han sido ajustadas conforme a la disponibilidad de información oficial actualizada (p. ej. proporción de la población bovina y bubalina en cada sistema de explotación del país: extensivo, semi/estabulado del CAN del MAG, 2022; la consideración del 100% de equinos y afines en pasturas (al tratarse de animales para trabajo en los establecimientos ganaderos etc.).

Tabla 5.33.

Gestión del estiércol: sistemas de gestión del estiércol del ganado estimados en el Paraguay.

Categorías de ganado		Pastura	Distribución diaria	Laguna	Líquido suspendido	Sólidos depositados	Lote seco	Pit <1	Pit >1	Digestor	Otros (estiércol con hojarasca)
Ganado bovino	V. lecheras	66%	34%								
	G. no Lechero	66%	34%								
Búfalos		66%	34%								
Caprinos		95%	5%								
Ovinos		95%	5%								
Porcinos (cría)			10%	5%	30%	15%	15%	15%	5%	5%	
Porcinos (carne)			3%	10%	35%	12%	40%				
Equinos		100%									
Asnos y afines		100%									
Aves de corral		50%	50%								
Aves de carne											100%

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con datos del CAN del MAG (2022)

5.3.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

A continuación, se presentan de manera sucinta los parámetros utilizados y/o valores obtenidos en la generación de FE de la categoría gestión del estiércol del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería por especies y subcategorías del 1 BTR del Paraguay. Como fue mencionado, para el caso del ganado bovino y bubalino en que se disponen datos oficiales de proporción de animales en cada sistema productivo, fue posible generar FE dinámicos en el tiempo, por lo que sus FE (que se declaran aquí con dicha notación), podrán ser consultados en las respectivas hojas de cálculo, mientras que para el caso de los FE fijos o estáticos (demás especies pecuarias) serán presentados en esta sección.

Tabla 5-34. Parámetros de generación de FE dinámicos de la gestión del estiércol del ganado bovino lechero en tier 2.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	EB (MJ/día)	ED (%)	EU (MJ/día)	Ceniza	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Vacas secas y no preñadas	Depositado directamente en pasturas	Δ	60	4%	8%	Δ	0,19	0,47	Ver por departamentos	Dinámicos
Vacas secas y no preñadas	Recolección diaria		60	2%	8%		0,24	0,01		
Vacas secas y preñadas	Depositado directamente en pasturas		60	4%	8%		0,19	0,47		
Vacas secas y preñadas	Recolección diaria		60	2%	8%		0,24	0,01		
Vacas en ordeño y no preñadas	Depositado directamente en pasturas		60	4%	8%		0,19	0,47		
Vacas en ordeño y no preñadas	Recolección diaria		60	2%	8%		0,24	0,01		
Vacas en ordeño y preñadas	Depositado directamente en pasturas		60	4%	8%		0,19	0,47		
Vacas en ordeño y preñadas	Recolección diaria		60	2%	8%		0,24	0,01		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-35. Parámetros de generación de FE dinámicos de la gestión del estiércol del ganado bovino no lechero en tier 2.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	EB (MJ/día)	ED (%)	EU (MJ/día)	Ceniza	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Terneros/as	Depositado directamente en pasturas	Δ	60	0,04	0,08	Δ	0,19	0,47	Ver por departamentos	Dinámicos
Terneros/as	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		
Desmamantes_Hembras	Depositado directamente en pasturas		60	0,04	0,08		0,19	0,47		
Desmamantes_Hembras	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		
Desmamantes_Machos	Depositado directamente en pasturas		60	0,04	0,08		0,19	0,47		
Desmamantes_Machos	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		
Vaquillas Preñadas/No Preñadas	Depositado directamente en pasturas		60	0,04	0,08		0,19	0,47		
Vaquillas Preñadas/No Preñadas	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		
Novillos	Depositado directamente en pasturas		60	0,04	0,08		0,19	0,47		
Novillos	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		
Toros	Depositado directamente en pasturas		60	0,04	0,08		0,19	0,47		
Toros	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		
Vacas Preñadas/No Preñadas con/sin cría al pie	Depositado directamente en pasturas		60	0,04	0,08		0,19	0,47		
Vacas Preñadas/No Preñadas con/sin cría al pie	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		
Bueyes	Depositado directamente en pasturas		60	0,04	0,08		0,19	0,47		
Bueyes	Recolección diaria		60	0,02	0,08		0,24	0,01		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-36. Parámetros de generación de FE dinámicos de la gestión del estiércol del ganado bubalino en tier 2.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	EB (MJ/día)	ED (%)	EU (%)	Ceniza (%)	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Bucerros/as	Depositado directamente en pastura	Δ	60	0,04	0,08	Δ	0,1	0,47	0,95	Dinámicos
Bucerros/as	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Desmamantes_Hembras	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Desmamantes_Hembras	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Desmamantes_Machos	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Desmamantes_Machos	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Buquillas Preñadas	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Buquillas Preñadas	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Buquillas no Preñadas	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Buquillas no Preñadas	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Buvillos	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Buvillos	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Butoros	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Butoros	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Búfalas lecheras	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Búfalas lecheras	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	
Búfalas no lecheras	Depositado directamente en pastura		60	0,04	0,08		0,1	0,47	0,95	
Búfalas no lecheras	Distribución diaria		60	0,02	0,08		0,1	0,01	0,05	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

**Tabla 5-37.** Parámetros de generación de FE fijos de la gestión del estiércol del ganado ovino en tier 2.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	EB (MJ/día)	ED (%)	EU (%)	Ceniza (%)	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Corderitas/Borreguitas	Depositado directamente en pastura	5,75	60	0,04	0,08	3,62	0,13	0,47	0,95	0,14
Corderitas/Borreguitas	Distribución diaria	5,75	60	0,02	0,08	2,96	0,13	0,01	0,05	0,00
Corderitos/Borreguitos	Depositado directamente en pastura	8,14	60	0,04	0,08	5,89	0,13	0,47	0,95	0,21
Corderitos/Borreguitos	Distribución diaria	8,14	60	0,02	0,08	4,57	0,13	0,01	0,05	0,00
Machos adultos laneros	Depositado directamente en pastura	7,99	60	0,04	0,08	5,74	0,13	0,47	0,95	0,22
Machos adultos laneros	Distribución diaria	7,99	60	0,02	0,08	4,47	0,13	0,01	0,05	0,00
Machos adultos no laneros	Depositado directamente en pastura	7,86	60	0,04	0,08	5,60	0,13	0,47	0,95	0,22
Machos adultos no laneros	Distribución diaria	7,86	60	0,02	0,08	4,37	0,13	0,01	0,05	0,00
Ovejas no laneras ni preñadas	Depositado directamente en pastura	6,28	60	0,04	0,08	4,08	0,13	0,47	0,95	0,16
Ovejas no laneras ni preñadas	Distribución diaria	6,28	60	0,02	0,08	3,30	0,13	0,01	0,05	0,00
Ovejas no laneras preñadas	Depositado directamente en pastura	6,85	60	0,04	0,08	4,61	0,13	0,47	0,95	0,18
Ovejas no laneras preñadas	Distribución diaria	6,85	60	0,02	0,08	3,67	0,13	0,01	0,05	0,00
Ovejas laneras no preñadas	Depositado directamente en pastura	6,42	60	0,04	0,08	4,21	0,13	0,47	0,95	0,16
Ovejas laneras no preñadas	Distribución diaria	6,42	60	0,02	0,08	3,39	0,13	0,01	0,05	0,00
Ovejas laneras preñadas	Depositado directamente en pastura	6,99	60	0,04	0,08	4,74	0,13	0,47	0,95	0,18
Ovejas laneras preñadas	Distribución diaria	6,99	60	0,02	0,08	3,77	0,13	0,01	0,05	0,00

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-38. Parámetros de generación de FE fijos de la gestión del estiércol del ganado caprino en tier 2.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	EB (MJ/día)	ED (%)	EU (%)	Ceniza (%)	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Cabritas	Depositado directamente en pastura	7,67	60	0,04	0,08	5,41	0,13	0,47	0,95	0,21
Cabritas	Distribución diaria	7,67	60	0,02	0,08	4,24	0,13	0,01	0,05	0,00
Cabritos	Depositado directamente en pastura	10,37	60	0,04	0,08	8,43	0,13	0,47	0,95	0,29
Cabritos	Distribución diaria	10,37	60	0,02	0,08	6,29	0,13	0,01	0,05	0,00
Machos adultos	Depositado directamente en pastura	11,04	60	0,04	0,08	9,27	0,13	0,47	0,95	0,36
Machos adultos	Distribución diaria	11,04	60	0,02	0,08	6,84	0,13	0,01	0,05	0,00
Cabras lecheras no preñadas	Depositado directamente en pastura	19,14	60	0,04	0,08	22,25	0,13	0,47	0,95	0,87
Cabras lecheras no preñadas	Distribución diaria	19,14	60	0,02	0,08	14,95	0,13	0,01	0,05	0,00
Cabras lecheras preñadas	Depositado directamente en pastura	20,07	60	0,04	0,08	24,07	0,13	0,47	0,95	0,94
Cabras lecheras preñadas	Distribución diaria	20,07	60	0,02	0,08	16,05	0,13	0,01	0,05	0,00
Cabras no lecheras ni preñadas	Depositado directamente en pastura	11,01	60	0,04	0,08	9,23	0,13	0,47	0,95	0,36
Cabras no lecheras ni preñadas	Distribución diaria	11,01	60	0,02	0,08	6,82	0,13	0,01	0,05	0,00
Cabras no lecheras y preñadas	Depositado directamente en pastura	11,93	60	0,04	0,08	10,44	0,13	0,47	0,95	0,41
Cabras no lecheras y preñadas	Distribución diaria	11,93	60	0,02	0,08	7,61	0,13	0,01	0,05	0,00

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-39. Parámetros de generación de FE fijos de la gestión del estiércol del ganado porcino en tier 1 (para carne=lechones + recría y engorde; para cría=marranas + verracos).

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	VS tasa (1000 kg animal/día)	TAM (Masa típica del animal, kg)	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Lechones	Distribución diaria	6,4	10	23,36	0,37	0,01	0,03	0,00
Lechones	Laguna	6,4	10	23,36	0,37	0,80	0,10	0,41
Lechones	Líquido suspendido	6,4	10	23,36	0,37	0,73	0,35	1,33
Lechones	Sólidos depositados	6,4	10	23,36	0,37	0,05	0,12	0,03
Lechones	Lote seco	6,4	10	23,36	0,37	0,02	0,40	0,04
Recría y Engorde	Distribución diaria	6,4	60,5	141,33	0,37	0,01	0,03	0,01
Recría y Engorde	Laguna	6,4	60,5	141,33	0,37	0,80	0,10	2,51
Recría y Engorde	Líquido suspendido	6,4	60,5	141,33	0,37	0,73	0,35	8,02
Recría y Engorde	Sólidos depositados	6,4	60,5	141,33	0,37	0,05	0,12	0,19
Recría y Engorde	Lote seco	6,4	60,5	141,33	0,37	0,02	0,40	0,25
Verracos	Distribución diaria	2,7	225	221,74	0,37	0,01	0,10	0,05
Verracos	Laguna	2,7	225	221,74	0,37	0,80	0,05	1,97
Verracos	Líquido suspendido	2,7	225	221,74	0,37	0,73	0,30	10,78
Verracos	Sólidos depositados	2,7	225	221,74	0,37	0,05	0,15	0,37
Verracos	Lote seco	2,7	225	221,74	0,37	0,02	0,15	0,15
Verracos	Pit<1	2,7	225	221,74	0,37	0,36	0,15	2,66
Verracos	Pit>1	2,7	225	221,74	0,37	0,57	0,50	14,03
Verracos	Digestor	2,7	225	221,74	0,37	0,01	0,50	0,25
Marrana	Distribución diaria	2,7	175	172,46	0,37	0,01	0,10	0,04
Marrana	Laguna	2,7	175	172,46	0,37	0,80	0,05	1,53
Marrana	Líquido suspendido	2,7	175	172,46	0,37	0,73	0,30	8,38
Marrana	Sólidos depositados	2,7	175	172,46	0,37	0,05	0,15	0,29
Marrana	Lote seco	2,7	175	172,46	0,37	0,02	0,15	0,11
Marrana	Pit<1	2,7	175	172,46	0,37	0,36	0,15	2,07
Marrana	Pit>1	2,7	175	172,46	0,37	0,57	0,50	10,91
Marrana	Digestor	2,7	175	172,46	0,37	0,01	0,50	0,19

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-40. Parámetros de generación de FE fijos de la gestión del estiércol del ganado equino en tier 1.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	VS tasa (1000 kg animal/día)	TAM (Masa típica del animal, kg)	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Potrillos	Depositado directamente en pastura	7,20	60,00	157,68	0,26	0,0047	1,00	0,12
Potrancas	Depositado directamente en pastura	7,20	175,00	459,90	0,26	0,0047	1,00	0,37
Potros	Depositado directamente en pastura	7,20	225,00	591,30	0,26	0,0047	1,00	0,48
Machos adultos	Depositado directamente en pastura	7,20	450,00	1182,60	0,26	0,0047	1,00	0,96
Yeguas	Depositado directamente en pastura	7,20	325,00	854,10	0,26	0,0047	1,00	0,69

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-41. Parámetros de generación de FE fijos de la gestión del estiércol de asnos y mulas en tier 1.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	VS tasa (1000 kg animal/día)	TAM (Masa típica del animal, kg)	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Burritos/as o afines <1 año	Depositado directamente en pastura	7,20	42,50	111,69	0,26	0,0047	1,00	0,09
Burritas o afines ≥1 año	Depositado directamente en pastura	7,20	150,00	394,20	0,26	0,0047	1,00	0,32
Burritos o afines ≥1 año	Depositado directamente en pastura	7,20	180,00	473,04	0,26	0,0047	1,00	0,38
Burros, mulas o burdéganos	Depositado directamente en pastura	7,20	315,00	827,82	0,26	0,0047	1,00	0,67
Burras, mulas o burdéganas	Depositado directamente en pastura	7,20	220,00	578,16	0,26	0,0047	1,00	0,47

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-42. Parámetros de generación de FE dinámicos (en función del peso vivo) de la gestión del estiércol del ganado avícola en tier 1.

En la tabla 5.42 se presentan los parámetros utilizados para el cálculo de emisiones de esta especie y sus subcategorías. Además, como los pesos vivos de las aves faenadas fueron extrapoladas asumiendo tendencia lineal, el TAM y los FE fueron variables por año, los valores se encuentran disponibles en las planillas de cálculo.

Subcategorías animales	Sistema de Gestión del Estiércol	VS tasa (1000 kg animal/día)	TAM	VS total(kg/animal/año)	Bo (m3 CH4/kg VS)	MCF (%)	AWMS	FE (kg CH4/animal/año)
Aves de carne (pollos parrilleros)	Otros (Estiércol con hojarasca)	15,6	Δ	Ver por año	0,30	1,50	1,00	Dinámico
Aves de corral (ponedoras)	Depositado directamente en pastura	7,60		Ver por año	0,31	0,47	0,5	
Aves de corral (ponedoras)	Distribución diaria	7,60		Ver por año	0,31	0,01	0,5	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.3.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

En el caso del INGEI del Paraguay, la principal alusión a la que se hace mención aquí es respecto al plazo de presentación del DIN para el 1 BTR, ya que se alienta a las Partes a que el último año de presentación del informe no supere los 2 años antes de la presentación del DIN. Por lo tanto, se espera a que, de presentar sus BTR en 2024 los países realicen estimaciones hasta el 2022; no obstante, haciendo uso de la flexibilidad de 3 años, Paraguay presenta su 1BTR (incluyendo el DIN correspondiente) en 2024 con estimaciones hasta el 2021, como último año inventariado. Ello guarda relación con el limitado tiempo de gestión de datos para el 1 BTR del Paraguay, lo que condicionó el cronograma del proyecto implicado, de la siguiente manera: 1 BTR a presentarse en 2024 con serie temporal 1990-2021 y 5CN+2BTR como reportes combinados con serie temporal 1990-2023 a presentarse en 2026.

5.3.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal se considera coherente en el tiempo en virtud a que las emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando las mismas fuentes oficiales de DA (CAN del MAG y SENACSA) o técnicas de empalme, así como la misma metodología de obtención de los FE de 1990 a 2021, de modo a que los resultados reflejen las circunstancias nacionales antes que cambios metodológicos puntuales. En tal sentido, aunque debido al corto periodo de preparación del 1BTR del Paraguay no ha sido posible la estimación cuantitativa de la incertidumbre asociada a los DA o FE utilizados, se hipotetiza que los esfuerzos del país por desagregar los datos ganaderos en todas las subcategorías animales posibles y la regionalización a nivel subnacional (municipios/departamentos), redundará en potenciales beneficios como la mejora de la precisión a través de la reducción del sesgo y la incertidumbre proveniente de la generalización de datos no representativos.

5.3.5. AC/CC de la categoría

Al igual que en los anteriores reportes, en la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR del Paraguay, se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las Directrices del IPCC del 2006 para la categoría de fermentación entérica del ganado, realizándose a modo de buenas prácticas las siguientes actividades:

Verificación de la recopilación y entrada de los datos, mediante:

- Recopilación documental y diseño del marco metodológico. Para ello fue creado un repositorio digital recopilándose de manera sistemática todos los inputs de interés.
- Verificación de los DA y parámetros considerados para la generación de los FE a partir del diseño metodológico, incluyendo registro y crédito a los/as autores/as a los fines de transparencia.
- Cotejo de la representatividad de los DA y parámetros considerados para la generación de los FE con los stakeholders. Al respecto, cabe destacar que el país ha procurado establecer un proceso altamente participativo para la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR.
- Verificación de errores de transcripción en los datos de entrada.
- Verificación de las unidades de medida de los parámetros o variables de interés.
- Verificación de la completitud de los datos para las distintas subcategorías, serie temporal y unidades geográficas.

Documentación de datos

- Revisión del archivo y la documentación interna, alojados inicialmente en el repositorio digital y su correspondiente back up, además de la entrega de avances (outputs) en físico para el Proyecto “1BTR+2BTRy5CN” del Paraguay.

Recálculo

- Verificación de formulaciones y resultados del recálculo
- Cotejo de parámetros considerados en los anteriores reportes del país y del IPCC

CC de la categoría específica

- Evaluación de los FE obtenidos mediante cotejo con anteriores reportes del país y los valores por defecto del IPCC.
- Revisión de los resultados estimados de emisiones de CH₄ entérico, incluyendo como puntos de control resultados de otras fuentes como FAOSTAT.
- Uso de lenguajes de programación y gráficos para verificación de la coherencia y tendencia de los datos.

Aseguramiento de calidad (AC)

- Como es de rigor, el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR fue sometido a un proceso de revisión por pares. De esta revisión externa se recibieron una serie de recomendaciones, las cuales fueron sistematizadas en el Plan de AC/CC, para su análisis por el equipo técnico del INGEI incluyendo estimación de los plazos de mejora. Al respecto, en el Anexo V se presentará la sistematización de las principales recomendaciones y su estado de implementación.

5.3.6. Nuevos cálculos de la categoría

Conforme puede observarse en la Tabla 5-43 y la Figura 5-37, las emisiones de CH₄ de la categoría gestión del estiércol del ganado fueron intermedias de 1990-2004 y de 2005 en adelante superiores en el 1BTR con respecto a los anteriores reportes (3 IBA, 4CN), lo cual guarda relación con:

-El menor valor de GWP_{100años} para el CH₄ utilizado en el 3IBA en comparación al del 1BTR (21 vs 28 según el SAR, 1995 y el AR5, 2014 del IPCC respectivamente).

-Con un mismo GWP_{100años} para el CH₄ entre la 4CN y el 1BTR, los ajustes metodológicos efectuados en este reporte: desagregación de DA a nivel subnacional; avance en los niveles de cálculo para todas las especies rumiantes (anteriormente estimándose en tier 2 sólo las emisiones de la especie bovina), el ajuste de la proporción de ganado considerado en cada sistema de gestión del estiércol de acuerdo a la información oficial más actualizada de la que se dispone en el CAN del MAG (2022) y el ajuste de algunos parámetros por defecto conforme al Refinamiento 2019 en lugar de las Guías Metodológicas del IPCC del 2006.

Tabla 5-43.

Gestión del estiércol: comparación de emisiones de la categoría por reportes del país (kt CO₂ eq).

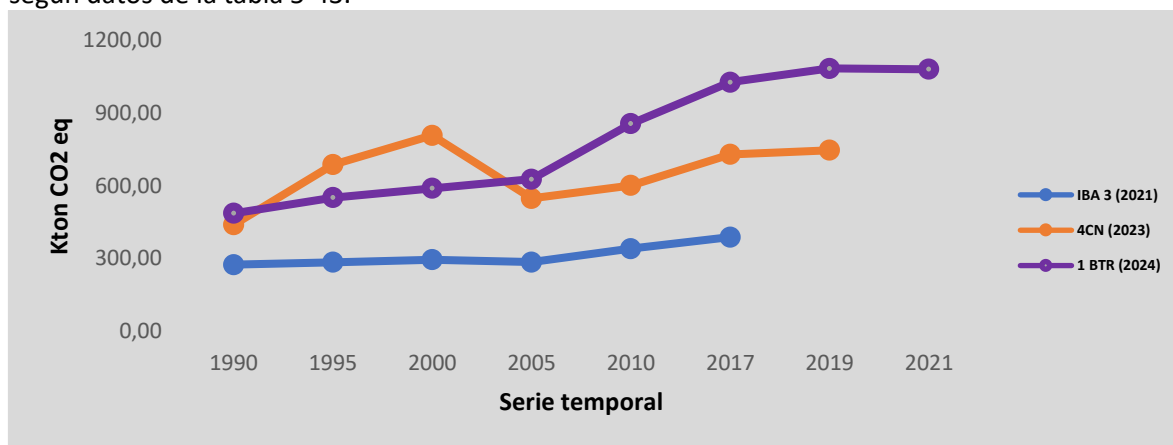
INGEI/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
IBA 3 (2021)	275,20	285,09	295,13	285,37	340,62	388,42		
4CN (2023)	439,28	686,80	806,93	547,83	601,09	728,78	745,71	
1 BTR (2024)	486,16	550,94	588,97	626,79	855,33	1.025,62	1.082,43	1.079,19
Δ 3IBA-1BTR	+210,96	+265,85	+293,84	+341,42	+514,71	+637,20	No aplica	No aplica
Δ 4CN-1BTR	+46,88	-135,86	-217,96	+78,96	+254,24	+296,84	+336,72	No aplica

Referencia: Series temporales del 3IBA (1990-2017, año de reporte: 2021); 4CN (1990-2019, año de reporte: 2023) y 1 BTR (1990-2021, año de reporte: 2024); En 3IBA, GWP_{100años}=21 según AR2 del IPCC, 1995 y p/ la 4CN-1 BTR=28 según AR5 del IPCC, 2014.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Figura 5-37.

Comparación de emisiones por gestión del estiércol del ganado (kt CO₂ eq) en reportes del Paraguay según datos de la tabla 5-43.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Además, debe ser destacado que a diferencia de los anteriores reportes donde el ganado porcino representó la principal fuente de emisión de los sistemas de gestión del estiércol, en caso del 1BTR lo fue el ganado bovino no lechero, debido a los ajustes metodológicos explicados en la sección 5.3.2.

5.3.7. Mejoras planificadas para la categoría

Si bien la gestión del estiércol no constituye una categoría principal del INGEI del 1 BTR del Paraguay, en la medida de lo posible, para el 3BTR (2028) en la medida de lo posible se recomiendan procurar las siguientes mejoras relacionadas a esta categoría:

- **Verificar los sistemas de gestión o tratamiento de las distintas especies pecuarias** del país a partir de un diseño muestral representativo.
- **Fomentar la investigación para consolidar los actuales FE país-específicos** (tier 2) y avanzar a la medición *in situ* de las emisiones de CH₄ y N₂O (tier 3) de los existentes sistemas de gestión de los purines. En tal sentido, existen paradigmas como el del Reino Unido (UK por sus siglas en inglés) que evidencian la conveniencia de generar FE diferenciados por

condiciones experimentales específicas (p. ej. orina con mayores contenidos nitrogenados y por ende mayores FE que el estiércol o los purines)³³.

Naturalmente, estas mejoras requerirán la gestión de los medios de implementación necesarios (recursos humanos, tecnológicos y financieros) así como de articulaciones interinstitucionales que posibiliten el fortalecimiento de las capacidades nacionales y la robustez de los reportes nacionales.

5.4. Cultivo del arroz (CRT 3.C)

Esta categoría abarca las emisiones anuales de CH₄ producidas por descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los campos de cultivo de arroz (arrozales), lo cual depende de varios factores como el periodo de cultivo, los regímenes hídricos previos y concomitantes al período de cultivo y los abonos orgánicos e inorgánicos aplicados al suelo. Además, en un nivel avanzado de cálculo (tier 2) se pueden considerar el tipo de suelo, la temperatura y los cultivares de arroz.

5.4.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En el caso nacional, existen 2 tipos de cultivo de arroz de acuerdo al régimen hídrico: de secano (alimentado con el agua de lluvia) y de riego (irrigado, con mínima incorporación de sustratos orgánicos). El cultivo de arroz de riego, es el predominante experimentando un importante crecimiento de su superficie agrícola en la última década de la serie temporal. Por su parte, cabe destacar que el cultivo de arroz secano, era importante en el país en décadas anteriores a la del 90 (antes del auge en las inversiones en tecnologías de riego artificial), limitándose en la actualidad a la pequeña escala, para destinarse mayormente al autoconsumo o al mercado interno. Así también cabe destacar que, en el proceso de recopilación de datos para el 1 BTR del Paraguay se ha referido la eventual existencia de cultivo de arroz en aguas profundas, debido a la creciente del caudal de cauces hídricos en territorios como el Departamento de Cordillera y Misiones, durante el periodo de 1990-1996.

Según la evaluación de nivel y de tendencia, esta categoría no ha sido identificada como categoría principal en el 1BTR. En el último año inventariado (2021), las emisiones resultantes de cultivo de arroz representaron 1,86 % del total de emisiones del Sector Agricultura y Ganadería (Figura 5.38). En este último año de la serie temporal, las emisiones se han incrementado 1.002 % con respecto al año base (1990).

Debido al incremento de los DA (superficie de cultivo) ligado al auge de inversión en tecnologías de riego (USAID, 2010)³⁴, durante la serie temporal de 1990-2021, las emisiones de CH₄ por cultivo de arroz mostraron una tendencia creciente con algunos leves descensos. Así por ej., entre 1991-1992 la disminución de emisiones podría guardar relación con la caída en el precio internacional de los commodities; mientras que la disminución más pronunciada se dio entre 2006-2007 por factores referidos como las intensas lluvias y la crisis económica del Brasil (principal mercado de exportación). Tras ello, la tendencia general de las emisiones de CH₄ por cultivo de arroz muestra un claro aumento hasta el 2021.

³³ Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-greenhouse-gas-emissions-statistics-user-guidance>

³⁴ Disponible en: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/2022-05/arroz.pdf>

A nivel de subcategorías, en el 2021, el arroz de riego aportó el 96,58 % y el arroz de secano el 3,42 % de las emisiones restantes de CH₄.

Tabla 5.44.

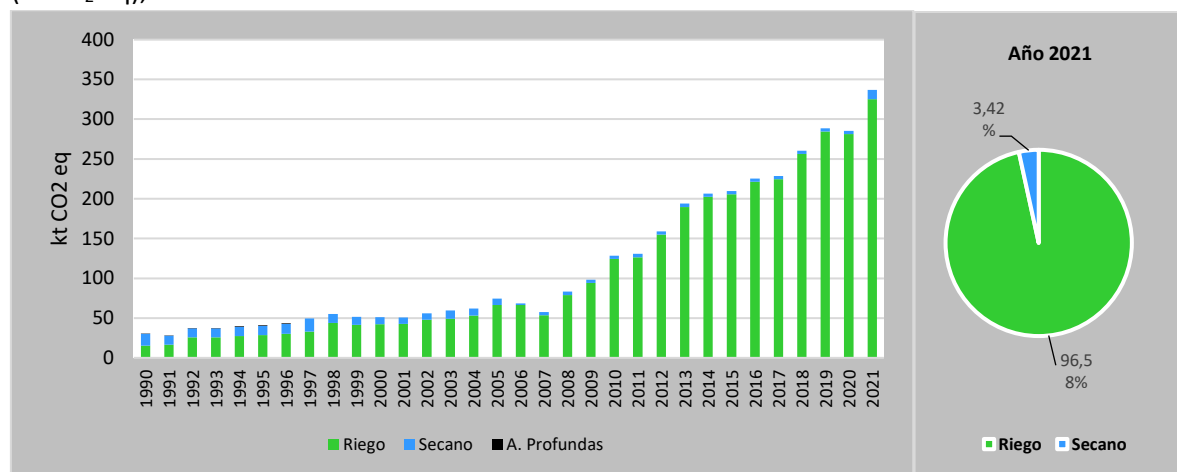
Cultivo de arroz: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq).

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3.C.1. Irrigadas	15,35	28,73	42,19	66,41	124,29	205,56	284,62	281,39	325,33
3.C.2 Alimentadas a lluvia	14,97	11,71	9,11	8,18	4,16	4,05	4,06	4,05	11,53
3.C.3. Aguas profundas	0,23	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-38.

Cultivo de arroz: total de CH₄ producido por el cultivo de arroz con los diferentes regímenes hídricos (kt CO₂ eq), 1990-2021



Referencia: Aguas profundas computadas sólo de 1990-1996 conforme a referencias sectoriales.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.4.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de CH₄ de la categoría cultivo de arroz se utilizó el Refinamiento 2019 de las Guías Metodológicas del IPCC del 2006. Para el efecto, se utilizó el tier 1 para todas las subcategorías con FE fijos y parámetros por defecto, ya que el país no cuenta aún con valores nacionales. En la Tabla 5.45 se presenta un resumen de los métodos y FE aplicados por subcategoría.

Tabla 5.45.

Cultivo de Arroz: resumen de métodos aplicados por subcategoría.

Código	Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.	Cultivo del arroz			T1, NO	D		
3.C.1.	Irrigadas			T1	D		
3.C.2.	Alimentadas a lluvia			T1	D		
3.C.3.	Aguas profundas			T1	D		
3.C.4.	Otros (especificar)			NO	NO		

Referencias: T1 = Nivel 1; D = Por defecto; NO = No ocurre.
Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Para estimar las emisiones de CH₄ en tier 1, se utilizó la siguiente ecuación (g) donde se multiplican los FE diarios por período y superficies de cultivo anual (DA).

Cultivo de arroz: emisiones de CH₄ por el cultivo en tier 1.

$$CH_4_{ARROZ} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^6) \quad (g)$$

Donde:

CH_4_{ARROZ} = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo de arroz, kton CH₄ año⁻¹.

$EF_{i,j,k}$ = factor de emisión diario para las condiciones i, j, y k, kg CH₄ ha⁻¹ día⁻¹.

$t_{i,j,k}$ = período de cultivo del arroz para las condiciones i, j, y k, días.

$A_{i,j,k}$ = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j, y k, ha año⁻¹.

i, j, k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH₄ producidas por el arroz.

Fuente: Ecuación 5.1; Capítulo 5; Volumen 4; Refinamiento 2019 del IPCC.

Los cálculos se realizaron en planillas de cálculo elaboradas con base en las hojas de trabajo de las Directrices del IPCC del 2006.

5.4.2.1. Datos de actividad de la categoría

Los DA de la categoría cultivo de arroz corresponden a las superficies destinadas anualmente a las campañas agrícolas (si bien éstas se inician con la siembra en octubre, noviembre para la zafra al año siguiente) de acuerdo a los regímenes hídricos existentes en el país (riego, secano y aguas profundas de 1990-1996) a nivel subnacional (en los departamentos del país como se observará en la Figura 5-39), si bien los resultados se resumen a continuación agregados a nivel nacional, a los fines didácticos. Estos datos fueron provistos para toda la serie temporal (1900-2021) por la DCEA/MAG, mientras que otros factores de incidencia como el periodo de cultivo fue ajustado conforme a referencias sectoriales de uso de variedades de ciclo intermedio en el país. Al respecto, este parámetro en anteriores reportes fue considerado como de 140 días para el arroz de riego y 120 días para el arroz en secano. Sin embargo, en el 1BTR para el arroz de riego y aguas profundas se consideraron 120 días y para el de secano 140 días de cultivo de 1990-2000 y luego 130 días para el resto de la serie temporal, conforme a las variedades utilizadas en Paraguay como las del IRGAS (Instituto Riograndense de Arroz) del Brasil, donde si bien las variedades pueden tener ciclos largos de hasta 145 días, en el Paraguay como mucho se llega a los 135 días, con irrigación efectiva de 120 días en forma neta, ya que 15-20 días después de la siembra (en estado de ≈3 hojas) se inicia la

irrigación del cultivo. Respecto a estas variedades, se acota que el IRGA 424 y la Pampeira son las más utilizadas actualmente en Paraguay (Comunicación personal con Directivos del Campo Experimental de Arroz del Instituto Paraguayo de Investigación Agraria-IPTA y la Federación Paraguaya de Arroz-FEPARROZ, 2024).

Tabla 5-46.

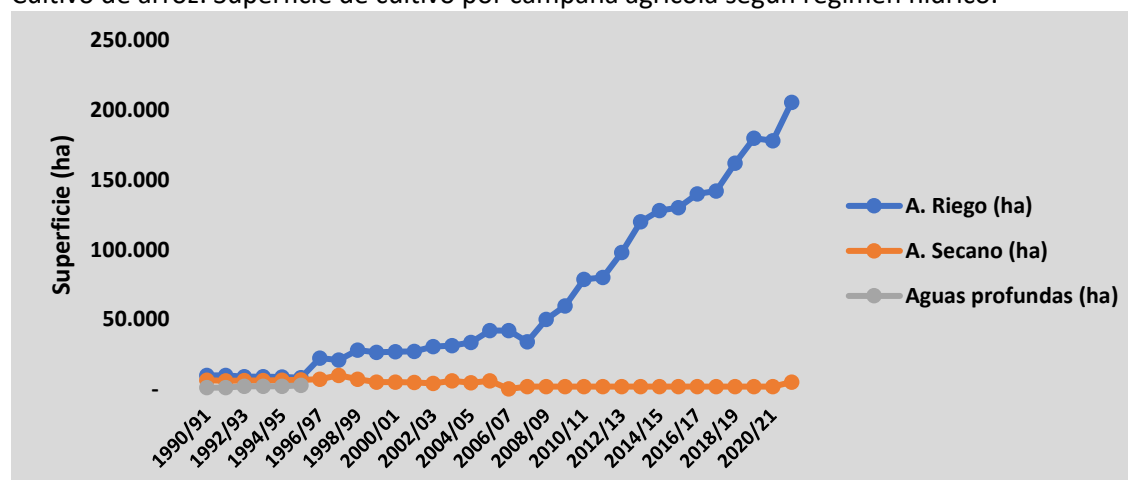
Cultivo de arroz: datos de actividad (hectáreas) por subcategorías.

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3.C.1. Irrigadas	9800	8081	26680	42000	78.606	130000	180.000	177.960	205.744
3.C.2 Alimentadas a lluvia	6300	6500	4837	5750	1.657	1740	1.747	1.740	4.909
3.C.3. Aguas profundas	900	2619	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	17000	17200	31517	47750	80262	131740	181747	179700	210653

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-39.

Cultivo de arroz: Superficie de cultivo por campaña agrícola según régimen hídrico.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.4.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los FE aplicados en la categoría de cultivo de arroz corresponden a FE por defecto propuestos en el Refinamiento 2019 del IPCC (Volumen 4, Capítulo 5, Cuadros 5.11, 5.11A, 5.12 y 5.13).

Además, se utilizaron factores de ajuste por defecto para el valor de emisión de referencia del cultivo de arroz en inundación continua en LAC según el Refinamiento 2019 del IPCC ($1,27 \text{ kg CH}_4 \cdot \text{día de cultivo}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$), para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el periodo de cultivo y la temporada previa al cultivo (SF_w y SF_p), ya que no se cuentan con datos específicos de pautas de inundación. Los abonos orgánicos (paja o abonos verdes) fueron considerados en el cultivo de arroz de riego, por lo tanto, este factor de ajuste (SF_o) se consideró con más de 30 días de aplicación previo al periodo de cultivo, mientras que para los demás tipos de cultivo no se consideró la aplicación orgánica. En la Tabla 5.47 se presenta un resumen de los FE utilizados por subcategorías.

Tabla 5-47.

Cultivo de arroz: ajuste de los factores de emisión aplicados.

Código	Subcategorías	Ec (kg CH ₄ /día/ha)	Sfw	Sfp	Sfo	EF T1	Días de cultivo
3C.1	Irrigadas	1,27	0,55	0,89	0,19	0,12	120,00
3 C.2	Alimentadas a lluvia	1,27	0,54	0,89	1,00	0,61	140-130
3 C.3	Aguas profundas	1,27	0,06	1,00	1,00	0,08	120,00

Referencias: cálculo de emisiones del arroz de riego con base en el 70% de la superficie agrícola de Cordillera y Misiones de 1990-1996 por consideración eventual del 30% en aguas profundas; arroz de secano con 140 días de periodo de cultivo de 1990 a 2000 y luego con 130 días en adelante.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Los valores de la tabla anterior, fueron combinados para obtener un ajuste FE diario (EF_i) por manejo agronómico, utilizando la siguiente ecuación:

Cultivo de arroz: FE ajustado de emisión diaria

$$EF_i = EF_c \bullet SF_w \bullet SF_p \bullet SF_o \bullet SF_{s,r} \quad (h)$$

Donde:

- EF_c factor de emisión básico para cultivos con inundación permanente, sin abonos orgánicos
- SF_w factor de ajuste para regímenes hídricos durante el periodo de cultivo
- SF_p factor de ajuste para regímenes hídricos previos al periodo de cultivo
- SF_{s,r} factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar del arroz, etc., si está disponible

Fuente: Ecuación 5.2 del Volumen 4, Capítulo 5 del Refinamiento 2019 del IPCC.

5.4.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

En el caso del INGEI del Paraguay, la principal alusión a la que se hace mención aquí es respecto al plazo de presentación del DIN para el 1 BTR, ya que se alienta a las Partes a que el último año de presentación del informe no supere los 2 años antes de la presentación del DIN. Por lo tanto, se espera a que, de presentar sus BTR en 2024 los países realicen estimaciones hasta el 2022; no obstante, haciendo uso de la flexibilidad de 3 años, el Paraguay pretende presentar su 1 BTR (incluyendo el DIN correspondiente) en 2024 con estimaciones hasta el 2021, como último año inventariado. Ello guarda relación con el limitado tiempo de gestión de datos para el 1 BTR del Paraguay, lo que condicionó el Cronograma del Proyecto implicado, de la siguiente manera: 1 BTR a presentarse en 2024 con serie temporal 1990-2021 y 5CN+2BTR como reportes combinados con serie temporal 1990-2023 a presentarse en 2026.

5.4.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal se considera coherente en el tiempo en virtud a que las emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando las mismas fuentes oficiales de DA (MAG) o técnicas de empalme, así como los mismos parámetros (IPTA, FEPARROZ) para la generación de los FE ajustados (EF_i) de 1990 a 2021. En tal sentido, aunque debido al corto periodo de preparación del 1BTR del Paraguay no ha sido posible la estimación cuantitativa de la incertidumbre asociada a los DA o FE utilizados, la limitación pretende ser mejorada en el siguiente reporte nacional, a fin de reducir el sesgo y la incertidumbre asociada a la generalización de valores no representativos.

5.4.5. AC/CC de la categoría

Al igual que en los anteriores reportes, en la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR del Paraguay, se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las Directrices del IPCC del 2006 para la categoría cultivo de arroz, realizándose a modo de buenas prácticas las siguientes actividades:

Verificación de la recopilación y entrada de los datos, mediante:

- Recopilación documental y diseño del marco metodológico. Para ello fue creado un repositorio digital recopilándose de manera sistemática todos los inputs de interés.
- Verificación de los DA y FE utilizados a partir del diseño metodológico, incluyendo registro y crédito a los/as autores/as a los fines de transparencia.
- Cotejo de la representatividad de los DA con los stakeholders. Al respecto, cabe destacar que el país ha procurado establecer un proceso altamente participativo para la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR.
- Verificación de errores de transcripción en los datos de entrada.
- Verificación de las unidades de medida de los parámetros o variables de interés.
- Verificación de la completitud de los datos para las distintas subcategorías, serie temporal y unidades geográficas.

Documentación de datos

- Revisión del archivo y la documentación interna, alojados inicialmente en el repositorio digital y su correspondiente back up, además de la entrega de avances (outputs) en físico para el Proyecto “1BTR+2BTRy5CN” del Paraguay.

Recálculo

- Verificación de formulaciones y resultados del recálculo.
- Cotejo de parámetros considerados en los anteriores reportes del país y del IPCC.

CC de la categoría específica

- Evaluación de los resultados obtenidos mediante cotejo con anteriores reportes del país.
- Revisión de los resultados estimados de emisiones de CH₄, incluyendo puntos de control como el cálculo de emisiones de otras fuentes (FAOSTAT e IRRI calculator³⁵ etc.)

Aseguramiento de calidad (AC)

- Como es de rigor, el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR fue sometido a un proceso de revisión por pares. De esta revisión externa se recibieron una serie de recomendaciones, las cuales fueron sistematizadas en el Plan de AC/CC, para su análisis por el equipo técnico del INGEI incluyendo estimación de los plazos de mejora. Al respecto, en el Anexo V se presentará la sistematización de las principales recomendaciones y su estado de implementación.

³⁵ Disponible en: [SectoR](#)

5.4.6. Nuevos cálculos de la categoría

En la Tabla 5-48 se muestra una comparación entre las emisiones de CH₄ de la categoría de cultivo de arroz en los INGEI de reportes anteriores (3IBA y 4CN) y el actual (1BTR). En la misma se observa una tendencia creciente de emisiones en todos los casos. No obstante, los valores anuales de los últimos años del 1BTR son menores a los reportados anteriormente, lo cual guarda estrecha relación con el ajuste de los FE realizados conforme al manejo agronómico del cultivo en el país, además del recálculo efectuado con datos proveídos por la DCEA/MAG para la serie temporal. Además, como factor de variación de los resultados, cabe ser destacado el uso de GWP_{100años}=21 para el CH₄ en caso del 3IBA conforme al SAR (IPCC, 1995) y del GWP_{100años}=28 para el caso de la 4CN y el 1BTR del Paraguay.

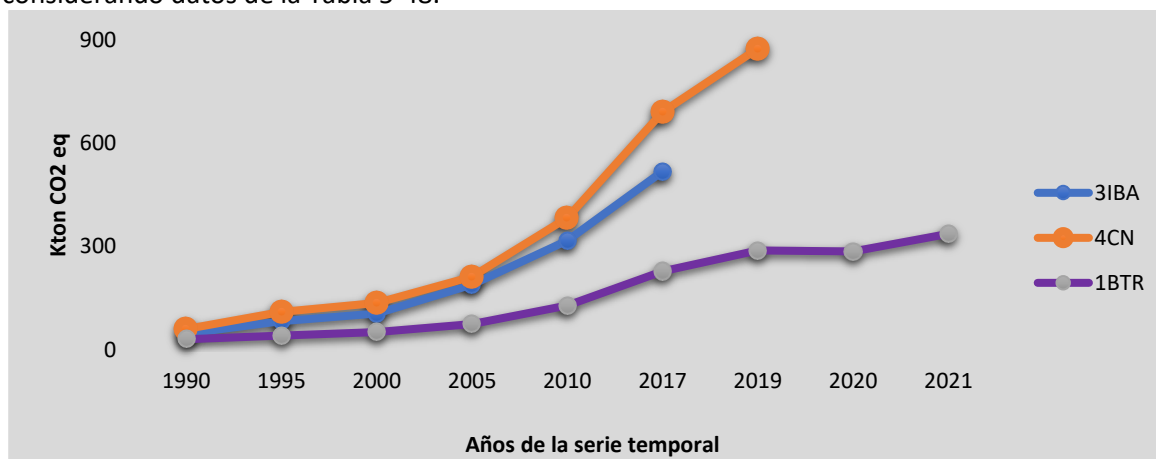
Tabla 5-48.

Cultivo de arroz: comparación entre emisiones de CH₄ (kt CO₂ eq) de reportes anteriores y el actual

Factor/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2020	2021
3IBA	46,82	82,67	105,16	189,40	317,49	518,38			
4CN	60,36	110,17	136,34	211,95	383,57	691,11	875,40		
1BTR	30,56	41,12	51,30	74,59	128,45	228,58	288,68	285,44	336,85
Δ 3IBA-1BTR	-16,26	-41,55	-53,86	-114,81	-96,96	-289,8	No aplica	No aplica	No aplica
Δ 4CN-1BTR	-29,80	-69,05	-85,04	-137,36	-155,12	-462,53	-586,72	No aplica	No aplica

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

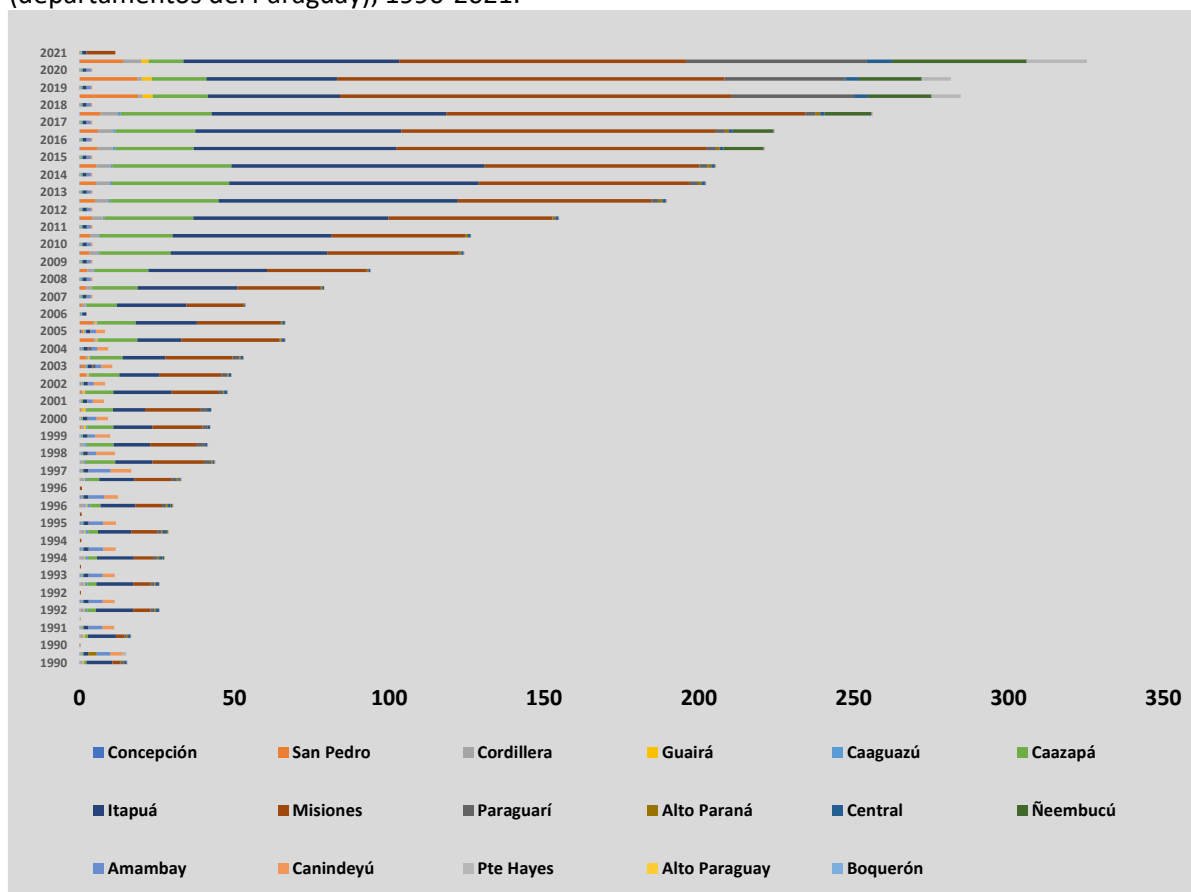
Figura 5-40. Comparación del nivel de emisiones de CH₄ del cultivo de arroz según reportes considerando datos de la Tabla 5-48.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Si bien los cálculos de emisiones de CH₄ por el cultivo de arroz, han sido presentados a los fines didácticos con valores nacionales como se ha mencionado anteriormente, los mismos han sido generados a nivel subnacional, permitiendo ajustes como la consideración de aguas profundas en el 30% de la superficie de cultivo de arroz de los departamentos de Cordillera y Misiones en el periodo 1990-1996, como se observa en la Figura 5-41 (barras de cultivo de arroz de riego y secano paralelas para un mismo año). Esta regionalización servirá de base para futuras estimaciones diferenciadas de esta categoría del INGEI en un tier 2.

Figura 5-41. Emisiones de CH₄ según regímenes hídricos del cultivo de arroz a nivel subnacional (departamentos del Paraguay), 1990-2021.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.4.7. Mejoras planificadas para la categoría

Al tratarse de una categoría con tendencia creciente de emisiones de GEI en el país, en la medida de lo posible, para el 3 BTR (2028) se recomienda:

- Avanzar a estimaciones en tier 2 considerando además de los actuales factores, otros como las condiciones edafoclimáticas y los requerimientos hídricos diferenciados por cultivares y etapas fenológicas del cultivo de arroz. Estos factores de variación servirán como base para la efectiva regionalización iniciada en el 1BTR del Paraguay.
- La gestión de los medios de implementación necesarios (recursos humanos, tecnológicos y financieros) para la generación *in situ* de FE país-específicos (tier 3), adaptados a las circunstancias nacionales, según las cuales se han efectuado preliminarmente los ajustes técnicos en el presente reporte.

5.5. Suelos agrícolas (CRT 3.D)

Esta categoría abarca las emisiones directas (des/nitrificación) e indirectas (volatilización de NH_3 y NO_x y lixiviado como NO_3 de suelos gestionados) del N_2O producidas por las fuentes o agregados que aumentan la disponibilidad de N en los sistemas agropecuarios.

5.5.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

A nivel nacional, las fuentes de N consideradas para estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O de suelos gestionados para uso agropecuario, durante la serie temporal 1990-2021 son:

- Fertilizantes de N sintético (F_{SN} por sus siglas en inglés);
- N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo (F_{PRP}) y,
- N de residuos agrícolas, incluyendo cultivos fijadores de N y renovación de forraje/pasturas, devuelto a los suelos (F_{CR}).

Otras fuentes nitrogenadas como la de los abonos orgánicos de los purines gestionados y lodos residuales (F_{ON}) no han sido estimadas debido a falta de evidencias o datos precisos de su aplicación a nivel nacional.

Esta categoría ha sido identificada como principal en la evaluación de nivel y de tendencia del 1BTR. En 2021, las emisiones resultantes de los suelos agrícolas representaron el 15,08 % del total de emisiones del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR. En este último año de la serie temporal, las emisiones de N_2O han incrementado 203% con respecto al año base (1990), lo cual guarda relación tanto con el aumento de los DA (hato ganadero en el país y de las superficies y residuos de los cultivos agrícolas) como con los ajustes metodológicos efectuados. Al respecto, además de la estimación de emisiones para 2020 y 2021, adicionales a la serie temporal del anterior reporte (4CN), se destacan la distinta proporción de animales considerados en cada sistema de gestión del estiércol (afectando la fracción F_{PRP}) así como la nueva metodología de estimación de las emisiones de N_2O considerando la biomasa radicular de los residuos de cosecha según el Refinamiento 2019 de la Guía Metodológica del IPCC del 2006 (afectando la fracción F_{CR}).

Por consiguiente, esta categoría es la **segunda de mayor emisión de GEI** del Sector Agricultura y Ganadería, siendo las emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas por fertilizantes sintéticos, residuos de cosecha y animales en pastoreo las fuentes principales de N como se observa en la tabla 5.49.

Tabla 5-49.

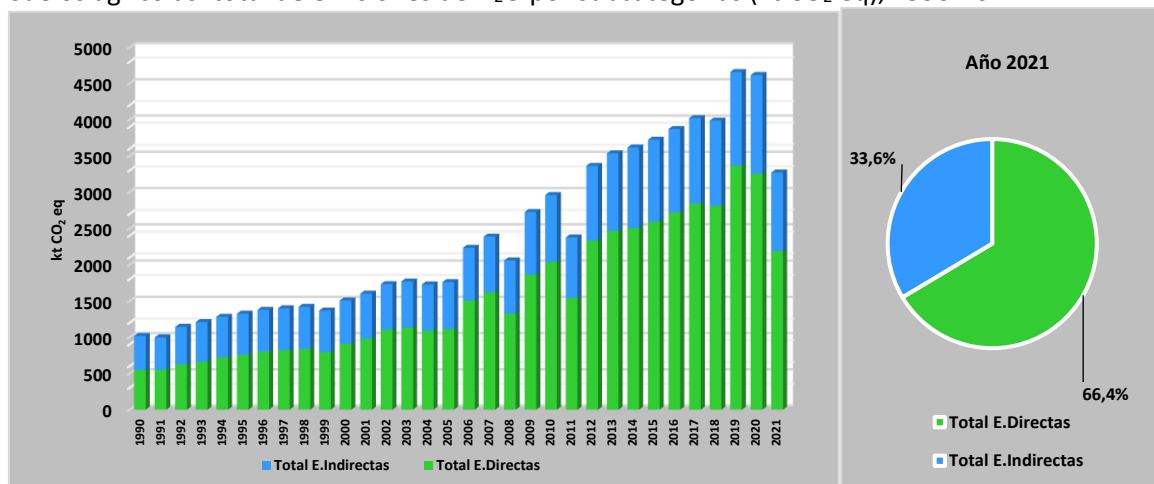
Suelos agrícolas: total de N_2O por subcategoría (kt CO_2 eq).

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas	471,96	649,33	770,85	938,11	1.805,43	2.294,83	3.008,37	2.872,3	1.811,63
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos (F_{SN})	0,012	0,030	13,14	14,65	131,87	350,40	568,56	592,36	672,79
3.D.1.c. Purines depositado por animales de pastoreo (F_{PRP})	49,59	53,59	52,89	52,68	58,72	64,34	63,24	70,17	62,86
3.D.1.d. Residuos de cosechas (F_{CR})	422,36	595,70	704,78	870,76	1.614,82	1.880,06	2.373,58	2.209,75	1.075,96
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas	427,44	517,25	538,24	573,86	822,92	1.000,03	1.136,49	1.199,35	916,25
3.D.2.a. Deposition atmosférica	160,3	185,7	189,16	188,80	233,55	283,98	299,15	338,13	307,26
3.D.2.b. Lixiviación y escurrimiento	267,14	331,55	349,08	385,06	589,37	716,05	837,34	861,22	608,99
TOTAL	899,40	1.166,58	1.309,09	1.511,97	2.628,35	3.294,86	4.144,86	4.071,65	2.727,88

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-42.

Suelos agrícolas: total de emisiones de N₂O por subcategorías (kt CO₂ eq), 1990-2021



Referencia: Emisiones directas (des/nitrificación); Emisiones indirectas (volatilización y lixiviación).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.5.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para estimaciones de las emisiones de N₂O de la categoría suelos agrícolas se utilizó la metodología del Refinamiento 2019. En general se aplicó el tier 1 para todas las subcategorías y se utilizaron FE fijos por defecto, al no disponerse de valores nacionales. En la Tabla 5.50 se presenta un resumen de los métodos y FE aplicados por subcategoría. Así también cabe ser destacado que, al no disponerse de datos agrícolas registrados en campo, las determinaciones a nivel subnacional no fueron posibles para esta categoría del INGEI del 1BTR.

Tabla 5-50.

Suelos Agrícolas: resumen de métodos aplicados por subcategoría.

Código	Categorías de fuente de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.D.	Suelos agrícolas					T1,NE,NO,NA	D,NE,NO,NA
3.D.1.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas					T1,NE,NO,NA	D,NE,NO,NA
3.D.1.a.	Fertilizantes inorgánicos					T1	D
3.D.1.b.	Fertilizantes orgánicos					T1	D
3.D.1.c.	Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo					T1	D
3.D.1.d.	Residuos de cosechas					T1	D
3.D.1.e.	Mineralización de la materia orgánica del suelo					NE	NE
3.D.1.f.	Cultivo de suelos orgánicos (histosoles)					NO	NO
3.D.1.g.	Otros (especificar)					NA	NA
3.D.2.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas					T1	D
3.D.2.a.	Deposición atmosférica					T1	D
3.D.2.b.	Lixiviación y escurrimiento					T1	D

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En su forma más básica, las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados se estimaron empleando la siguiente ecuación (i).

Suelos agrícolas: emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas en suelos gestionados.

$$N_2O_{Directas-N} = N_2O-N_{N\text{ aportes}} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP} \quad (i)$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 N_2O - N_{N\text{ aportes}} &= [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1] + [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \times EF_{1FR}] \\
 N_2O - N_{OS} &= [(F_{OS,CG,Temp} \times EF_{2CG,Temp}) + (F_{OS,CG,Trop} \times EF_{2CG,Trop}) + (F_{OS,F,Temp,NR} \times EF_{2F,Temp,NR}) \\
 &\quad + (F_{OS,F,Temp,NP} \times EF_{2F,Temp,NP}) + (F_{OS,F,Trop} \times EF_{2F,Trop})] \\
 N_2O - N_{PRP} &= [(F_{PRP,CP} \times EF_{3PRP,CP}) + (F_{PRP,SO} \times EF_{3PRP,SO})]
 \end{aligned}$$

$N_2O_{Directas-N}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas a partir de suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O - N_{N\text{ aportes}}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O - N_{OS}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O - N_{PRP}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N₂O–N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

F_{CR} = 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⁻¹

F_{SOM} = 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⁻¹

F_{OS} = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹

EF_1 = factor de emisión para emisiones de N₂O de aportes de N, kg N₂O–N (kg aporte de N)⁻¹

EF_{1FR} es el factor de emisión para emisiones de N₂O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, kg N₂O–N (kg aporte de N)⁻¹

EF_2 = factor de emisión para emisiones de N₂O de suelos orgánicos drenados/gestionados, kg N₂O–N ha⁻¹ año⁻¹

EF_{3PRP} = factor de emisión para emisiones de N₂O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N₂O–N (kg aporte de N)⁻¹

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; Refinamiento 2019 de las Guías Metodológicas del IPCC del 2006.

Las emisiones indirectas de N₂O de suelos agrícolas por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados se estimaron con la ecuación (j).

Suelos agrícolas: emisiones indirectas de N₂O producido por deposición atmosférica de N volatilizado.

$$N_2O_{(ATD)}-N = \left[(F_{SN} \bullet Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \bullet Frac_{GASM}) \right] \bullet EF_4 \quad (j)$$

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]

Fuente: Ecuación 11.9; Capítulo 11; Volumen 4; Refinamiento 2019 de las Guías Metodológicas del IPCC del 2006.

Las emisiones indirectas de N_2O por lixiviación/escurrimiento N se estimaron usando la ecuación (k).

Suelos agrícolas: emisiones indirectas de N_2O producido por deposición atmosférica de N lixiviado.

$$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_{LEACH-(H)} \cdot EF_5 \text{ (k)}$$

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, kg N año⁻¹

$Frac_{LIXIVIACION-(H)}$ = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N (kg de agregados de N)⁻¹

EF_5 = factor de emisión para emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento de N, kg N_2O -N (kg N por lixiviación y escurrido)⁻¹

Fuente: Ecuación 11.10; Capítulo 11; Volumen 4; Refinamiento 2019 de las Guías Metodológicas del IPCC del 2006.

Los cálculos se realizaron en planillas elaboradas con base en las hojas de trabajo de las Directrices del IPCC del 2006.

5.5.2.1. Datos de actividad de la categoría

Como ha sido mencionado anteriormente, para el cálculo de las emisiones directas e indirectas de N_2O , fueron consideradas las siguientes fuentes de N:

- Fertilizantes de N sintético (F_{SN}): de los registros de exportación e importación de la Dirección Nacional de Aduanas (Sistema Sofía), teniendo en cuenta las partidas arancelarias, el rubro agropecuario de las empresas exportadoras e importadoras y la formulación N-P-K o nitrogenada de cada fertilizante.
- Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo (F_{PRP}): calculado a partir de las cabezas de ganado en pastoreo (dato del CAN, 2022 para la población bovina y bubalina, en tanto que fue ponderado para las demás especies pecuarias).
- Residuos agrícolas (F_{CR}): calculado a partir de los valores de superficie y rendimiento de 28 cultivos anuales provistos por la DCEA/MAG.

En la Tabla 5.51 se presenta un resumen de los DA utilizados en los cálculos de las emisiones directas e indirectas de N_2O para el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR del Paraguay.

Tabla 5-51.

Suelos Agrícolas: resumen de fuentes nitrogenadas por subcategoría

Año	F_{SN}	F_{CR}	$F_{PRP,CPP}$	$F_{PRP,SO}$
1990	2.101,98	72.446.534,20	165.764.963,36	17.598.456,00
1995	5.572,69	102.178.417,69	194.528.738,90	16.965.427,41
2000	2.255.368,82	120.889.596,91	195.349.689,97	16.305.267,69
2005	2.513.616,72	149.360.109,22	198.912.794,45	15.652.672,81
2010	22.619.528,64	276.985.431,73	240.209.350,00	14.981.865,46
2017	70.743.959,12	350.527.892,31	276.471.716,78	13.989.057,36
2019	97.523.691,25	407.132.094,45	277.294.072,35	13.659.271,30
2021	115.402.615,80	184.556.127,01	277.551.049,69	13.318.386,04

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES, a partir de:

Fuente
IBA3 - DNA (Sistema Sofia) de 1990-2017 p/ F_{SN}
4CN-DNA (Sistema Sofia) 2018-2019 p/ F_{SN}
1BTR-SENAVE (VUE-VUI) 2020 y 2021 p/ F_{SN}
MAG-Cultivos anuales p/ F_{CR}
MAG/SENACSA-Cabezas de ganado p/ F_{PRP}

5.5.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de las emisiones directas e indirectas de N_2O , en tier 1 los FE aplicados en la categoría de suelos agrícolas corresponden a FE por defecto propuestos en el Refinamiento 2019 (Tabla 5.52).

Tabla 5-52.

Suelos agrícolas: FE aplicados.

Código	Subcategoría/fuente	FE - N ₂ O		
		Fuente	Valor	Unidad
3.D.1.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos agrícolas			
3.D.1.a.	Fertilizantes inorgánicos	D	0,010	kg N ₂ O-N (kg N aporte) ⁻¹
3.D.1.b.	Fertilizantes orgánicos (descrito como gestión del estiércol)	D	0,010	kg N ₂ O-N (kg N aporte) ⁻¹
3.D.1.c.	Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo CPP	D	0,004	kg N ₂ O-N (kg N aporte) ⁻¹
	Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo SO	D	0,003	kg N ₂ O-N (kg N aporte) ⁻¹
3.D.1.d.	Residuos de cosechas	D	0,010	kg N ₂ O-N (kg N aporte) ⁻¹
3.D.2.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos agrícolas			
3.D.2.a.	Deposición atmosférica	D	0,010	kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado) ⁻¹
3.D.2.b.	Lixiviación y escurrimiento	D	0,011	kg N ₂ O-N (kg N por lixiviación y escurrido) ⁻¹

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC 2006 (Vol. 4; Cap. 11; Cuadro 11.1 y 11.3).

5.5.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

En el caso del INGEI del Paraguay, la principal alusión a la que se hace mención aquí es respecto al plazo de presentación del DIN para el 1 BTR, ya que se alienta a las Partes a que el último año de presentación del informe no supere los 2 años antes de la presentación del DIN. Por lo tanto, se espera a que, de presentar sus BTR en 2024 los países realicen estimaciones hasta el 2022; no obstante, haciendo uso de la flexibilidad de 3 años, el Paraguay pretende presentar su 1 BTR (incluyendo el DIN correspondiente) en 2024 con estimaciones hasta el 2021, como último año inventariado. Ello guarda relación con el limitado tiempo de gestión de datos para el 1 BTR del Paraguay, lo que condicionó el Cronograma del Proyecto implicado, de la siguiente manera: 1 BTR a presentarse en 2024 con serie temporal 1990-2021 y 5CN+2BTR como reportes combinados con serie temporal 1990-2023 a presentarse en 2026.

5.5.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal se considera coherente en el tiempo en virtud a que las emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando, acuerdo a la disponibilidad, las fuentes oficiales de DA (DNA, SENAWE, MAG y SENACSA) o técnicas de empalme, así como los mismos FE por defecto de 1990 a 2021. En tal sentido, aunque debido al corto periodo de preparación del 1BTR del Paraguay no ha sido posible la estimación cuantitativa de la incertidumbre asociada a los DA o FE utilizados, la limitación pretende ser mejorada en el siguiente reporte, para reducir el sesgo y la incertidumbre asociada a la generalización de valores no representativos.

5.5.5. AC/CC de la categoría

Al igual que en los anteriores reportes, en la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR del Paraguay, se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las Directrices del IPCC del 2006 para la categoría de suelos agrícolas, realizándose a modo de buenas prácticas las siguientes actividades:

Verificación de la recopilación y entrada de los datos, mediante:

- Recopilación documental y diseño del marco metodológico. Para ello fue creado un repositorio digital recopilándose de manera sistemática todos los inputs de interés.

- Verificación de los DA y FE utilizados a partir del diseño metodológico, incluyendo registro y crédito a los/as autores/as a los fines de transparencia.
- Cotejo de la representatividad de los DA con los stakeholders. Al respecto, cabe destacar que el país ha procurado establecer un proceso altamente participativo para la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR.
- Verificación de errores de transcripción en los datos de entrada.
- Verificación de las unidades de medida de los parámetros o variables de interés.
- Verificación de la completitud de los datos para las distintas subcategorías, serie temporal y unidades geográficas.

Documentación de datos

- Revisión del archivo y la documentación interna, alojados inicialmente en el repositorio digital y su correspondiente back up, además de la entrega de avances (outputs) en físico para el Proyecto “1BTR+2BTRy5CN” del Paraguay.

Recálculo

- Verificación de formulaciones y resultados del recálculo.
- Cotejo de parámetros considerados en los anteriores reportes del país y del IPCC.

CC de la categoría específica

- Evaluación de los resultados obtenidos mediante cotejo con anteriores reportes del país.
- Revisión de los resultados estimados de emisiones de N_2O , incluyendo puntos de control como la cantidad total de cabezas de ganado, superficie y rendimientos agrícolas de cultivos indicadores (ej. maíz con alta demanda de fertilizantes nitrogenados de origen sintético).

Aseguramiento de calidad (AC)

- Como es de rigor, el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR fue sometido a un proceso de revisión por pares. De esta revisión externa se recibieron una serie de recomendaciones, las cuales fueron sistematizadas en el Plan de AC/CC, para su análisis por el equipo técnico del INGEI incluyendo estimación de los plazos de mejora. Al respecto, en el Anexo V se presentará la sistematización de las principales recomendaciones y su estado de implementación.

5.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

Al tratarse de una categoría estimada en tier 1, los FE utilizados son por defecto y las mejoras metodológicas realizadas se relacionan a las fuentes nitrogenadas especificadas a continuación.

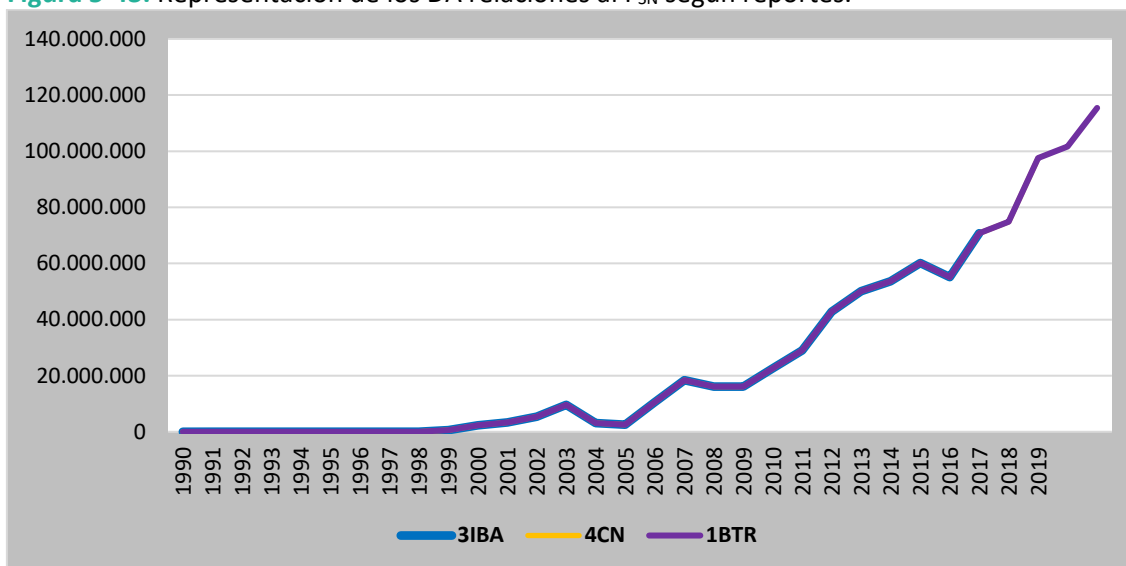
- F_{SN} : los DA utilizados son los mismos que para los anteriores reportes, excepto por la adición de los años 2020 y 2021 no reportados anteriormente, como se observa en la tabla 5.53 y como líneas superpuestas en la figura 5.43.

Tabla 5-53. Resumen de los DA relacionados a F_{SN} según reportes del país.

Factor/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3IBA	2.101,98	5.572,69	2.255.368,82	2.513.616,72	22.619.528,64	60.104.520,08			
4CN	2.101,98	5.572,69	2.255.368,82	2.513.616,72	22.619.528,64	60.104.520,08	97.523.691,25		
1BTR	2.101,98	5.572,69	2.255.368,82	2.513.616,72	22.619.528,64	60.104.520,08	97.523.691,25	101.607.151,18	115.402.615,80

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-43. Representación de los DA relaciones al F_{SN} según reportes.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

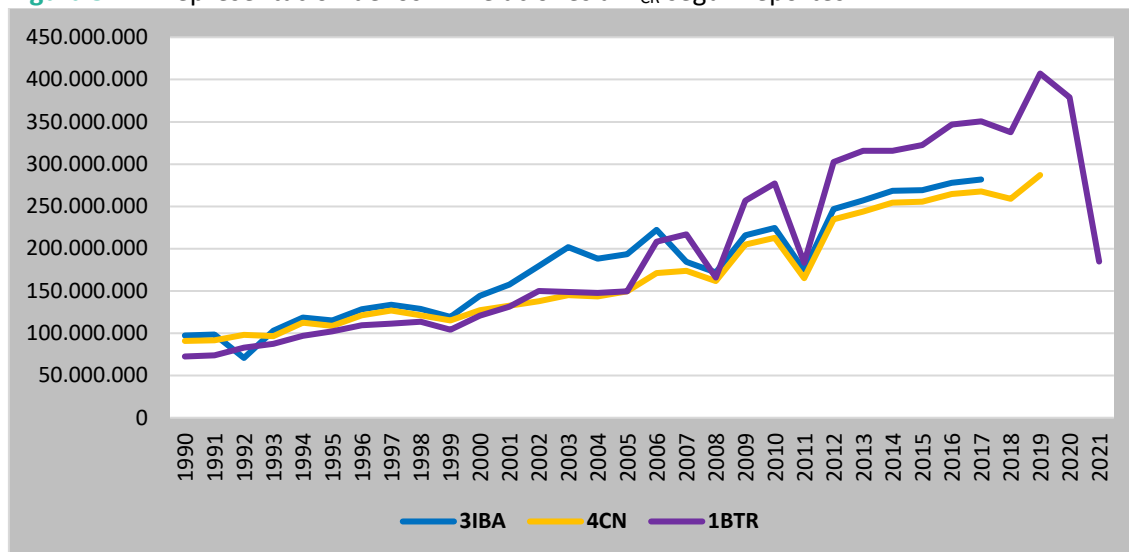
- F_{CR} : desde el año 2007 esta fuente nitrogenada ha mostrado incrementos en el 1BTR respecto a los reportes anteriores como se observa en la tabla 5.54 y la figura 5.44. Estas diferencias se deben fundamentalmente a cambios metodológicos realizados para el 1BTR siguiendo los lineamientos del Refinamiento 2019 del IPCC, que considera el aporte de N tanto por parte de la biomasa aérea como radicular, a diferencia de las Guías Metodológicas del IPCC de 2006 que sólo considera la proporción N en restos de cosecha de la biomasa aérea.

Tabla 5-54. Resumen de los DA relacionados a F_{CR} según reportes del país.

Factor/año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3IBA	97.351.809,57	115.122.306,25	144.317.238,75	193.411.025,64	224.472.471,85	269.353.148,47			
4CN	90.823.293,76	108.465.799,31	127.356.210,34	149.392.571,20	212.910.046,23	255.526.684,51	287.055.572,89		
1 BTR	72.446.534,20	102.178.417,69	120.889.596,91	149.360.109,22	276.985.431,73	322.480.617,73	407.132.094,45	379.031.139,51	184.556.127,01

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-44. Representación de los DA relaciones al F_{CR} según reportes.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

- F_{PRP} : esta fuente nitrogenada que hace referencia a la proporción de animales en pastoreo, se halla agrupada en $F_{PRP, CPP}$ (Bovinos, Aves y Cerdos por sus siglas en inglés) y $F_{PRP, SO}$ (Ovinos y otras especies por sus siglas en inglés). Naturalmente, la primera ostenta mayores emisiones de N_2O . Sin embargo, cabe ser destacado que la F_{PRP} ha presentado gran disminución en el 1BTR del Paraguay, respecto a los valores estimados en los anteriores reportes (tabla 5.55 y figura 5.45), lo que guarda relación con la disminución de la proporción de ganado en situación de pastoreo extensivo (y por ende sin gestión del estiércol).

Tabla 5-55. Resumen de los DA totales relacionados a F_{PRP} según reportes del país.

Factor/año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3IBA	97.351.809,57	115.122.306,25	144.317.238,75	193.411.025,64	224.472.471,85	269.353.148,47			
4CN	90.823.293,76	108.465.799,31	127.356.210,34	149.392.571,20	212.910.046,23	255.526.684,51	287.055.572,89		
1 BTR	72.446.534,20	102.178.417,69	120.889.596,91	149.360.109,22	276.985.431,73	322.480.617,73	407.132.094,45	379.031.139,5	184.556.127,01

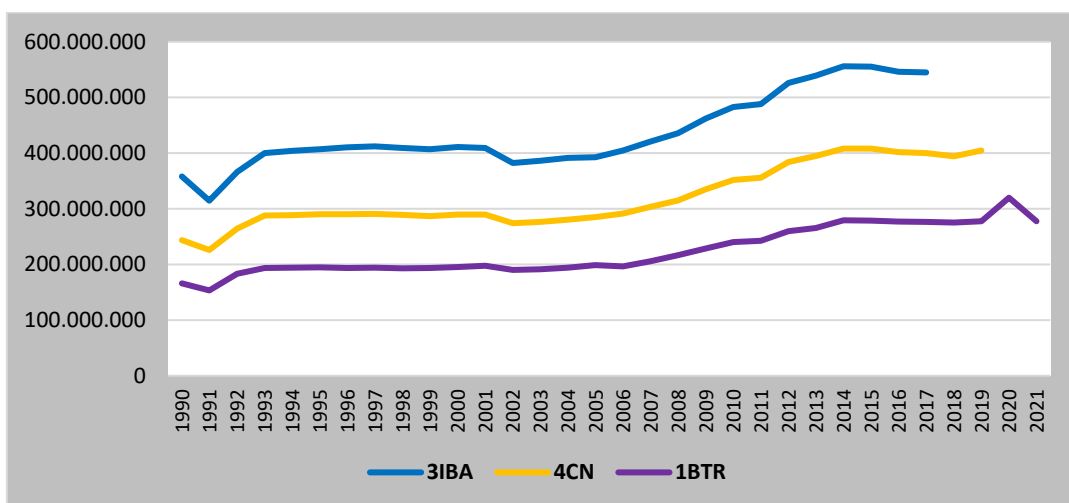
Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI de la DNCC/MADES (2024).

Tabla 5-56. Resumen de los DA totales relacionados a $F_{PRP, CPP}$ según reportes del país.

Factor/año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3IBA	358.071.502,12	406.997.657,87	410.973.628,76	392.552.774,20	482.970.643,66	555.119.243,48			
4CN	243.507.493,45	290.242.060,56	289.517.528,00	285.333.888,87	351.587.482,55	408.084.322,22	404.696.218,42		
1 BTR	165.764.963,36	194.528.738,90	195.349.689,97	198.912.794,45	240.209.350,00	278.898.410,78	277.294.072,35	319.895.962,78	277.551.049,69

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-45. Representación de los DA relaciones al $F_{PRP,CPP}$ según reportes.



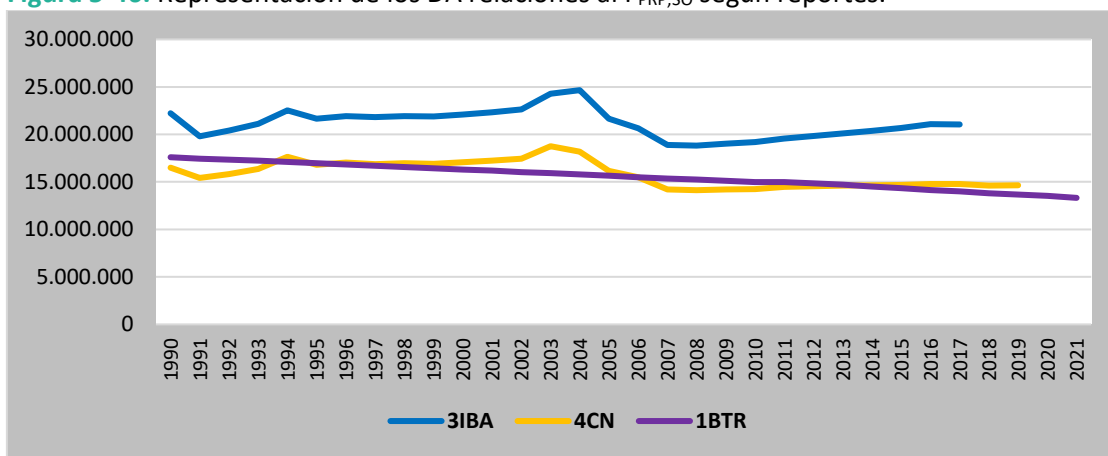
Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 5-57. Resumen de los DA totales relacionados a $F_{PRP,SO}$ según reportes del país.

Factor/año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
3IBA	22.235.392,64	21.642.875,38	22.094.556,09	21.662.287,85	19.200.079,05	20.684.504,89			
4CN	16.481.489,21	16.799.952,45	17.073.016,58	16.167.995,05	14.238.211,39	14.686.862,36	14.627.733,62		
1 BTR	17.598.456,00	16.965.427,41	16.305.267,69	15.652.672,81	14.981.865,46	14.326.231,20	13.659.271,30	13.519.782,00	13.318.386,04

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 5-46. Representación de los DA relaciones al $F_{PRP,SO}$ según reportes.



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Finalmente, en la tabla 5.58 se resume la comparación de emisiones directas e indirectas de N_2O considerando la serie temporal de los reportes. Como puede observarse, los valores de emisiones de suelos agrícolas del 1BTR son intermedios en comparación a los anteriores reportes del país.

Tabla 5-58.

Suelos agrícolas: Comparación de resultados obtenidos para la categoría de suelos agrícolas (kt CO₂ eq) en los reportes anteriores (3IBA, 4CN) y actual (1BTR) del Paraguay.

INGEI/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
3IBA (2021)	4.959,20	5.630,47	5.872,16	5.949,87	7.308,94	8.704,77		
4CN (2023)	1.457,23	1.722,62	1.835,13	1.936,19	2.626,01	3.375,79	3.647,15	
1BTR (2024)	899,40	1.166,58	1.309,09	1.511,97	2.628,35	3.557,67	4.144,86	2.727,88
Δ 1BTR-3IBA	-4.059,80	-4.463,89	-4.563,07	-4.437,9	-4.680,59	-5.147,10	No aplica	No aplica
Δ 1BTR-4CN	-557,83	-556,04	-526,04	-424,22	+2,34	+181,88	+497,71	No aplica

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.5.7. Mejoras planificadas para la categoría

En el proceso de mejora continua, para el reporte del 3 BTR (2028) del Paraguay en la medida de lo posible, se recomienda mejorar la calidad de los DA y de los FE para obtener resultados representativos de las condiciones nacionales. Para ello, se sugiere:

- **Avanzar en la obtención de la información referente a la producción y el consumo nacional** de fertilizantes nitrogenados sintéticos, la caracterización precisa de los sistemas de gestión del estiércol, y los residuos de cosechas para evitar potenciales sobre o subestimaciones de N₂O;
- **Generar FE país-específicos (tier 2 o 3)**, principalmente para aquellas fuentes nitrogenadas de mayor emisión como los residuos de cosecha y los purines animales depositados en las pasturas.
- **Conformar una mesa técnica interinstitucional** para revisión y estimación de datos de las categorías del INGEI relacionadas al uso de insumos agrícolas (fertilizantes, cal agrícola y urea) como el MAG; el SENAVE; el Ministerio de Industria y Comercio (MIC); el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN); la Dirección Nacional de Ingresos Tributarios (DNIT) y el sector productivo.

5.6. Quema de biomasa vinculada a actividades agropecuarias: quema prescrita de sabanas (CRT 3.E) y quema de residuos agrícolas.

Estas categorías que son fuente de emisión de CH₄, N₂O y sus precursores CO (monóxido de carbono) y NO_x (óxidos de nitrógeno) no han sido aún reportadas, si bien han sido objeto de recomendaciones en anteriores revisiones por expertos en el proceso de AC, lo cual guarda estrecha relación con la limitación de DA precisos. Entre estas recomendaciones dadas por los pares revisores se encuentran:

-Revisión de la consistencia y exhaustividad, puesto que como se observa en la tabla 5-59, estas subcategorías han sido en ocasiones: no declaradas (ND), declaradas (D), NE (no estimadas), E (estimadas) o consideradas de que No Ocurren (NO) en el país.

Tabla 5-59.

Quema de biomasa: declaración de las categorías según reportes del Paraguay³⁶.

Reporte (año)	Serie temporal	Categoría quema de biomasa
1CN (2001)	Años puntuales: 1990, 1994	No declarada (ND) ni estimada (NE)
2CN (2011)	Año puntual: 2000.	Declarada (D) pero no estimada (NE)
3CN (2016)	Años puntuales: 1994 (R); 2012 y 2015.	1994: QPS: NE; QRA: E 2012: QPS: NE; QRA: E 2015: QPS: NE; QRA: NO
1IBA (2016)	Año puntual: 2011	QPS: NE; QRA: NO
2IBA (2018)	1990-2015	NE
3IBA (2021)	1990-2017	Declarada (D) pero no estimada (NE)
4CN (2023)	1990-2019	Declarada (D) pero no estimada (NE)
1BTR (2024)	1990-2021	NE

Referencias: CN (Comunicaciones Nacionales); IBA (Informes Bienales de Actualización); BTR (Informe Bienal de Transparencia); QPS (Quema prescrita de sabanas o pastizales); QRA (Quema de Residuos Agrícolas).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Así pues, como el país no ha estimado consistentemente ni reportado estas categorías de quema de biomasa en el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería de los reportes anteriores, nuevamente para el 1 BTR el Paraguay hace uso de la flexibilidad en la declaración de NE. No obstante, a los efectos de exhaustividad se recomienda avanzar en la estimación de estas categorías de emisiones en futuros reportes dado que conforme a las MPG del Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París: “Cada Parte podrá utilizar “NE” cuando el nivel de las emisiones sea insignificante, probablemente menor al 0,1 % del total nacional (excluido UTCUTS) o a 1.000 kt CO₂ eq si esta cantidad es menor. En ese caso, el total nacional agregado de emisiones de las categorías consideradas insignificantes deberá ser inferior al 0,2 % del total nacional (excluido UTCUTS)”.

Para ello, se presentan a continuación nuevas recomendaciones como mejoras planificadas para las categorías en cuestión.

5.6.1. Mejoras planificadas para las categorías.

■ **Análisis multitemporal de los DA.** Al respecto, si bien existen potenciales fuentes de DA como el Earth Map³⁷ basado en productos satelitales como el MODIS dataset (MCD64A1 v6.1) (figura 5.47), éstas presentan las siguientes limitaciones: baja resolución de los mapas generados (generalmente de 500 metros, no permitiendo la precisa discriminación de áreas quemadas por coberturas de suelo: bosques, cultivos, pastizales y otros) y limitado marco temporal (puesto que generalmente se disponen materiales cartográficos a partir del año 2000, no así de años anteriores) sin poder extrapolarse la tendencia dada la gran variabilidad interanual de los DA y aún en un mismo año, puesto que existen áreas quemadas más de una vez al año, con riesgo de ser subestimadas. Así mismo, evaluaciones oficiales recientes han evidenciado que, a pesar de su utilidad **estas fuentes sobreestiman hasta en un 50% las áreas quemadas** en los últimos años (p. ej. 2023/24) razón por

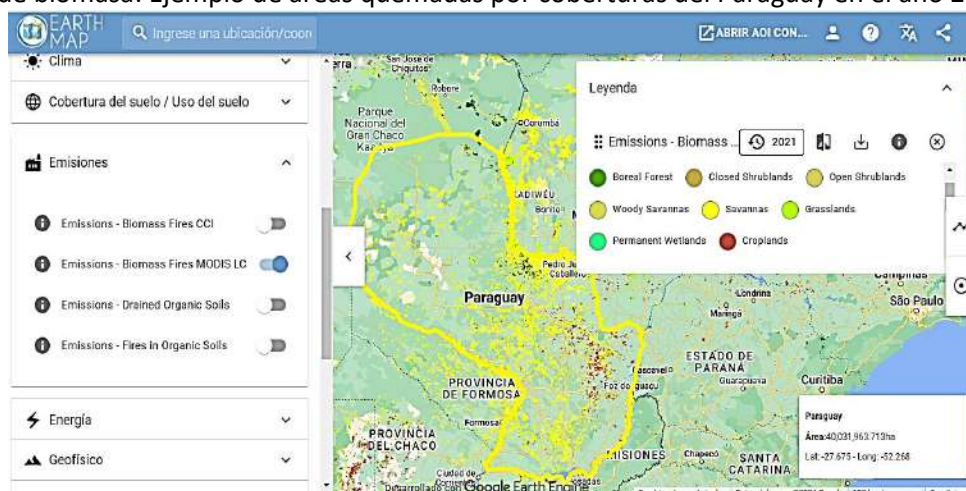
³⁶ Disponible en: <http://dncc.mades.gov.py/reportes-nacionales>

³⁷ Disponible en: <https://earthmap.org/>

la cual el Paraguay ha establecido la decisión técnica de no reportar esta categoría con DA que conlleven alta incertidumbre.

Figura 5-47.

Quema de biomasa: Ejemplo de áreas quemadas por coberturas del Paraguay en el año 2021



Fuente: Earth map (2024).

Considerando las limitaciones mencionadas, para el reporte del 3BTR (2028) del país en lo posible, se recomienda también:

- **Fortalecer las capacidades nacionales**, requiriéndose más técnicos especialistas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para evaluar la serie temporal requerida.
- **Fomentar el trabajo interinstitucional entre el INFONA y el MADES**, para disponer de DA más precisos de las áreas quemadas en las distintas coberturas de suelo. Al respecto, a los fines de precisión, exhaustividad y comparabilidad se recomienda avanzar en la estimación de todas las categorías relacionadas a la quema de biomasa, incluyendo los incendios forestales puesto que, según las fuentes extraoficiales de datos existentes los para la serie temporal 2001-2018, los bosques representaron en promedio el mayor porcentaje de áreas quemadas (33,4%); seguidos de tierras de cultivo (21,5%); y pastizales (20,7%).
- **Cotejar la coherencia de los DA observados cartográficamente** (dada la potencial incertidumbre que conllevan) junto a otros elementos como las habilitaciones de quema prescrita autorizadas o no bajo ciertas condiciones meteorológicas y topográficas en el país.

5.7. Encalado (CRT 3.G)

El **encalado o adición de carbonato** (CaCO_3) es una práctica agrícola habitualmente realizada para elevar el pH (reduciendo la acidez del suelo) y biodisponibilizar nutrientes (habitualmente inhibidos por la alta concentración del Al (aluminio), que es reemplazado por el Ca). Esta adición de carbonato al suelo (en forma calcítica o dolomítica) en suelos gestionados para uso agropecuario conduce a emisiones de CO_2 , ya que la cal se disuelve y libera HCO_3^- (bicarbonato) que se convierte en CO_2 y H_2O (agua). No obstante, cabe ser destacado que el encalado es una práctica más extendida en la

Región Oriental del país (Peralta, 2019)³⁸, ya que el Chaco Paraguayo no presenta demanda de corrección del Al y eventualmente se utiliza sólo en suelos arcillosos del Bajo Chaco.

5.7.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

A nivel nacional, para la estimación de esta categoría del INGEI se utilizan datos anuales de importación de dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), ya que no se cuentan con datos oficiales de la producción nacional de cal agrícola calcítica o de su mezcla magnesiana dolomítica. Al igual que en el caso de los insumos agrícolas nitrogenados, tampoco existen registros de la cantidad de cal agrícola aplicada al suelo ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) debido a factores como dependencia de las recomendaciones del análisis de suelo y de la rentabilidad económica.

Esta categoría no ha sido identificada como principal del INGEI del 1BTR. En el último año inventariado (2021), las emisiones resultantes del encalado representaron el 0,72 % del total de emisiones del Sector Agricultura y Ganadería, incrementándose 670% con respecto al año base (1990). Los incrementos de las emisiones de CO_2 por el encalado, guardan estrecha relación con el aumento de la superficie de uso agropecuario (principalmente de cultivos como la soja, el trigo y las pasturas para la producción ganadera) en la Región Oriental del país, que presenta suelos más acidificados. Al respecto, la Tabla 5-60 y la Figura 5-48 muestran el resumen e incremento de emisiones de CO_2 del encalado, en tanto que en las tablas CRT se presentan los resultados para la serie temporal completa.

Tabla 5-60.

Encalado: total de CO_2 por subcategoría (kt CO_2 eq)

Categoría/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Variación (%)
3.G.1. Calcita	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NA
3.G.2. Dolomita	0,20	0,61	1,86	26,25	67,31	78,97	76,12	120,49	133,53	+66.665
Total	0,20	0,61	1,86	26,25	67,31	78,97	76,12	120,49	133,53	+66.665

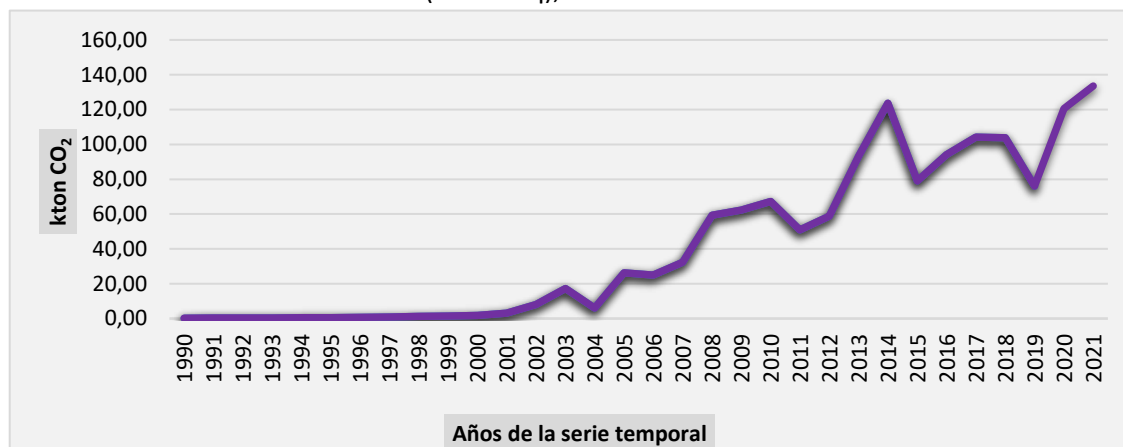
Referencia: Var. (%) entre año final (2021) e inicial (1990) del INGEI; NE (No estimado); NA (No aplica).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

³⁸ Disponible en: <https://www.geologiadelparaguay.com.py/Tesis-Ariel-Peralta.pdf>

Figura 5-48.

Encalado: total de emisiones de CO₂ (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.7.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para las estimaciones de las emisiones de CO₂ de la categoría encalado se utilizó la metodología del Refinamiento del 2019 que no presenta actualizaciones respecto a las directrices de la Guía Metodológica del IPCC del 2006. Para ello, se aplicó el tier 1 utilizando DA nacionales y FE fijos por defecto, que son presentados en la tabla 5-61. Además, cabe ser destacado que al igual que para la categoría de suelos agrícolas, no se disponen de datos regionalizados para estimaciones a nivel subnacional en esta categoría.

Tabla 5-61.

Encalado: resumen de métodos aplicados por subcategoría.

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.G.	Encalado	T1,NE	D,NE				
3.G.1.	Caliza	NE	NE				
3.G.2.	Dolomita	T1	D				

Referencias: T1 = Nivel 1; T2= Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NA = No aplicable; NE = No estimada; NO = No ocurre

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

A continuación, se presenta la ecuación (L) utilizada para los cálculos de las emisiones de CO₂, que fueron realizadas en plantillas elaboradas con base en las hojas de trabajo de las Directrices del IPCC de 2006.

Encalado: Emisiones anuales de CO₂ por encalado (Tier 1)

$$Emisión\ CO_2-C = (M_{Caliza} \bullet EF_{Caliza}) + (M_{Dolomita} \bullet EF_{Dolomita}) \quad (L)$$

Donde: Emisión CO₂ – C = emisiones anuales de C por aplicación de cal, ton C año⁻¹; M = cantidad anual de piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg(CO₃)₂), ton año⁻¹; FE = factor de emisión, ton C (ton de piedra caliza o dolomita)⁻¹.

Fuente: Ecuación 11.12; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

5.7.2.1. Datos de actividad de la categoría

De 2000 a 2019, los DA de la categoría encalado del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería, corresponden a datos de la importación anual de dolomita, provistos tanto para el 3IBA como la 4CN, por la Dirección Nacional de Aduanas (DNA) a través del Sistema Sofía, utilizando las siguientes partidas arancelarias: 2518.10.00, 2518.20.00 y 2518.30.00. De la información de dichas partidas, se filtró la cantidad de dolomita importada con fines agropecuarios, asumiendo que toda la cantidad es aplicada en el año, mientras que:

- Para el periodo 1990-1999, se rellenaron los vacíos de información a partir de técnicas de empalme.
- Para los años 2020 y 2021, los DA fueron provistos por el SENAVE atendiendo la actual conformación de la Dirección Nacional de Ingresos Tributarios (DNIT) por fusión de la DNA con la Secretaría de Tributación (SET) del Paraguay, a la que también se solicitó datos de cotejo.

Los valores utilizados como DA están resumidos en la Tabla 5.62.

Tabla 5-62.

Encalado: Datos de actividad, factor de emisión y emisiones de CO₂ por encalado, 1990-2021

Año	Tipo de cal aplicada	DA (ton importadas de dolomita.año-1)	FE dolomita (13% C)	Emisiones anuales por encalado (ton C.año-1)	Emisiones anuales de CO ₂ por encalado (Emisiones*44/12*10 ⁻³ en Kton CO ₂ .año-1)
		M _{dolomita}	FE _{dolomita}	CO ₂ -C Emisión	CO ₂ Emisión
1990	Dolomita	417,35	0,13	54,26	0,20
1991	Dolomita	521,85	0,13	67,84	0,25
1992	Dolomita	652,52	0,13	84,83	0,31
1993	Dolomita	815,90	0,13	106,07	0,39
1994	Dolomita	1.020,20	0,13	132,63	0,49
1995	Dolomita	1.275,65	0,13	165,83	0,61
1996	Dolomita	1.595,06	0,13	207,36	0,76
1997	Dolomita	1.994,45	0,13	259,28	0,95
1998	Dolomita	2.493,85	0,13	324,20	1,19
1999	Dolomita	3.118,30	0,13	405,38	1,49
2000	Dolomita	3.899,10	0,13	506,88	1,86
2001	Dolomita	6.672,31	0,13	867,40	3,18
2002	Dolomita	16.778,11	0,13	2.181,15	8,00
2003	Dolomita	36.101,60	0,13	4.693,21	17,21
2004	Dolomita	12.768,00	0,13	1.659,84	6,09
2005	Dolomita	55.076,50	0,13	7.159,95	26,25
2006	Dolomita	52.466,20	0,13	6.820,61	25,01
2007	Dolomita	67.680,00	0,13	8.798,40	32,26
2008	Dolomita	124.660,00	0,13	16.205,80	59,42
2009	Dolomita	130.787,00	0,13	17.002,31	62,34

2010	Dolomita	141.213,00	0,13	18.357,69	67,31
2011	Dolomita	106.864,00	0,13	13.892,32	50,94
2012	Dolomita	123.369,00	0,13	16.037,97	58,81
2013	Dolomita	195.739,00	0,13	25.446,07	93,30
2014	Dolomita	259.339,00	0,13	33.714,07	123,62
2015	Dolomita	165.670,89	0,13	21.537,22	78,97
2016	Dolomita	197.219,44	0,13	25.638,53	94,01
2017	Dolomita	218.652,95	0,13	28.424,88	104,22
2018	Dolomita	217.672,67	0,13	28.297,45	103,76
2019	Dolomita	159.682,58	0,13	20.758,74	76,12
2020	Dolomita	252.785,00	0,13	32.862,05	120,49
2021	Dolomita	280.141,00	0,13	36.418,33	133,53

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en datos de DNA (Sistema Sofía) y SENAVE (2024).

5.7.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Como se ha visto en la tabla anterior, el FE aplicado en tier 1 (valor por defecto) por uso de cal dolomítica corresponde a 0,13; el cual guarda relación con el contenido de carbonato en su composición química (tabla 5-63).

Tabla 5-63.

Encalado: FE aplicados por fuente de CO₂.

Código	Subcategoría/fuente	Fuente	FE - CO ₂	
			Valor	Unidad
3.G.2.	Dolomita	D	0,13	[t de C (t de dolomita) ⁻¹]

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico del INGEI del MADES con base en las Directrices del IPCC de 2006 (Vol. 4; Capítulo 11).

5.7.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

En el caso del INGEI del Paraguay, la principal alusión a la que se hace mención aquí es respecto al plazo de presentación del DIN para el 1 BTR, ya que se alienta a las Partes a que el último año de presentación del informe no supere los 2 años antes de la presentación del DIN. Por lo tanto, se espera a que, de presentar sus BTR en 2024 los países realicen estimaciones hasta el 2022; no obstante, haciendo uso de la flexibilidad de 3 años, el Paraguay pretende presentar su 1 BTR (incluyendo el DIN correspondiente) en 2024 con estimaciones hasta el 2021, como último año inventariado. Ello guarda relación con el limitado tiempo de gestión de datos para el 1 BTR del Paraguay, lo que condicionó el Cronograma del Proyecto implicado, de la siguiente manera: 1 BTR a presentarse en 2024 con serie temporal 1990-2021 y 5CN+2BTR como reportes combinados con serie temporal 1990-2023 a presentarse en 2026.

5.7.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal se considera coherente en el tiempo en virtud a que las emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando las mismas fuentes oficiales de DA (DNA y SENAVE) o técnicas de empalme, así como los mismos FE por defecto de 1990 a 2021. En tal sentido, aunque debido al corto periodo de preparación del 1BTR del Paraguay no ha sido posible la estimación cuantitativa de la incertidumbre asociada a los DA o FE utilizados, esta limitación pretende ser mejorada en el siguiente reporte, a fin de reducir el sesgo y la incertidumbre asociada a la generación de valores no representativos.

5.7.5. AC/CC de la categoría

Al igual que en los anteriores reportes, en la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR del Paraguay, se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las Directrices del IPCC del 2006 para la categoría de encalado, realizándose a modo de buenas prácticas las siguientes actividades:

Verificación de la recopilación y entrada de los datos, mediante:

- Recopilación documental y diseño del marco metodológico. Para ello fue creado un repositorio digital recopilándose de manera sistemática todos los inputs de interés.
- Verificación de los DA y FE utilizados a partir del diseño metodológico, incluyendo registro y crédito a los/as autores/as a los fines de transparencia.
- Cotejo de la representatividad de los DA con los stakeholders. Al respecto, cabe destacar que el país ha procurado establecer un proceso altamente participativo para la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR.
- Verificación de errores de transcripción en los datos de entrada.
- Verificación de las unidades de medida de los parámetros o variables de interés.
- Verificación de la completitud de los datos para las distintas subcategorías, serie temporal y unidades geográficas.

Documentación de datos

- Revisión del archivo y la documentación interna, alojados inicialmente en el repositorio digital y su correspondiente back up, además de la entrega de avances (outputs) en físico para el Proyecto “1BTR+2BTRy5CN” del Paraguay.

Recálculo

- Verificación de formulaciones y resultados del recálculo
- Cotejo de parámetros considerados en los anteriores reportes del país y del IPCC.

CC de la categoría específica

- Evaluación de los resultados obtenidos mediante cotejo con anteriores reportes del país.
- Revisión de los resultados estimados de emisiones de CO₂, incluyendo puntos de control como la estimación de la cantidad total de cal agrícola utilizada según sistemas agrícolas de la Región Oriental.

Aseguramiento de calidad (AC)

- Como es de rigor, el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR fue sometido a un proceso de revisión por pares. De esta revisión externa se recibieron una serie de recomendaciones, las cuales fueron sistematizadas en el Plan de AC/CC, para su análisis por el equipo técnico del INGEI incluyendo estimación de los plazos de mejora. Al respecto, en el Anexo V se presentará la sistematización de las principales recomendaciones y su estado de implementación.

5.7.6. Nuevos cálculos de la categoría

Esta categoría del INGEI, no ha presentado mejoras metodológicas respecto a los reportes anteriores (3IBA, 4CN) que han utilizado los mismos DA y FE para el efecto, por lo que los resultados de estimación de emisiones de CO₂ por encalado, corresponden sólo al nuevo cálculo de emisiones durante 2020 y 2021 como se observa en la tabla 5.64.

Tabla 5-64.

Encalado: comparación de las emisiones de CO₂ por encalado entre los inventarios previos y el actual (kt CO₂ eq)

Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
3 IBA	0,20	0,61	1,86	26,25	67,31	104,22		
4 CN	0,20	0,61	1,86	26,25	67,31	104,22	76,12	
1 BTR	0,20	0,61	1,86	26,25	67,31	104,22	76,12	133,53
Δ 3IBA-1BTR	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	No aplica	No aplica
Δ 4CN-1BTR	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	No aplica

Fuente: Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES., con base en hoja Table8s1 de los CRT.

5.7.7. Mejoras planificadas para la categoría

Si bien las emisiones de CO₂ de la categoría encalado son pocas en comparación con otras categorías del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería, existen continuas oportunidades de mejora de los DA para obtener resultados representativos. Para el efecto, se enuncian a continuación las siguientes recomendaciones, a ser implementadas en la medida de lo posible para el 3BTR (2028) del país:

- **Involucrar a los stakeholders** (p.ej. asociaciones de caleros y productores agropecuarios) sobre la necesidad de identificación de la **información referente a la producción y consumo nacional** de la cal agrícola calcítica y dolomítica para evitar potenciales sobre o subestimaciones de CO₂. En este punto, al igual que para las otras categorías de uso de insumos agrícolas (suelos agrícolas y urea) se recomienda conformar una **mesa técnica de trabajo interinstitucional** integrada por el gobierno nacional (MAG, SENAVE, INTN, MIC) y el sector privado (Gremios, Asociaciones), como fue mencionada en la sección de suelos agrícolas.
- **Avanzar en el registro del poder neutralizante y contenido calcáreo de las enmiendas cálcicas**, como base para la estimación de FE país-específicos en esta categoría del INGEI, a fin de evitar potenciales sobre o subestimaciones de las emisiones de CO₂, asociadas al uso de los FE por defecto.

5.8. Aplicación de urea (CRT 3.H)

La **urea o carbamida** es un compuesto orgánico de fórmula química CO(NH₂)₂. Es obtenida de manera sintética a partir del NH₃ (amoníaco), siendo uno de los principales fertilizantes nitrogenados de uso agrícola, que produce emisiones de N₂O (computado en la categoría de suelos agrícolas) y que además en su descomposición libera CO₂ (fijado en el proceso de producción industrial) al ser aplicado al suelo, el cual es un proceso catalizado por la ureasa. No obstante, la urea proveniente de los purines (estiércol y orina animal) no es computada como fuente de CO₂ al ser de origen biogénico.

5.8.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

A nivel nacional, de manera similar que para el encalado, en esta categoría del INGEI se utilizaron como DA aquellos provenientes de la importación de urea con fines agropecuarios, ya que no se cuentan con datos sobre la cantidad de urea procesada en el país, ni de la que se aplica a los suelos gestionados para uso agropecuario.

Esta categoría no ha sido identificada como principal. En el último año inventariado (2021), las emisiones por aplicación de urea representaron el 0,11 % del total de emisiones del Sector Agricultura y Ganadería. No obstante, en relación al año base del inventario (1990) las emisiones de CO₂ por aplicación de urea en el último año inventariado (2021) se han incrementado 100.250%, siendo la **categoría del INGEI como mayor tendencia de incremento** de sus emisiones de GEI entre esos años. Al igual que para el caso del encalado, ello guarda relación con el aumento de la superficie de los cultivos agropecuarios (particularmente del maíz, el arroz y las pasturas para la producción ganadera). Al respecto, en la línea de tendencia (figura 5-49) se observan picos y declives de las emisiones CO₂ como en el año 2021, lo cual puede deberse a factores como la elevación del costo de importación debido al inicio del conflicto bélico entre Ucrania y Rusia (principal proveedor de fertilizantes nitrogenados en el país), así como a la falta de atractiva cotización de los commodities agrícolas en el mercado internacional.

En la Tabla 5-65 se observa el resumen de emisiones de CO₂ provenientes de la aplicación de urea al suelo.

Tabla 5-65.

Aplicación de urea: total de CO₂ por subcategoría (kt CO₂ eq)

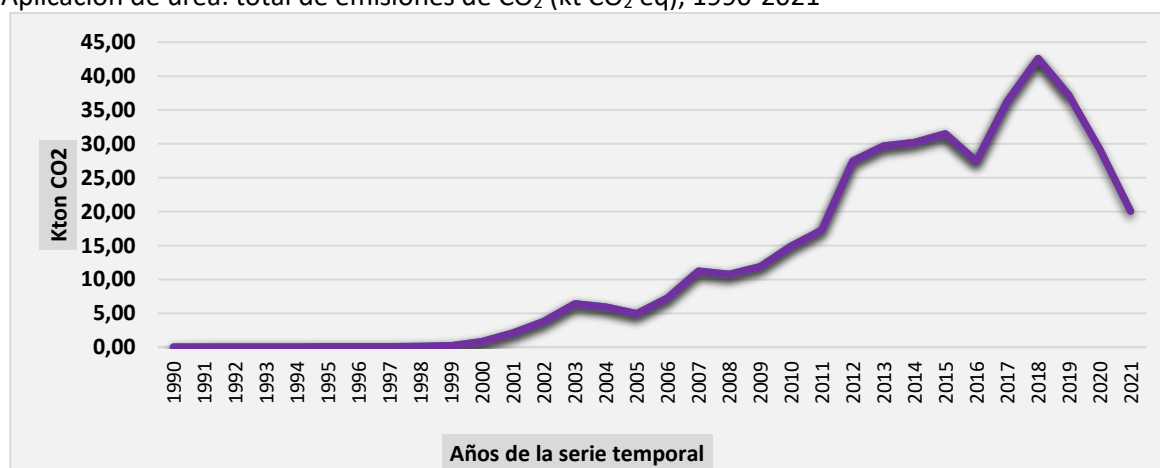
Categoría/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021	Variación (%)
3.H. Aplicación de urea	0,02	0,05	0,83	4,95	14,88	31,47	37,14	29,19	20,07	+100.250
Total	0,02	0,05	0,83	4,95	14,88	31,47	37,14	29,19	20,07	+100.250

Referencia: Var. (%) entre año final (2021) e inicial (1990) del INGEI.

Fuente: Equipo Técnico del INGEI de la DNCC/MADES (2024).

Figura 5-49.

Aplicación de urea: total de emisiones de CO₂ (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.8.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para las estimaciones de las emisiones de CO₂ de la categoría encalado se utilizó la metodología del Refinamiento del 2019 que no presenta actualizaciones respecto a las directrices de la Guía Metodológica del IPCC del 2006. Para ello, se aplicó el tier 1 utilizando DA nacionales y FE fijos por defecto, que son presentados en la tabla 5-66.

Tabla 5-66.

Aplicación de urea: resumen de métodos aplicados por subcategoría.

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
		Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.H.	Aplicación de urea	T1	D				

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

A continuación, se presenta la ecuación (m) utilizada para el cálculo de las emisiones de CO₂, que fueron realizadas en plantillas elaboradas con base en las hojas de trabajo de las Directrices del IPCC de 2006.

Encalado: Emisiones anuales de CO₂ por aplicación de urea (Tier 1).

$$CO_2-C \text{ Emisión} = M \bullet EF \quad (m)$$

Donde: CO₂ — C Emisión = emisiones anuales de C por aplicación de urea, ton C año⁻¹; M = cantidad anual de fertilización con urea, ton urea año⁻¹; EF = factor de emisión (ton de urea)⁻¹.

Fuente: Ecuación 11.13; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

5.8.2.1. Datos de actividad de la categoría

Conforme a las directrices del IPCC de 2006, se utilizaron datos anuales importación de urea (ton.año⁻¹) para el cálculo de emisiones de CO₂, al no contarse con estadísticas nacionales sobre el uso de este insumo. Al igual que para la categoría de encalado, los datos de urea importada para la serie temporal 2000-2019, fueron proveídos por la Dirección Nacional de Aduanas (DNA) a través del Sistema Sofía, mientras que:

- Para el periodo 1990-1999, se rellenaron los vacíos de información a partir de técnicas de empalme.
- Para los años 2020 y 2021, los DA fueron provistos por el SENAVE atendiendo la actual conformación de la DNIT por fusión de la DNA con la SET del Paraguay, a la que también se solicitó datos de cotejo.

Los valores utilizados como DA están resumidos en la Tabla 5-67.

Tabla 5-67.

Aplicación de urea: Datos de actividad, factor de emisión y emisiones de CO₂ por aplicación de urea, 1990-2021

Año	DA (ton importadas de urea.año-1)	FE de la urea (20% C)	Emisiones anuales de la urea (ton C.año-1)	Emisiones anuales de CO ₂ por urea (Emisiones*44/12*10-3 en Kt CO ₂ .año-1)
	M _{urea}	FE _{urea}	CO ₂ -C Emisión	CO ₂ Emisión
1990	23,91	0,20	4,78	0,02
1991	29,74	0,20	5,95	0,02
1992	37,01	0,20	7,40	0,03
1993	46,05	0,20	9,21	0,03
1994	57,30	0,20	11,46	0,04
1995	71,29	0,20	14,26	0,05
1996	88,70	0,20	17,74	0,07
1997	110,37	0,20	22,07	0,08
1998	137,33	0,20	27,47	0,10
1999	316,00	0,20	63,20	0,23
2000	1.137,00	0,20	227,40	0,83
2001	2.890,71	0,20	578,14	2,12
2002	5.171,00	0,20	1.034,20	3,79
2003	8.754,67	0,20	1.750,93	6,42
2004	8.061,77	0,20	1.612,35	5,91
2005	6.746,39	0,20	1.349,28	4,95
2006	9.877,56	0,20	1.975,51	7,24
2007	15.281,81	0,20	3.056,36	11,21
2008	14.677,05	0,20	2.935,41	10,76
2009	16.222,82	0,20	3.244,56	11,90
2010	20.291,27	0,20	4.058,25	14,88
2011	23.552,34	0,20	4.710,47	17,27
2012	37.483,01	0,20	7.496,60	27,49
2013	40.461,67	0,20	8.092,33	29,67
2014	41.185,92	0,20	8.237,18	30,20
2015	42.919,76	0,20	8.583,95	31,47
2016	37.393,53	0,20	7.478,71	27,42
2017	49.409,69	0,20	9.881,94	36,23
2018	58.091,01	0,20	11.618,20	42,60
2019	50.641,84	0,20	10.128,37	37,14
2020	61.234,00	0,13	7.960,42	29,19
2021	42.110,00	0,13	5.474,30	20,07

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

5.8.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Como se ha visto en la tabla anterior, el FE aplicado en tier 1 (valor por defecto) por uso de aplicación de urea corresponde a 0,2; el cual guarda relación con el contenido de carbonato en su composición química (tabla 5-68).

Tabla 5-68.

Encalado: FE aplicados por fuente de CO₂

Código	Subcategoría/fuente	Fuente	FE - CO ₂	
			Valor	Unidad
3.H	Urea	D	0,2	[t de C (t de urea) ⁻¹]

Fuente: Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.con base en las Directrices del IPCC de 2006 (Vol. 4 Cap. 11).

5.8.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

En el caso del INGEI del Paraguay, la principal alusión a la que se hace mención aquí es respecto al plazo de presentación del DIN para el 1 BTR, ya que se alienta a las Partes a que el último año de presentación del informe no supere los 2 años antes de la presentación del DIN. Por lo tanto, se espera a que, de presentar sus BTR en 2024 los países realicen estimaciones hasta el 2022; no

obstante, haciendo uso de la flexibilidad de 3 años, el Paraguay pretende presentar su 1 BTR (incluyendo el DIN correspondiente) en 2024 con estimaciones hasta el 2021, como último año inventariado. Ello guarda relación con el limitado tiempo de gestión de datos para el 1 BTR del Paraguay, lo que condicionó el Cronograma del Proyecto implicado, de la siguiente manera: 1 BTR a presentarse en 2024 con serie temporal 1990-2021 y 5CN+2BTR como reportes combinados con serie temporal 1990-2023 a presentarse en 2026.

5.8.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal se considera coherente en el tiempo en virtud a que las emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando las mismas fuentes oficiales de DA (DNA y SENAVE) o técnicas de empalme, así como los mismos FE por defecto de 1990 a 2021. En tal sentido, aunque debido al corto periodo de preparación del 1BTR del Paraguay no ha sido posible la estimación cuantitativa de la incertidumbre asociada a los DA o FE utilizados, la limitación pretende ser mejorada en el siguiente reporte, a fin de evitar el sesgo y la incertidumbre asociada a la generalización de valores no representativos.

5.8.5. AC/CC de la categoría

Al igual que en los anteriores reportes, en la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR del Paraguay, se han aplicado las recomendaciones de control de calidad (CC) de las Directrices del IPCC del 2006 para la categoría de aplicación de urea, realizándose a modo de buenas prácticas las siguientes actividades:

Verificación de la recopilación y entrada de los datos, mediante:

- Recopilación documental y diseño del marco metodológico. Para ello fue creado un repositorio digital recopilándose de manera sistemática todos los inputs de interés.
- Verificación de los DA y FE utilizados a partir del diseño metodológico, incluyendo registro y crédito a los/as autores/as a los fines de transparencia.
- Cotejo de la representatividad de los DA con los stakeholders. Al respecto, cabe destacar que el país ha procurado establecer un proceso altamente participativo para la elaboración del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR.
- Verificación de errores de transcripción en los datos de entrada.
- Verificación de las unidades de medida de los parámetros o variables de interés.
- Verificación de la completitud de los datos para las distintas subcategorías, serie temporal y unidades geográficas.

Documentación de datos

- Revisión del archivo y la documentación interna, alojados inicialmente en el repositorio digital y su correspondiente back up, además de la entrega de avances (outputs) en físico para el Proyecto “1BTR+5CNy2BTR” del Paraguay.

Recálculo

- Verificación de formulaciones y resultados del recálculo
- Cotejo de parámetros considerados en los anteriores reportes del país y del IPCC.

CC de la categoría específica

- Evaluación de los resultados obtenidos mediante cotejo con anteriores reportes del país.

- Revisión de los resultados estimados de emisiones de CO₂, incluyendo puntos de control como la estimación de uso de urea según sistemas agrícolas y cultivos indicadores.

Aseguramiento de calidad (AC)

- Como es de rigor, el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR fue sometido a un proceso de revisión por pares. De esta revisión externa se recibieron una serie de recomendaciones, las cuales fueron sistematizadas en el Plan de AC/CC, para su análisis por el equipo técnico del INGEI incluyendo estimación de los plazos de mejora. Al respecto, en el Anexo V se presentará la sistematización de las principales recomendaciones y su estado de implementación.

5.8.6. Nuevos cálculos de la categoría

Esta categoría del INGEI, no ha presentado mejoras metodológicas respecto a los reportes anteriores (3IBA, 4CN) que han utilizado los mismos DA y FE para el efecto, por lo que los resultados de estimación de emisiones de CO₂ por encalado, corresponden sólo al nuevo cálculo de emisiones durante 2020 y 2021 como se observa en la tabla 5-69.

Tabla 5-69.

Aplicación de urea: comparación entre los inventarios previos y el actual (kt CO₂ eq)

Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
3 IBA	0,02	0,05	0,83	4,95	14,88	36,23		
4 CN	0,02	0,05	0,83	4,95	14,88	36,23	31,14	
1 BTR	0,02	0,05	0,83	4,95	14,88	36,23	31,14	20,07
Δ 3IBA-1BTR	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	No aplica	No aplica

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

5.8.7. Mejoras planificadas para la categoría

Al igual que para la categoría de encalado, las emisiones de CO₂ por aplicación de urea son pocas en comparación con la de otras categorías del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería. No obstante, existen continuas oportunidades de mejora de los DA para obtener resultados representativos. Para el efecto, se enuncian a continuación las siguientes recomendaciones, a ser implementadas por el país, en la medida de lo posible para el 3BTR (2028) del país:

- Sensibilizar a las instituciones públicas y privadas sobre la necesidad de caracterización de la información referente al procesamiento y consumo nacional** de la urea con fines agropecuarios para evitar potenciales sobre o subestimaciones de CO₂. En este punto, al igual que para las otras categorías de uso de insumos agrícolas (suelos agrícolas y uso de cal agrícola) se recomienda conformar una **mesa técnica de trabajo interinstitucional** integrada por el gobierno nacional (MAG, SENAVE, INTN, MIC, DNIT) y el sector privado (Gremios, Asociaciones).
- Avanzar en la estimación de los FE** (tier 2) referentes al uso de la urea en el sector agropecuario para evitar potenciales sobre o subestimaciones de las emisiones de CO₂.

5.9. Otros fertilizantes que contienen carbono (CRT 3.I)

Tal como fue especificado anteriormente, esta categoría fue declarada como NO en el 1BTR y en los reportes anteriores del Paraguay. Al respecto, se recomienda el cotejo a través de los lineamientos establecidos en el siguiente plan de verificación.

5.9.1. Mejoras planificadas para la categoría.

Para el siguiente reporte del país, “5CN+2BTR” a ser reportado en la medida de lo posible en 2026, se recomienda:

Revisión de registros de la balanza comercial de otros fertilizantes nitrogenados que, al igual que la urea, pueden ser fuentes de emisión de CO₂. Al respecto, si bien muy pocos fertilizantes sintéticos emiten este gas y la urea proveniente de los purines animales no es computada como fuente de CO₂ al ser de origen biogénico (adaptado de Ficha Técnica del Sistema Español de Inventario de Emisiones, sf.)³⁹ se sugiere corroborar la contingencia a partir de las evidencias de importación/exportación de insumos afines (Oficina Económica de la Embajada de España en Paraguay-ICEX, 2023)⁴⁰ que por su composición pueden incluir los fertilizantes de interés (targets). -Para el efecto, como parte del **proceso de AC/CC** se recomienda la verificación de los posibles DA referentes a esta categoría con actores clave de la **mesa técnica de trabajo interinstitucional** a conformarse para las categorías del INGEI relacionadas al uso de insumos agrícolas (cal agrícola, urea y otros fertilizantes nitrogenados).

³⁹ Disponible en:

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/100101-6-emisiones-fertilizacion-urea_tcm30-481947.pdf

⁴⁰ Disponible en:

https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/010/documentos/2024/04/anexos/FS_Fertilizantes%20en%20Paraguay%202024_REV.pdf



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

6

CAPÍTULO

SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA



Capítulo 6. USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (CRT 4)

6.1. Panorama general del sector

En este capítulo se presenta la metodología de estimación de emisiones de GEI y absorciones de CO₂ del Sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), presentando la tendencia de las estimaciones netas basadas en los cambios en las existencias de carbono (C) en cada uno de los depósitos de carbono y categorías de uso de la tierra.

6.1.1. Descripción del sector

El sector UTCUTS abarca las emisiones y absorciones de CO₂ derivadas de actividades directas, inducidas por el ser humano, relacionadas con el uso y cambio de uso de la tierra en tierras gestionadas. Estas actividades generan alteraciones en las reservas de C del ecosistema, como la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos minerales. El sector también contempla las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O provocadas por incendios u otras perturbaciones en estas tierras, así como los cambios en las reservas de carbono en los productos de madera recolectada (IPCC, 2006).

La tierra gestionada es una tierra donde se han aplicado intervenciones y prácticas humanas para llevar a cabo funciones productivas, ecológicas o sociales (IPCC, 2006).

Las *Directrices del IPCC de 2006* clasifican a las tierras en seis principales categorías de uso, las cuales son:

- 4.A Tierras forestales
- 4.B Tierras de cultivo
- 4.C Pastizales
- 4.D Humedales
- 4.E Asentamientos
- 4.F Otras tierras

Cada una de las categorías de uso de la tierra se subdivide en la tierra remanente en esa categoría (ejemplo: *tierras forestales que permanecen como tales*) y la tierra que se convierte de una categoría a otra (ejemplo: *tierra de cultivo que se convierte en tierra forestal*). Estas categorías de uso son sólidas, aplicables y completas, en el sentido en que todas las superficies del país pueden clasificarse sin que se dupliquen (IPCC, 2006).

Para el presente INGEI, Paraguay considera como tierra gestionada la totalidad de su superficie, y a todos los suelos como minerales. Esto se debe a que los registros de suelos orgánicos son escasos y se encuentran en áreas de muy difícil acceso. Además, las condiciones climáticas del país no favorecen la existencia de suelos orgánicos.

En el contexto nacional, este sector incluye la estimación de CO₂ por cambios en la biomasa, materia orgánica muerta y suelos en las categorías de *tierras forestales*, *tierras de cultivo*, *pastizales*,

humedales, asentamientos y otras tierras. Las estimaciones de *productos de madera recolectada* y por perturbaciones (incendios) no fueron incluidas por la falta de información consistente para toda la serie temporal, por lo que el cálculo de gases distintos al CO₂ y gases precursores no pudo ser desarrollado.

6.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Las estimaciones de CO₂ para el sector UTCUTS correspondientes al año 2021 revelaron emisiones de 48.312,7 kt CO₂ y absorciones de -43.613,3 kt CO₂, resultando en un balance final de 4.699,4 kt CO₂ en emisiones netas. Este resultado representa aproximadamente el 13,0 % del total nacional de gases de efecto invernadero, consolidándose como el tercer sector con la mayor proporción dentro del inventario. El sector UTCUTS no solo es significativo por sus emisiones, sino también por su capacidad de absorción de CO₂, posicionándose como el único sumidero en el país.

Es importante mencionar que en este inventario se estimaron únicamente las emisiones de CO₂, sin incluir los gases de efecto invernadero como el metano (CH₄) ni el óxido nitroso (N₂O), así como los gases precursores. En este sentido, la Tabla 6.1 proporciona un desglose detallado de las emisiones y absorciones de CO₂ por categorías y subcategorías del sector UTCUTS para el año analizado.

Las emisiones de CO₂ del sector UTCUTS provienen principalmente de las subcategorías de *tierras forestales convertidas en pastizales* *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*, que abarcan tanto cultivos agrícolas como actividades ganaderas, y, en tercer lugar, de *tierras forestales que permanecen como tales*, aunque esta última subcategoría presenta resultados de absorciones netas, la remoción de rollizos y madera combustible impide que este sumidero logre cifras más altas.

Por otro lado, las absorciones de CO₂ provienen de las *tierras forestales*, atribuibles al incremento de la biomasa de los bosques nativos y a las plantaciones forestales, así como de las *tierras de cultivo que permanecen como tales*, por los cultivos leñosos y las prácticas de manejo del suelo, como el sistema de siembra directa. Esta última práctica ha cobrado mayor importancia y empieza a reflejarse en los últimos años de la serie temporal.



Tabla 6-1.

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

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	4.699,4	NE	NE	NE	NE	NE	4.699,4
4.A.	Tierras forestales	-21.521,5	NE	NE	NE	NE	NE	-21.521,5
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	-19.836,6	NE	NE	NE	NE	NE	-19.836,6
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	-1.684,9	NE	NE	NE	NE	NE	-1.684,9
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-1.684,9	NO	NO	NO	NO	NO	-1.684,9
4.A.2.b.	Pastizales convertidos en tierras forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.A.2.c.	Humedales convertidos en tierras forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.A.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.A.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras forestales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.B.	Tierras de cultivo	-731,2	NE	NE	NE	NE	NE	-731,2
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	-6.897,7	NE	NE	NE	NE	NE	-6.897,7
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	6.166,4	NE	NE	NE	NE	NE	6.166,4
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	6.166,4	NO	NO	NO	NO	NO	6.166,4
4.B.2.b.	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.B.2.c.	Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.B.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.B.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.C.	Pastizales	26.123,8	NE	NE	NE	NE	NE	26.123,8
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	26.123,8	NE	NE	NE	NE	NE	26.123,8
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	26.123,8	NO	NO	NO	NO	NO	26.123,8
4.C.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.C.2.c.	Humedales convertidos en pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.C.2.d.	Asentamientos convertidos en pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.C.2.e.	Otras tierras convertidas en pastizales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.	Humedales	NO	NE	NE	NE	NE	NE	NO
4.D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	NO	NE	NE	NE	NE	NE	NO
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.c.	Pastizales convertidos en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.d.	Asentamientos convertidos en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.D.2.e.	Otras tierras convertidas en humedales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.	Asentamientos	584,8	NE	NE	NE	NE	NE	584,8
4.E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	584,8	NE	NE	NE	NE	NE	584,8
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	584,8	NO	NO	NO	NO	NO	584,8
4.E.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2.c.	Pastizales convertidos en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2.d.	Humedales convertidos en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2.e.	Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.F.	Otras tierras	243,5	NE	NE	NE	NE	NE	243,5
4.F.1.	Otras tierras que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE



Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
4.F.2.	Tierras convertidas en otras tierras	243,5	NE	NE	NE	NE	NE	243,5
4.F.2.a.	Tierras forestales convertidas en otras tierras	243,5	NO	NO	NO	NO	NO	243,5
4.F.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.F.2.c.	Pastizales convertidos en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.F.2.d.	Humedales convertidos en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.F.2.e.	Asentamientos convertidos en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.G.	Productos de madera recolectada	NE						NE
4.H.	Otros (especificar)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Elementos informativos								
	Emisiones y absorciones posteriores de las perturbaciones naturales en tierras gestionadas	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

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

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en hoja **Table4** de los CRT.

El balance general de gases de efecto invernadero muestra una tendencia decreciente a lo largo de la serie temporal, con una disminución del 82,7 % en comparación con 1990 y del 79,2 % en relación con 2019. Esta disminución se atribuye tanto a la reducción de las emisiones como al aumento de las absorciones en la mayoría de las categorías del sector. La excepción es la categoría de pastizales, que ha experimentado un incremento de las emisiones del 60,0 % desde 1990 y del 1,3 % desde 2019. Esta tendencia concuerda con el estudio de Baumann et al. (2017), que señala que la expansión de los pastos para la ganadería entre 1987 y 2012 fue la principal causa del cambio en el uso de la tierra en Paraguay.

A nivel de categorías, las estimaciones resultantes de las *tierras forestales*, *tierras de cultivo* y *pastizales* son las que más contribuyen al balance de CO₂ del sector. En este contexto, la categoría de *tierras forestales* se destaca como la única reportada como sumidero neto, con un aumento de las absorciones del 3,2 % desde 1990. Por otro lado, las emisiones de la categoría de *tierras de cultivo* tuvieron una disminución notable hacia una absorción neta en 2021, lo que se atribuye a los cambios en las prácticas y gestión de estas tierras.

En 2021, las emisiones y absorciones de CO₂ en términos absolutos por categorías se distribuyen de la siguiente manera: 53,1 % corresponde a *pastizales*, 43,7 % a *tierras forestales*, 1,5 % a *tierras de cultivo*, 1,2 % a *asentamientos*, 0,5 % a *otras tierras*, y 0,0 % a *humedales*. Para una visión más detallada, se presentan un resumen del reporte por categorías en la Tabla 6.2, el total neto por categoría para la serie temporal completa en la Figuras 6.1 y el total neto por categoría para el último año en la Figura 6.2. En el Anexo VI se presentan los resultados de la serie completa y en el Anexo V.IV.I otros gráficos sobre las estimaciones realizadas.

Tabla 6-2.

Sector UTCUTS: total neto de CO₂ por categoría (kt CO₂)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
Tierras forestales	-19.993,1	-19.256,1	-25.288,0	-21.614,8	-22.355,6	-21.319,2	-23.034,0	-23.031,7	-21.521,5
Tierras de cultivo	36.026,4	36.372,1	31.391,0	31.499,9	30.637,8	21.175,4	17.107,9	11.757,0	-731,2
Pastizales	10.450,8	10.450,8	12.559,0	12.559,0	36.783,8	39.659,2	25.771,5	20.630,6	26.123,8
Humedales	3,5	3,5	3,8	3,8	70,5	NO	NO	NO	NO
Asentamientos	692,6	692,6	806,8	806,8	2.275,4	1.020,4	653,8	528,1	584,8
Otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	836,5	2.056,9	1.340,4	243,5
Total neto	27.180,2	28.262,9	19.472,6	23.254,7	47.411,9	41.372,3	22.556,2	11.224,4	4.699,4

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en hoja **Table10s1** de los CRT.

Figura 6-1.

Sector UTCUTS: total neto de CO₂ por categoría (kt CO₂), 1990-2021

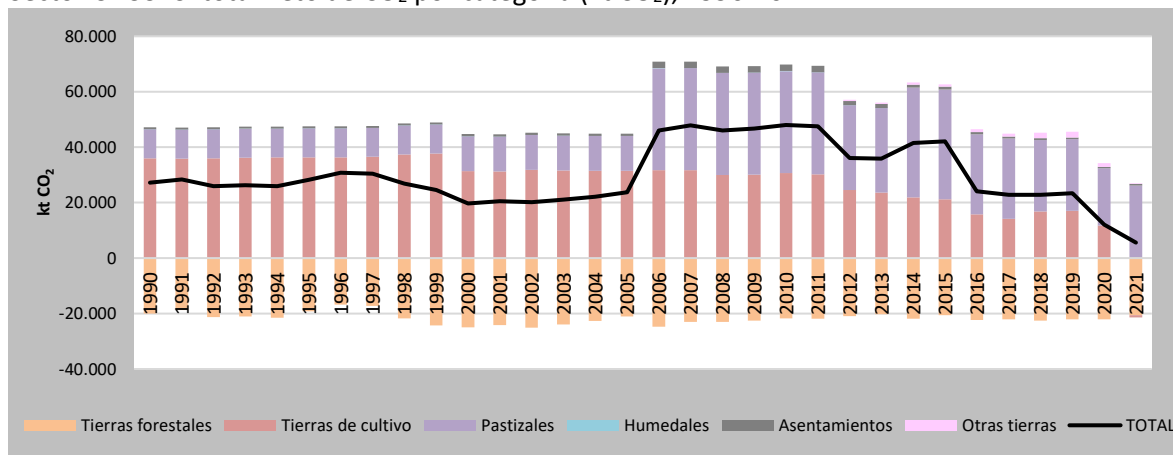
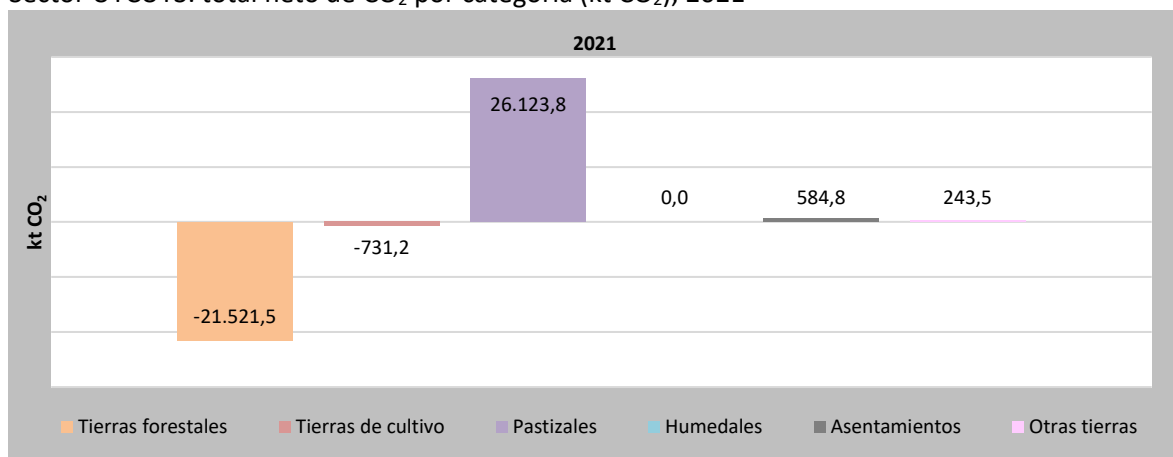


Figura 6-2.

Sector UTCUTS: total neto de CO₂ por categoría (kt CO₂), 2021



Las variaciones observadas en la Figura 6.1 reflejan periodos de aumentos y descensos significativos a lo largo de la serie temporal, especialmente desde 2005 en adelante. Las categorías de *tierras forestales*, *tierras de cultivo* y *pastizales* son las que contribuyen en mayor medida a estos resultados, actuando tanto como fuentes como sumideros de CO₂. Dado que Paraguay se caracteriza por su desarrollo agrícola y ganadero, el balance de CO₂ a lo largo de la serie está estrechamente vinculado a estas actividades. Las secciones correspondientes a las categorías mencionadas ofrecerán un análisis más profundo de esta dinámica. En la Tabla 6-3 se presenta un resumen del balance del sector UTCUTS para el gas inventariado, CO₂. Sin embargo, las emisiones de GEI no CO₂ (CH₄ y N₂O), generadas por las pérdidas de carbono atribuibles a perturbaciones como incendios, no pudieron ser estimadas debido a la falta de datos representativos y coherentes para toda la serie temporal. Paraguay tiene la intención, en la medida de sus posibilidades, de generar esta información de manera progresiva, con el objetivo de producir reportes que ofrezcan una mayor precisión y exhaustividad en futuros inventarios.

Tabla 6-3.

Sector UTCUTS: total neto por cada GEI (kt CO₂ eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
CO ₂	27.180,2	28.262,9	19.472,3	23.254,7	47.411,9	41.372,3	22.556,2	11.224,4	4.699,4
CH ₄	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total neto	27.180,2	28.262,9	19.472,3	23.254,7	47.411,9	41.372,3	22.556,2	11.224,4	4.699,4

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para el Sector UTCUTS, las emisiones y absorciones de CO₂, basadas en los cambios en las existencias de C en el ecosistema, se estiman para cada una de las categorías de uso de la tierra. Los cambios en las existencias de carbono se resumen en la Ecuación 6-1.

Ecuación 6-1.

Sector UTCUTS: Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el sector UTCUTS.

$$\Delta C_{UTCUTS} = \Delta C_{TF} + \Delta C_{TC} + \Delta C_P + \Delta C_H + \Delta C_A + \Delta C_{OT}$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias de carbono

UTCUTS = Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

TF = tierras forestales

TC = tierras de cultivo

P = pastizales

H = humedales

A = asentamientos

OT = otras tierras

Fuente: adaptación Ecuación 2.1; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Para la estimación de los cambios de existencias anuales de carbono para una categoría de uso de la tierra, se procede a la sumatoria de los cambios en todos los depósitos de carbono, como lo indica la Ecuación 6-2, teniendo en cuenta cada estrato o subdivisión de uso de la tierra, ya sean estas las zonas climáticas, el ecotipo, el tipo de suelo o el régimen de gestión.

Ecuación 6-2.

Sector UTCUTS: Cambios en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra.

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

Donde:

ΔC_{LU} = cambio en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

AB = biomasa aérea

BB = biomasa subterránea

DW = madera muerta

LI = hojarasca

SO = suelos

HWP = productos de madera recolectada

Fuente: adaptación Ecuación 2.3; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

El Método de pérdidas y ganancias es una metodología para estimar los cambios en las existencias de carbono en un depósito, y se basa en la evaluación del balance neto de las adiciones y sustracciones de carbono. Este método considera todos los procesos que afectan el depósito, incluyendo las ganancias por el incremento de la biomasa y la transferencia de carbono entre depósitos, así como las pérdidas ocasionadas por incendios, quemas, extracción de madera para consumo (cosecha), degradación y transferencias a otros depósitos (ver Ecuación 6-3).

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, este método resulta especialmente útil para países que aún no disponen de sistemas de inventarios nacionales para medir las existencias de carbono en diferentes momentos. Por lo tanto, se aplica a todas las categorías de uso de la tierra en Paraguay, facilitando una estimación efectiva de los cambios en las existencias de carbono.

Ecuación 6-3.

Sector UTCUTS: Cambios en las existencias anuales de carbono del depósito.

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año⁻¹

ΔC_G = ganancia anual de carbono, ton C año⁻¹

ΔC_L = pérdida anual de carbono, ton C año⁻¹

Fuente: adaptación Ecuación 2.4; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

La estimación de los cambios en los depósitos y flujos de carbono depende de la disponibilidad de datos, modelos y recursos, así como de la capacidad para recopilar y analizar información adicional (IPCC, 2006).

Para estimar las emisiones y las absorciones de CO₂ en el sector UTCUTS, se utilizaron los métodos de Niveles 1 y 2 en las categorías de *tierras forestales* y *tierras de cultivo*. Por otro lado, para las categorías de *pastizales*, *humedales*, *asentamientos* y *otras tierras*, se empleó únicamente el método de Nivel 1. La Tabla 6.4 proporciona un resumen de las metodologías utilizadas para cada categoría.

Tabla 6-4.

Sector UTCUTS: resumen de métodos de nivel aplicados por categoría

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	T1, T2, NE, NO	D, CS
4.A.	Tierras forestales	T1, T2, NE	D, CS
4.B.	Tierras de cultivo	T1, T2, NE, NO	D, CS
4.C.	Pastizales	T1, NE, NO	D, CS
4.D.	Humedales	T1, NE, NO	D, CS
4.E.	Asentamientos	T1, NE, NO	D, CS
4.F.	Otras tierras	T1, NE, NO	D, CS
4.G.	Productos de madera recolectada	NE	NE

Nota: T1 = Nivel 1; T2= Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NA = No aplicable; NE = No estimada; NO = No ocurre.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Se puede encontrar un mayor detalle sobre los métodos de nivel utilizados para cada categoría en los apartados específicos correspondientes.

En términos generales, los datos de actividad empleados se componen de valores geoespaciales obtenidos de mapas de cobertura forestal, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra. También se incluyen datos tabulares que abarcan superficies de plantaciones forestales, volúmenes de madera y madera combustible, así como la superficie destinada a cultivos (tanto temporales como permanentes) y los tipos de gestión aplicados a las superficies de uso de la tierra. Estas informaciones son generadas por instituciones como el INFONA, el MAG, el VMME y CAPECO. En la tabla 6-5 se detallan las diferentes fuentes de información.

Tabla 6-5.

Sector UTCUTS: resumen de fuentes de información utilizadas por categoría y subcategoría

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	Subcategorías	Fuentes de información
4.A.	Tierras forestales	Tierras forestales que permanecen como tales	1. Mapas de cobertura y uso de la tierra (INFONA)* 2. Volumen de madera y madera combustible (INFONA - VMME)** 3. Superficie de plantaciones forestales (INFONA)**
		Tierras convertidas en tierras forestales	1. Superficie de plantaciones forestales (INFONA)*
4.B.	Tierras de cultivo	Tierras de cultivo que permanecen como tales	1. Superficie de cultivos (MAG)* 2. Porcentaje de cultivos con sistema de siembra directa (CAPECO)*
		Tierras convertidas en tierras de cultivo	1. Mapas de cobertura y uso de la tierra (INFONA)* 2. Superficie de cultivos (MAG)* 3. Porcentaje de cultivos con sistema de siembra directa (CAPECO)*
4.C.	Pastizales	Tierras convertidas en pastizales	Mapas de cobertura y uso de la tierra (INFONA)*
4.D.	Humedales	Tierras convertidas en humedales	Mapas de cobertura y uso de la tierra (INFONA)*
4.E.	Asentamientos	Tierras convertidas en asentamientos	Mapas de cobertura y uso de la tierra (INFONA)*
4.F.	Otras tierras	Tierras convertidas en otras tierras	Mapas de cobertura y uso de la tierra (INFONA)*

Nota: *Datos geoespaciales - **Datos tabulares.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Por otro lado, los factores de emisión utilizados, además de los valores por defecto establecidos en las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019*, se basan en datos del Inventario Forestal Nacional de Paraguay y en el artículo científico publicado por Sato *et al.* (2015). Estos valores incluyen el incremento medio anual de la biomasa, la densidad básica de la madera, la remoción anual de rollizos y de madera combustible de árboles enteros, así como las existencias de biomasa y madera muerta/hojarasca, entre otros.

Más detalles sobre los datos de actividad y los factores de emisión se encuentran en los apartados correspondientes a cada categoría.

Las estimaciones se realizaron en hojas de cálculo de Excel, siguiendo la estructura recomendada en las hojas de trabajo proporcionadas por las *Directrices del IPCC de 2006*.

Depósitos de carbono

Para entender mejor las estimaciones de las emisiones y absorciones de CO₂ en el sector UTCUTS, es fundamental identificar los principales depósitos de carbono en el ecosistema. Estos depósitos incluyen la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos. A continuación, en la Tabla 6-6, se presentan las definiciones de cada uno de estos depósitos de carbono, de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006*, aplicables a cada categoría de uso de la tierra.

Tabla 6-6.

Sector UTCUTS: depósitos de carbono

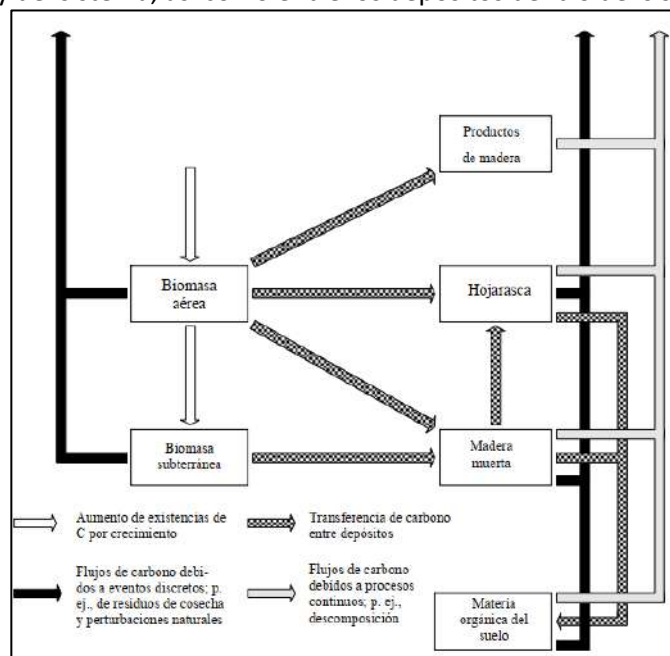
Depósito		Descripción
Biomasa	Biomasa aérea	Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen.
Materia Orgánica Muerta	Madera muerta	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, las raíces muertas y las cepas de 10 cm de diámetro o más (o del diámetro país).
	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta, que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico.
Suelos	Materia orgánica del suelo	Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad de 30 cm. Las raíces finas vivas y muertas y la DOM que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2 mm) para raíces y DOM se incluyen con la materia orgánica del suelo.

Fuente: adaptado de las *Directrices del IPCC de 2006*.

La Figura 6-3, a continuación, ilustra las interacciones y flujos de carbono entre los distintos depósitos en el ecosistema, incluyendo la biomasa aérea, la biomasa subterránea, la materia orgánica del suelo, la madera muerta, la hojarasca y los productos de madera. Se destacan tanto los aumentos en las existencias de carbono atribuibles al crecimiento como las transferencias de carbono entre depósitos y los flujos resultantes de procesos naturales y actividades humanas. Esta representación visual ayuda a comprender mejor cómo se produce y se mueve el carbono dentro del sistema, lo que es fundamental para la evaluación de las emisiones y absorciones de CO₂ en el sector UTCUTS.

Figura 6-3.

Sector UTCUTS: ciclo de carbono generalizado de los ecosistemas terrestres, donde se aprecian los flujos de carbono al y del sistema, así como entre los depósitos dentro del sistema



Fuente: *Directrices del IPCC de 2006*.

En la Tabla 6-7 se detallan los depósitos de carbono estimados para cada categoría de uso de la tierra. Esta información es crucial para comprender las dinámicas de carbono en el ecosistema y está alineada con las recomendaciones de las Directrices del IPCC de 2006. Es importante tener en cuenta que, dependiendo de las circunstancias específicas del país y de los niveles de detalle seleccionados, puede que no se logre estimar con precisión los cambios en las existencias de todos los depósitos.

Tabla 6-7.

Sector UTCUTS: depósitos de carbono estimados

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	Biomasa		Materia orgánica muerta		Suelos minerales
		Aérea	Subterránea	Madera muerta	Hojarasca	
4.A.	Tierras forestales	X	X	X	X	X
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	X	X	X	X	X
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	X	X			X
4.B.	Tierras de cultivo	X	X	X	X	X
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	X	X			X
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	X	X	X	X	X
4.C.	Pastizales	X	X	X	X	
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	X	X	X	X	
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	X	X	X	X	
4.D.	Humedales	X	X			
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	X	X			
4.E.	Asentamientos	X	X	X	X	
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	X	X	X	X	
4.F.	Otras tierras	X	X			X
4.F.2.	Tierras convertidas en otras tierras	X	X			X

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.2. Definiciones de uso de la tierra

6.2.1. Categorías de uso de la tierra

Según lo estipulado en las *Directrices del IPCC de 2006* (volumen 4, capítulo 3), una categoría de uso de la tierra es una clasificación general que agrupa todas las superficies terrestres según su uso y características, permitiendo la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Estas categorías se dividen en subcategorías que reflejan circunstancias específicas y significativas para la cuantificación de emisiones, basándose en datos disponibles. Las categorías de uso de la tierra están diseñadas para ser aplicables y completas, asegurando que todas las superficies de un país puedan ser clasificadas sin duplicaciones.

A los efectos de este INGEI, Paraguay utiliza las categorías de uso de la tierra establecidas por las *Directrices del IPCC de 2006*, y a continuación se presentan las definiciones y consideraciones para el país:

- **Tierras gestionadas:** son aquellas en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales.
- **Tierras forestales:** esta categoría incluye toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. A los fines de este reporte, se considera a la masa forestal conformada por bosques nativos, palmares y plantaciones forestales.

- Bosque nativo: es el ecosistema natural con diversidad biológica, intervenido o no, regenerado y/o restaurado por sucesión natural o técnicas forestales de enriquecimiento con especies nativas, que produce bienes, provee servicios ambientales y sociales, cuya superficie mínima es de una hectárea (1 ha), con una altura de los árboles igual o mayor a tres metros (3 m) en la Región Occidental e igual o mayor a cinco metros (5 m) en la Región Oriental y que alcance una cobertura mínima de copas en su estado natural al menos del diez por ciento (10 %) de la superficie referenciada en la Región Occidental y treinta por ciento (30 %) en la Región Oriental.
- Palmar (Otras tierras forestales): vegetación combinada de pastos, bambúes y otros con una altura igual o mayor a tres metros (3 m) en la Región Occidental e igual o mayor a cinco metros (5 m) en la Región Oriental; con una cubierta de dosel de cinco a diez por ciento en una superficie mínima de una hectárea.
- Plantaciones forestales: en términos forestales, las plantaciones se refieren a los rodales forestales establecidos mediante plantación durante el proceso de forestación o reforestación, incluyen especies exóticas y nativas.
- **Tierras de cultivo:** esta categoría incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura. Para el INGEI, comprenderá las áreas cultivadas destinadas a actividades agrícolas (cultivos anuales y perennes) y a actividades ganaderas (pasturas implantadas que no pudieron ser diferenciadas).
- **Pastizales:** la categoría incluye toda el área cubierta por pastizales naturales, tierras de pastoreo y pasturas implantadas (que pudieron ser diferenciadas de los cultivos).
- **Humedales:** incluye la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de este y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales o asentamientos.
- **Asentamientos:** esta categoría incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño.
- **Otras tierras:** esta categoría incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías. Permite que el total de las superficies de tierra identificadas coincida con la superficie nacional de la que se tienen datos.

6.2.2. Subcategorías de uso de la tierra

Una subcategoría es una clasificación específica dentro de una categoría de uso de la tierra que se utiliza para distinguir tierras que permanecen en la misma categoría de uso a lo largo del tiempo (por ejemplo, tierras forestales que siguen siendo forestales) de aquellas que han sido transformadas a una nueva categoría (como tierra forestal convertida en tierra de cultivo). Es esencial que las subcategorías se declaren por separado y sin duplicar la contabilización de la

superficie terrestre en la categoría general, asegurando una representación precisa de las dinámicas de uso de la tierra.

Las subcategorías estimadas se especifican en el apartado de cada categoría.

6.2.3. Prácticas de gestión de la tierra y características biofísicas

Las categorías y las subcategorías de uso de la tierra pueden estratificarse más en base a las prácticas de uso de la tierra y a las características biofísicas para crear unidades espaciales más homogéneas que puedan ser utilizadas para la estimación de emisiones y absorciones.

Las prácticas de gestión de la tierra desempeñan un papel crucial en la cantidad de carbono emitido o absorbido en un ecosistema. La implementación de técnicas de manejo sostenible, como la reforestación, la conservación de suelos y el uso de cultivos de cobertura, generan absorciones de carbono, favoreciendo su almacenamiento en la biomasa y en el suelo. Por el contrario, otras prácticas inadecuadas de la tierra pueden provocar mayores emisiones de carbono, liberando el dióxido de carbono almacenado en los árboles y en el suelo, y afectando negativamente el balance de carbono del ecosistema.

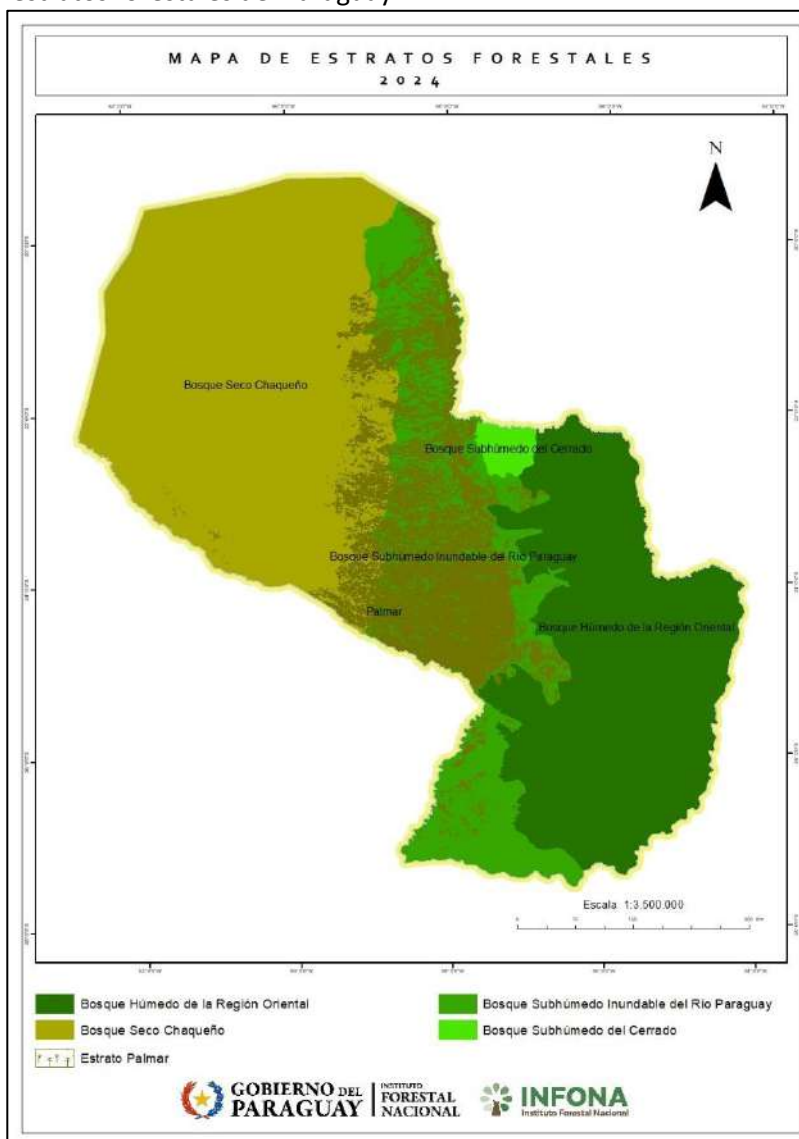
Paraguay considera diversas prácticas de gestión y uso de la tierra para las categorías de *tierras forestales* y *tierras de cultivo*, basándose en la información disponible. En el caso de las *tierras forestales*, se ha realizado una clasificación de las plantaciones forestales en función de su propósito: aquellas destinadas a la producción de energía y las que se utilizan para fines maderables, permitiendo utilizar turnos de corta distintos para cada uno. Además, se ha hecho una distinción entre especies nativas y exóticas, mejorando la desagregación de la información.

En cuanto a las *tierras de cultivo*, estas se han subdividido en cultivos perennes y cultivos anuales. Los cultivos anuales se agrupan a su vez en dos sistemas: el sistema de siembra directa y el sistema de siembra convencional. La siembra directa, también conocida como labranza cero, implica sembrar sin realizar labranza previa, lo que ayuda a conservar la estructura del suelo, reduce la erosión y favorece a la acumulación de C. Por otro lado, la siembra convencional implica preparar el terreno mediante la labranza, lo que facilita el control de malezas y la incorporación de fertilizantes, aunque puede resultar en la compactación del suelo y la pérdida de nutrientes y C.

Para una subdivisión más específica de la superficie terrestre dentro de una categoría de uso, Paraguay utiliza características del ecosistema y del clima, basándose en la clasificación del territorio nacional en estratos forestales (Figura 6-4), desarrollados para los mapas de cobertura forestal y uso de la tierra y para el Inventario Forestal Nacional. Estos estratos incluyen el bosque seco chaqueño (BSCH), el bosque subhúmedo inundable del río Paraguay (BSHIRP), el bosque subhúmedo del cerrado (BSHC) y el bosque húmedo de la Región Oriental (BHRO). Además, se considera el estrato Palmar como una categoría adicional de tierra forestal.

Figura 6-4.

Sector UTCUTS: estratos forestales del Paraguay.



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

A continuación, se definen cada uno de los estratos forestales.

- Bosque húmedo de la Región Oriental (BHRO):** comprende a los bosques altos nativos de la Región Oriental del Paraguay clasificado como bosque higrofítico subtropical (Hueck, 1978), como bosque húmedo templado cálido por Holdridge (1969) y Selva del Alto Paraná por Tortorelli (1966), con alturas que pueden llegar hasta 30-40 m y cuya estructura tiene tres estratos verticales y un sotobosque, considerado como el de mayor biodiversidad del país. Los suelos son bien drenados y predominantemente derivados de basalto y areniscas.
- Bosque subhúmedo del cerrado (BSHC):** comprende a los bosques nativos del cerrado de Concepción, cuya estructura tiene dos estratos verticales y un sotobosque con predominancia de gramíneas. Las comunidades naturales están constituidas por bosques

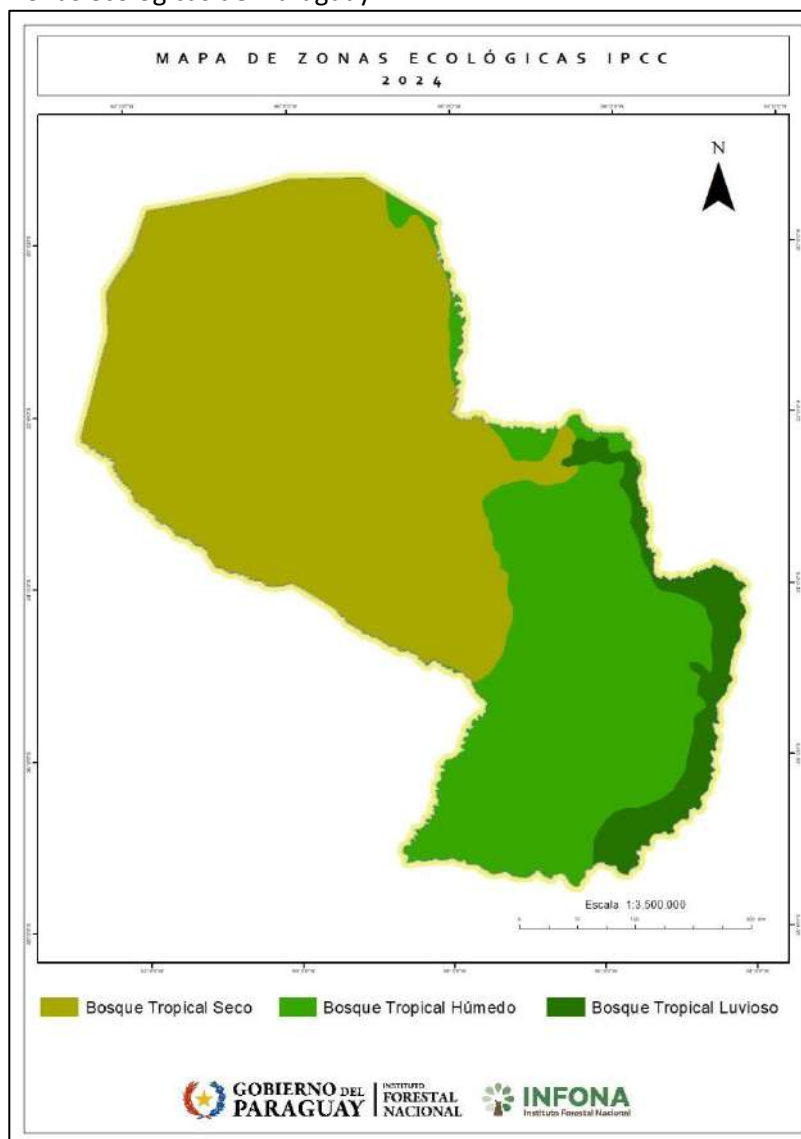
en galería, cuevas, bosques semicaducifolios medios y bajos, cerrados, sabanas arboladas y acantilados. Los suelos son predominantemente derivados de granito y de calcáreos.

- **Bosque subhúmedo inundable del Río Paraguay (BSHIRP):** comprende a los bosques en isletas, bosques asociados con palmares de toda la planicie del Río Paraguay. Las comunidades naturales están constituidas por bosques en galería, sabanas palmares, bosques semicaducifolios medios y bajos. Los suelos son predominantemente derivados de sedimentos marinos y sedimentos aluviales, generalmente inundados o mal drenados a imperfectamente drenados.
- **Bosque seco chaqueño (BSCH):** comprende a los bosques abiertos del Chaco Central hasta la frontera de Bolivia. Las principales comunidades naturales la conforman el bosque semicaducifolio xerofítico, los paleocauces con sabanas arboladas de espartillo y los cerrados. Los suelos son derivados predominantemente de sedimentos eólicos.
- **Estrato Palmar (EP):** comprende a las tierras dominadas por palmares distribuidos en toda la planicie inundable de la cuenca del Río Paraguay, con diferentes densidades y grado de perturbación. La especie de palma dominante es *Copernicia alba*.

Por otro lado, algunos datos tabulares se han dividido según las regiones del Paraguay: la Región Occidental y la Región Oriental, que presentan características climáticas y ecológicas distintas. Para una selección más precisa de los factores, se han considerado las zonas ecológicas definidas por la FAO, propuesta en las *Directrices del IPCC de 2006*, que clasifica al país en bosque tropical seco, bosque tropical húmedo y bosque tropical lluvioso. La Región Occidental o Chaco corresponde en su mayoría a la zona del bosque tropical seco, mientras que la Región Oriental se sitúa entre el bosque tropical húmedo y el bosque tropical lluvioso, siendo el bosque tropical húmedo el que abarca gran parte de su superficie (ver Figura 6-5).

Figura 6-5.

Sector UTCUTS: zonas ecológicas del Paraguay



Fuente: Adaptado de FAO.

En el Anexo V.IV.II se presenta un breve resumen del marco normativo forestal de Paraguay, lo que facilita una mejor comprensión del uso y cambio de uso de la tierra en las áreas forestales.

6.3. Métodos específicos del país

6.3.1. Métodos utilizados para la representación de las tierras

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, existen tres métodos para la representación de tierras. El método 1 identifica el cambio total de superficie por cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información sobre la naturaleza y la superficie de las conversiones entre los usos de la tierra. El método 2 presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra (pero no es explícito en el espacio). El método 3 amplía la

información disponible en el método 2 lo que permite que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas sobre una base explícita en el espacio.

En el caso de Paraguay, para la representación de las tierras se realizó una combinación de los métodos 1 y 3, los cuales corresponden a la *“superficie total de uso de la tierra donde no existen datos de las conversiones entre los usos de la tierra”* y a *“datos y conversión del uso de la tierra explícitos en el espacio”* respectivamente. A continuación, se detallan ambos métodos.

- **Método 1: superficie total de uso de la tierra donde no existen datos de las conversiones entre los usos de la tierra.** No se conoce la ubicación exacta ni el patrón de uso de la tierra dentro de la unidad espacial, por lo que es probable que los datos provengan de conjuntos tabulares elaborados con otros fines, como estadísticas agrícolas o silvicultura. Las informaciones tabulares recopiladas de las instituciones clave del sector, que se enmarcan en este método, incluyen la superficie de cultivos perennes y anuales proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), así como la superficie de plantaciones forestales reportada por el INFONA.
- **Método 3: datos y conversión del uso de la tierra explícitos en el espacio.** 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, empleando mapas que se obtienen de imágenes por detección remota. Las informaciones de superficies para generar la representación de tierras fueron obtenidas a partir de los mapas de cobertura forestal, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra desarrollados por el INFONA para los períodos de 1986-2002 (para los años de 1990-1999), 2000-2005-2011, 2011-2013-2015, 2015-2017-2019, 2019-2020 y 2020-2021, estos últimos correspondientes al reporte de Nuestros Bosques (INFONA, 2022 y 2023).

Matriz de uso y cambio de uso de la tierra

Las matrices de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra fueron generadas a partir de los datos resultantes de los siguientes mapas elaborados por el INFONA:

- **Mapa de cobertura y usos de la tierra 1986 – 2002:** Este mapa proporciona información sobre bosques nativos, áreas no boscosas, palmares, plantaciones forestales y cambios en el uso de la tierra (de bosques nativos a otros usos) durante el período 1986-2002. Dado que el mapa clasifica únicamente los usos de tierras en forestales y no forestales, y no especifica el tipo de uso final luego de un cambio, se consideró el porcentaje de uso y cambio de uso de la tierra del período 2000-2005 del "Mapa de cobertura y usos de la tierra 2000 – 2011". Este porcentaje se aplicó a los cambios y otros usos no forestales, asumiendo que la tendencia se mantiene constante, especialmente a partir de la implementación en 2004 de la Ley conocida como de Deforestación Cero en la Región Oriental, que alteró significativamente la tendencia. Los datos fueron anualizados y utilizados para los años 1990-1999. Cabe destacar que no se cuenta con una evaluación de exactitud temática (EET) para este mapa al momento de elaboración del informe.
- **Mapa de cobertura y usos de la tierra 2000 – 2011:** Mapa con información sobre las seis categorías de uso de la tierra de las Directrices del IPCC de 2006, y los cambios respectivos entre estos usos para los periodos 2000 – 2005 y 2005 – 2011. Los datos fueron anualizados

y utilizados para los años 2000 – 2011. Cuenta con evaluación de exactitud temática, utilizando las superficies ajustadas luego de este proceso.

- Mapa de cobertura y usos de la tierra 2011 – 2015: Mapa con información sobre las seis categorías de uso de la tierra de las Directrices del IPCC de 2006, y los cambios respectivos entre estos usos para los periodos 2011 – 2013 y 2013– 2015. Los datos fueron anualizados y utilizados para los años 2012 – 2015. Cuenta con evaluación de exactitud temática, utilizando las superficies ajustadas luego de este proceso.
- Mapa de cobertura y usos de la tierra 2015 – 2019: Mapa con información sobre las seis categorías de uso de la tierra de las Directrices del IPCC de 2006, y los cambios respectivos entre estos usos para los periodos 2015 – 2017 y 2017 – 2019. Los datos fueron anualizados y utilizados para los años 2016 – 2019. Cuenta con evaluación de exactitud temática, utilizando las superficies ajustadas luego de este proceso.
- Reporte Nuestros bosques 2017 - 2020: El mapa utilizado para este reporte nacional proporciona información sobre bosques nativos, bosques nativos afectados por quemas, otras coberturas y usos de la tierra, plantaciones forestales, y cambios de uso de la tierra de bosques nativos a otros usos. Con la asistencia del equipo técnico de sistemas de información geográfica del INFONA, se seleccionaron los cambios ocurridos únicamente entre 2019 y 2020. Por otro lado, dado que el mapa clasifica los usos de la tierra en forestales y no forestales, y no especifica el tipo de uso final tras un cambio, se consideró el porcentaje de uso y cambio de uso de la tierra del período 2017-2019 del "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 2015-2019". Este porcentaje se aplicó a los cambios y a otros usos no forestales. Cuenta con evaluación de exactitud temática, utilizando las superficies ajustadas luego de este proceso.
- Reporte Nuestros bosques 2020 - 2022: El mapa utilizado para este reporte nacional proporciona información sobre bosques nativos, plantaciones forestales, palmares y cambios de uso de la tierra de bosques nativos especificando el uso final. Con la asistencia del equipo técnico de sistemas de información geográfica del INFONA, se seleccionaron los cambios ocurridos únicamente entre 2020 y 2021. Por otro lado, dado que el mapa solo clasifica los usos de la tierra en forestales y no forestales, se consideró el porcentaje de uso de la tierra del período 2017-2019 del "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 2015-2019". Este porcentaje se aplicó a los otros usos no forestales. Cuenta con evaluación de exactitud temática, utilizando las superficies ajustadas luego de este proceso.

Estos mapas fueron elaborados siguiendo la metodología del Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF). El proceso comenzó con la creación de mosaicos de imágenes satelitales, asegurando que estas fueran libres de nubes, mediante la selección de colecciones de imágenes de Landsat en la plataforma Google Earth Engine (GEE). Posteriormente, se aplicaron técnicas de segmentación de imágenes multitemporales y se calcularon estadísticas zonales, utilizando el criterio de mayoría para garantizar la representatividad de las categorías mapeadas⁴¹.

⁴¹ Mayor información sobre la metodología consultar el Reporte Nuestros Bosques: <https://acortar.link/1frszg>

La metodología continuó con la reclasificación de las categorías del mapa, seguida de un análisis visual y la depuración de los resultados mediante fotointerpretación. Al finalizar, se llevó a cabo una Evaluación de Exactitud Temática (EET) para validar la precisión de los mapas, evaluando su calidad y estimando la incertidumbre de los datos representados. Además, para mantener la coherencia en toda la serie temporal, se utilizó el mapa de 1986-2002, que, a pesar de no contar con una evaluación de exactitud temática, siguió la misma metodología explicada. De igual manera, se presentan algunas variaciones relacionadas con las clasificaciones de los mapas, ya que algunos establecen solamente cobertura forestal, superficies no forestales y cambios, mientras que otros se utilizan las seis categorías de uso de la tierra definidas por IPCC.

En la tabla 6-8 se presenta la matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el último periodo de la serie temporal (2020-2021), en el Anexo V.IV.III se presentan las demás matrices, elaboradas a partir de datos recopilados mediante el método 3, que se centra en las superficies de uso y cambio de uso entre las categorías de uso de la tierra, siguiendo un enfoque de espacio explícito. Las matrices fueron elaboradas adaptando el cuadro 3.5 del Capítulo 3 del Volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 6-8.

Sector UTCUTS: matriz de cambio de uso de la tierra período 2020-2021

2020 2021	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTAL 2021
Tierras forestales	17.945.916,7						17.945.916,7
Tierras de cultivo	19.145,1	16.530.725,7					16.549.870,8
Pastizales	170.713,0		4.328.153,0				4.498.866,0
Humedales	0,0			568.250,9			568.250,9
Asentamientos	2.550,1				365.590,0		368.140,1
Otras tierras	0,0					744.155,5	744.155,5
TOTAL 2020	18.138.324,9	16.530.725,7	4.328.153,0	568.250,9	365.590,0	744.155,5	

Nota: La superficie correspondiente a Otras tierras corresponde a la superficie mapeada más la superficie faltante para la coincidencia con la superficie total oficial.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Las matrices de uso y cambio de uso de la tierra fueron elaboradas a partir de los mapas existentes, los cuales cubren periodos específicos, como por ejemplo de 2000 a 2005. Cada matriz corresponde a un periodo determinado y se genera sucesivamente para cada intervalo temporal. En las tablas CRT, se presentan estas matrices para cada año dentro de su respectivo periodo, siendo iguales para todos los años abarcados por cada mapa.

Superficies por año

La estimación de superficies para cada año de toda la serie temporal se realizó de la siguiente manera:

1. Elaboración de la matriz principal de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra: Se generó una matriz para obtener las superficies de los años iniciales y finales de los mapas.
2. Estimación de superficies para los años intermedios en mapas con periodos: Para los mapas que presentan cambios en dos periodos (2000 – 2005 y 2005 – 2011; 2011 – 2013 y 2013 –

2015; 2015 – 2017 y 2017 – 2019), se estimaron las superficies de los años intermedios. Se utilizó una matriz secundaria con solo los cambios de un periodo, por ejemplo, una matriz para los cambios 2000 – 2005 y otra para los cambios 2005 – 2011. De esta manera, se obtuvo un balance de superficies ganadas o perdidas para cada categoría de uso. El balance correspondiente al primer periodo (ej., 2000 – 2005) se restó de la superficie del año inicial del mapa, mientras que el balance del segundo periodo (ej., 2005 – 2011) se sumó a la superficie del año final del mapa. Ambos valores resultantes son iguales y corresponden a la superficie del año intermedio (ver Figura 6-6).

Figura 6-6.

Sector UTCUTS: estimación de superficies para los años intermedios en mapas con periodos

		Cambios 00-05			Cambios 05-11			Superficie 2005	
		A Perdido	B Ganado	C Balance05	D Perdido	E Ganado	F Balance011	OPCIÓN 1 Superf=Superficie 2000 - C	OPCIÓN 2 Superf=Superficie 2011 + F
T F	BSCH	555.248,3 0	866,00	554.382,3 0	1.617.974,2 0	3.302,1 0	1.614.672,1 0	13.503.194,30	13.503.194,30
	BSHIRP	140.986,5 0	472,30	140.514,2 0	382.259,40	1.171,1 0	381.088,30	3.211.655,90	3.211.655,90
	BSHC	7.925,30	48,00	7.877,30	8.976,00	141,00	8.835,00	215.104,40	215.104,40
	BHRO	569.168,1 0	4.024,2 0	565.143,9 0	275.979,40	7.776,6 0	268.202,80	2.869.269,90	2.869.269,90
	Palmar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.037.680,50	3.037.680,50
	PF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23.344,00	23.344,00

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

3. Cálculo anual de las superficies de uso de la tierra: Se calculó la diferencia entre las superficies de los años iniciales e intermedios, intermedios y finales, o directamente entre iniciales y finales. Esta diferencia se dividió por n+1, donde n es la cantidad de años que debían ser rellenados. El resultado de la división se restó a la superficie del año anterior, teniendo como referencia inicial la superficie del año inicial o del año intermedio, como se muestra en la Figura 6-7.

Figura 6-7.

Sector UTCUTS: cálculo anual de las superficies de uso de la tierra

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
T F	BSCH	14.057.577	13.946.700	13.835.824	13.724.947	13.614.071	13.503.194	13.234.082	12.964.970	12.695.858	12.426.746	12.157.634	11.888.522
	BSHIRP	3.352.170	3.324.067	3.295.964	3.267.862	3.239.759	3.211.656	3.148.141	3.084.626	3.021.112	2.957.597	2.894.082	2.830.568
	BSHC	222.982	221.406	219.831	218.255	216.680	215.104	213.632	212.159	210.687	209.214	207.742	206.269
	BHRO	3.434.414	3.321.385	3.208.356	3.095.327	2.982.299	2.869.270	2.824.569	2.779.869	2.735.169	2.690.468	2.645.768	2.601.067
	Palmar	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681	3.037.681
	PF	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344	23.344

2000 - 2005		2005-2011		2001=2000-B 2002=2001-B ... 2006=2005-B 2007=2006-B
A	B	A	B	
Diferencia	A/5	Diferencia	A/6	
554.382	110.876	1.614.672	269.112	
140.514	28.103	381.088	63.515	
7.877	1.575	8.835	1.473	
565.144	113.029	268.203	44.700	
0	0	0	0	
0	0	0	0	

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

4. Cálculo anual de las superficies de cambio de uso de la tierra: Se dividió directamente la superficie de cambio para el período correspondiente por n, es decir, la cantidad de años que debían ser rellenados, incluyendo los años iniciales, intermedios y finales (ver Figura 6-8).

Figura 6-8.

Sector UTCUTS: cálculo anual de las superficies de cambio de uso de la tierra

	TF - tierras de cultivo					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
BSCH	88.539,20	88.539,20	88.539,20	88.539,20	88.539,20	88.539,20
BSHIRP	22.971,90	22.971,90	22.971,90	22.971,90	22.971,90	22.971,90
BSHC	1.295,12	1.295,12	1.295,12	1.295,12	1.295,12	1.295,12
BHRO	94.729,23	94.729,23	94.729,23	94.729,23	94.729,23	94.729,23
Palmar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A	B
Cambios 00-05	A/6
531.235,20	88.539,20
137.831,40	22.971,90
7.770,70	1.295,12
568.375,40	94.729,23
0,00	0,00

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.4. Tierras forestales (CRT 4.A)

6.4.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En esta categoría se estiman las emisiones y absorciones de GEI debido a cambios en la biomasa, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo, clasificadas en las subcategorías de *tierras forestales que permanecen como tales* y *tierras convertidas en tierras forestales (tierras de cultivo convertidas en tierras forestales)*.

Paraguay considera toda la superficie de tierras forestales como gestionada, lo que incluye bosques nativos, palmares (otras tierras forestales) y plantaciones forestales. Esta consideración no solo está en línea con lo dispuesto por las *Directrices del IPCC de 2006* sobre tierras gestionadas, sino que también coincide con la clasificación de bosques establecida en el artículo 4 la Ley Nacional N° 422/73 “Forestal”.

En la categoría se han evaluado tanto las subcategorías de *tierras forestales que permanecen como tales* y *tierras convertidas en tierras forestales*. Para las *tierras forestales que permanecen como tales*, se presentan las emisiones y absorciones de CO₂ del depósito de biomasa, por la falta de datos sobre la materia orgánica muerta y el carbono del suelo, se asume que el carbono en estos depósitos se encuentra en equilibrio, conforme a lo establecido en el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*. En el caso de las *tierras convertidas en tierras forestales*, se estiman las emisiones y absorciones de CO₂ de los depósitos de biomasa, materia orgánica muerta y carbono del suelo.

En el apartado 6.2.1 se detalla la definición de la categoría y los tipos de usos considerados en la misma. Los datos están divididos en los estratos explicados en el punto 6.2.3, o por las Regiones Occidental y Oriental.

Tabla 6-9.

Sector UTCUTS: desagregación nacional de las tierras forestales

Categoría	Tipo de tierra	Desagregación
Tierras forestales	Bosque nativo	Bosque seco chaqueño
		Bosque subhúmedo inundable del Río Paraguay
		Bosque subhúmedo del cerrado
		Bosque húmedo de la Región Oriental
	Otras tierras forestales	Estrato Palmar
	Plantaciones forestales	Plantaciones Oriental
		Plantaciones Occidental
		Plantaciones País

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Para el año 2021, se contabilizó un total de -21.521,5 kt CO₂ de absorciones netas, lo que representa, en términos absolutos, el 43,7 % del balance del sector. Esta categoría mantiene la condición de sumidero a lo largo de toda la serie temporal. En comparación con el año 1990, se observa un aumento del 7,6 %, mientras que en relación con el año 2019 se registra una disminución del 6,6 %. En el último año del inventario, las absorciones netas se distribuyen de la siguiente manera: un 92,2 % corresponde a las *tierras forestales que permanecen como tales*, lo que equivale a -19.836,6 kt CO₂, mientras que el 7,8 % restante se atribuye a *tierras convertidas en tierras forestales*, equivalente a -1.684,9 kt CO₂ (ver Tabla 6-10, Figura 6-9). En el Anexo VI se puede observar toda la serie temporal.

Las absorciones de la subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales* han aumentado como sumidero en un 2,4 % respecto al año base y han disminuido un 6,3 % en comparación con 2019. Por otro lado, para la subcategoría de *tierras convertidas en tierras forestales*, el balance ha mostrado un incremento en su tendencia hacia la absorción del 169,1 % en comparación con el año base, aunque ha disminuido en un 9,5 % respecto al año 2019.

Las tendencias observadas en las absorciones netas pueden explicarse en gran medida por el aumento de las superficies de plantaciones forestales, que permiten que más áreas capturen carbono. Por otro lado, la disminución de las superficies de bosque nativo, principalmente debido al cambio de uso de la tierra y a la extracción de madera para rollizos y madera combustible, han reducido la biomasa y, en consecuencia, la capacidad de absorber y almacenar carbono. Es importante destacar que, aunque la actividad de extracción de madera para rollizos y combustible muestra una tendencia a la baja, su impacto sigue afectando el balance de carbono en las tierras forestales.

Tabla 6-10.

Tierras forestales: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-19.367,0	-18.321,4	-18.601,6	-17.373,8	-15.433,3	-14.601,7	-21.172,0	-21.623,3	-19.836,6
4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	-626,1	-934,7	-6.686,4	-4.241,1	-6.922,3	-6.717,5	-1.861,9	-1.408,4	-1.684,9
Total neto	-19.993,1	-19.256,1	-25.288,0	-21.614,8	-22.355,6	-21.319,2	-23.034,0	-23.031,7	21.521,5

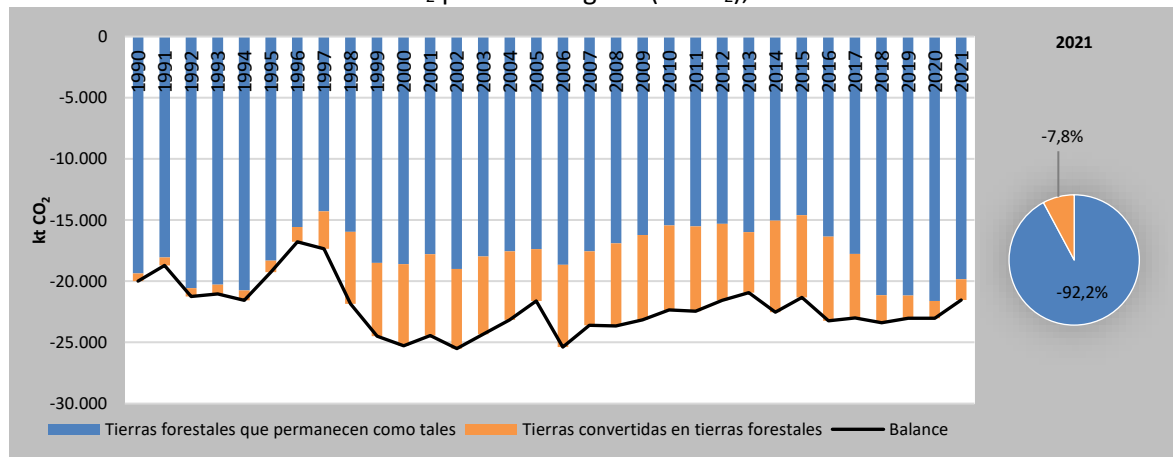
Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Para la estimación de la presente categoría, no se consideraron las pérdidas por perturbaciones debido a la falta de datos desagregados y representativos de las circunstancias nacionales para toda la serie temporal. Paraguay, en los últimos años, ha experimentado importantes incendios forestales provocados por una gestión inadecuada del uso del fuego, combinada con sequías severas. Dado

que no ha sido posible incluir esta información específica en el presente INGEI, las absorciones netas de esta subcategoría podrían estar sobrestimadas.

Figura 6-9.

Tierras forestales: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tierras forestales que permanecen como tales

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, la categoría *tierras forestales que permanecen como tales* se refiere a bosques gestionados que han permanecido como tierras forestales durante más de 20 años (por defecto) o durante períodos más prolongados que el lapso de transición específico del país.

En el contexto nacional, se consideran a todas las tierras forestales explicadas en el punto 6.2.1., como bosques nativos, palmares y plantaciones forestales, que cumplan con el tiempo de 20 años. Este enfoque abarca todos los bosques sujetos a intervención humana, incluyendo diversas prácticas de gestión, como la protección de bosques, la realización de plantaciones, la promoción de la regeneración natural, la producción comercial y no comercial de madera y madera combustible.

En esta subcategoría, se presentan los cambios en las existencias de carbono del depósito de biomasa, ya que, debido a la falta de datos sobre la materia orgánica muerta y el carbono del suelo, se asume que el carbono en estos depósitos está en equilibrio, conforme a lo establecido en el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

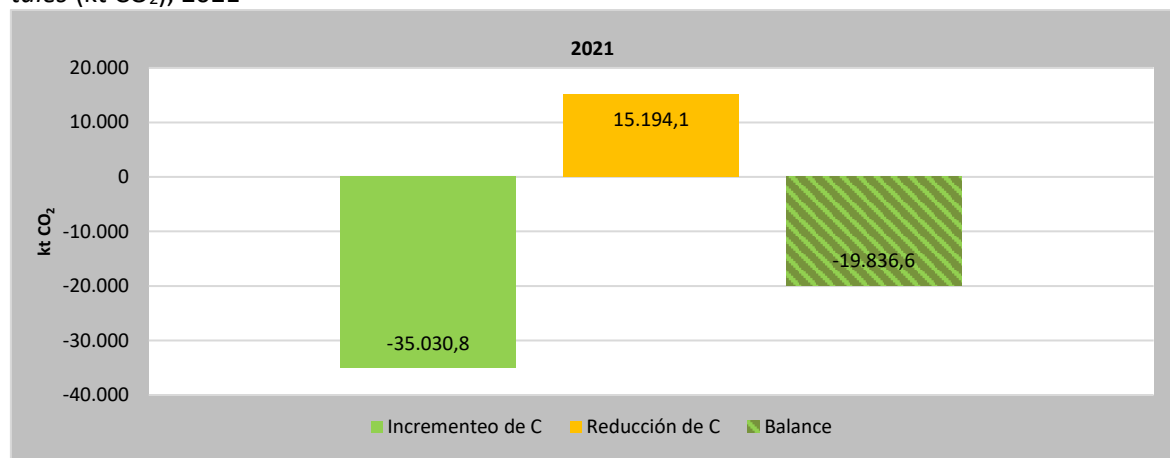
Según el análisis de categorías principales, esta categoría ha sido identificada como principal en nivel y tendencia. En 2021, las absorciones netas de la subcategoría contabilizaron un total de -19.836,6 kt CO₂. Este valor se deriva del balance entre el incremento de carbono en los depósitos de las superficies forestales (bosque nativo, estrato palmar y plantaciones forestales), equivalente a -35.030,8 kt CO₂, y la reducción de carbono debido a la cosecha de madera, tanto en rollizos como para fines energéticos, que equivale a 15.194,1 kt CO₂.

En comparación con 1990, la subcategoría ha aumentado como sumidero un 2,4 % y disminuido un 6,6 % en relación con 2019. Asimismo, el incremento de carbono (absorciones) presenta una reducción del 20,3 % con respecto al año base y del 5,9 % en comparación con 2019, lo cual se

atribuye a la disminución del bosque nativo debido al cambio de uso de la tierra. Por otro lado, las reducciones de carbono (emisiones) muestran una disminución del 38,3 % y del 5,4 % en comparación con los años 1990 y 2019, respectivamente (ver figuras 6-10 y 6-11).

Figura 6-10.

Tierras forestales: cambios en las existencias de carbono en *tierras forestales que permanecen como tales* (kt CO₂), 2021

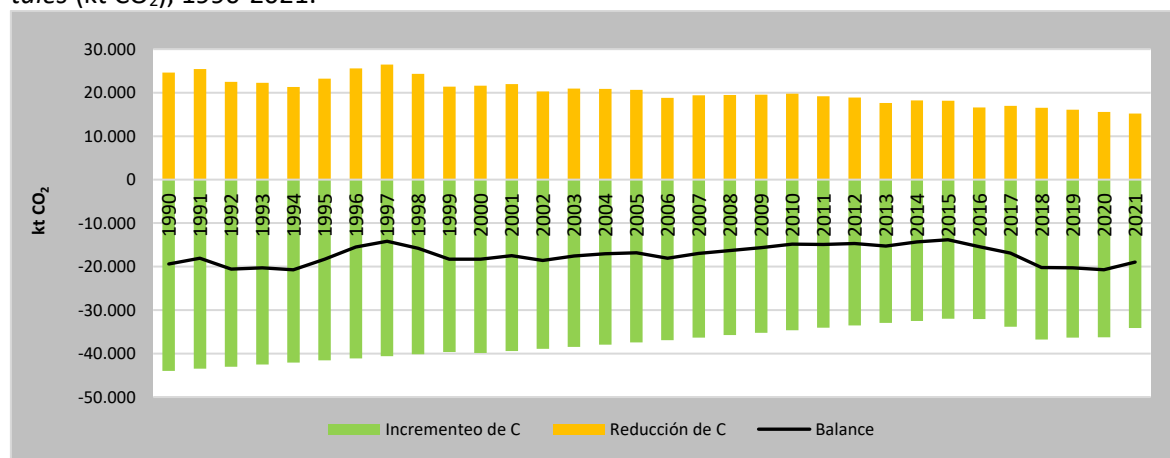


Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

En la Figura 6-11 se presenta la evolución de las absorciones netas de las *tierras forestales que permanecen como tales*, desglosada en incremento de C (absorciones) y reducción de C (emisiones), donde la línea representa el balance total (absorciones netas). Aunque la línea de balance se mantiene relativamente constante a lo largo de la serie temporal, se observan picos importantes en algunos años. En 1996, 1997 y 1998, se registra una disminución en las absorciones, lo que implica un leve aumento en la línea de balance. Esto podría atribuirse al incremento en el consumo de madera combustible, especialmente leña, durante esos años.

Figura 6-11.

Tierras forestales: cambios en las existencias de carbono en *tierras forestales que permanecen como tales* (kt CO₂), 1990-2021.



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Posteriormente, en 2017, 2018 y 2019, se observa un aumento en las absorciones, incremento del carbono, lo cual está relacionado con el crecimiento de las superficies de plantaciones forestales. En general, se nota que las emisiones muestran una tendencia a la disminución, lo que se debe a la baja en el consumo de madera y madera combustible. Sin embargo, las absorciones también presentan una tendencia similar, atribuida a la disminución de la superficie del bosque nativo, a pesar de que las plantaciones forestales se encuentran en aumento.

Tierras convertidas en tierras forestales

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, la categoría *tierras convertidas en tierras forestales* se refiere a cambios de otros usos, como *tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras*, hacia tierras forestales. Esto puede lograrse mediante repoblación forestal, reforestación o regeneración natural o artificial, incluyendo plantaciones. Se considera que permanecen por un período de transición de 20 años después de la conversión de uso.

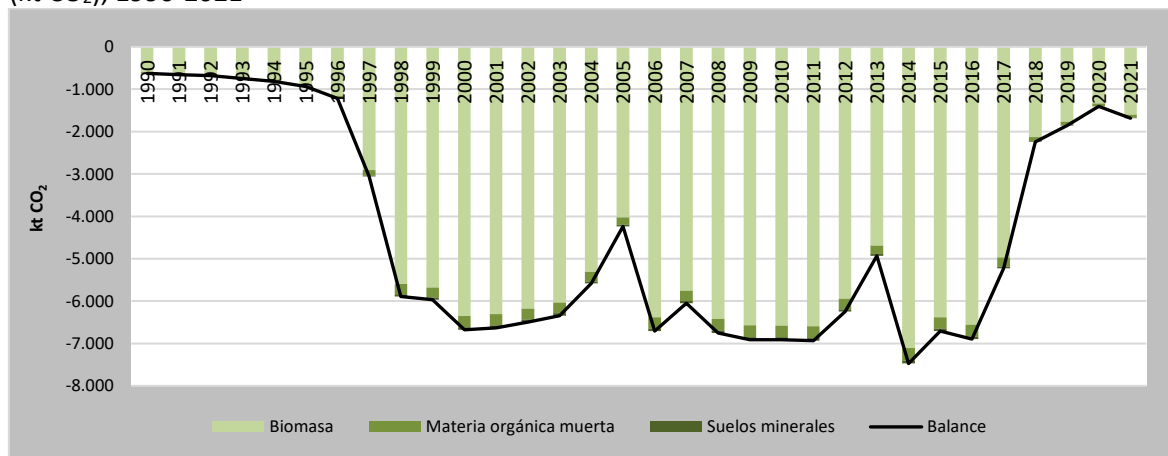
En el contexto nacional, se consideraron específicamente a las plantaciones forestales. Si bien no se cuenta con información específica de la categoría de uso de la tierra anterior a las plantaciones forestales, del mismo modo que en los anteriores inventarios, se supone que las tierras previas a las plantaciones forestales registradas son, en su mayoría, *tierras de cultivo*, es por ello que las estimaciones corresponden a la subcategoría de *tierras de cultivo convertidas en tierras forestales*. En esta subcategoría fue posible estimar los depósitos de biomasa, materia orgánica muerta y de suelos minerales.

En Paraguay, se han promulgado diversas legislaciones que han incentivado y continúan fomentando la implementación de plantaciones forestales. Entre ellas, se destaca la Ley N° 422/73 Forestal, que establece un marco regulatorio para la conservación y el manejo sostenible de los recursos forestales. Se cuentan con registros de superficies de plantaciones forestales bajo el marco legal vigente, así como de programas y proyectos de plantaciones forestales con fines energéticos y compensatorios.

Según el análisis de categorías principales, esta categoría ha sido identificada como principal en nivel y tendencia. En 2021, las absorciones de la subcategoría contabilizaron un total de -1.684,9 kt CO₂. Este valor se da por la sumatoria de absorciones de los tres depósitos, donde el depósito de biomasa abarca alrededor del 95,0 % equivalente a 1.599,0 kt CO₂, el pico máximo de absorciones se da en el año 2014, con un total de -7.473,5 kt CO₂. En comparación con 1990, la subcategoría aumento un 169,1 %, mientras que en relación con el 2019 disminuyó un 9,5 % (ver Figura 6-12).

Figura 6-12.

Tierras forestales: cambios en las existencias de carbono en *tierras convertidas en tierras forestales* (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

En la Figura 6-12 se presenta la evolución de las absorciones de las *tierras de cultivo convertidas en tierras forestales*, desglosada en tres depósitos: biomasa, materia orgánica muerta y suelos minerales, donde la línea representa el balance total. A lo largo de la serie temporal, se observan fluctuaciones significativas en las absorciones. Estas variaciones, especialmente en los años 2005 y 2013, así como la disminución en los últimos años de la serie, se deben en gran medida al tiempo de turno de corta aplicado a las plantaciones, lo que genera descensos en las absorciones a pesar del aumento en la superficie de plantaciones forestales. Además de la transición de superficies de tierras en transición (*tierras convertidas en tierras forestales*) a tierras estables (*tierras forestales que permanecen como tales*) después de 20 años.

6.4.2. Aspectos metodológicos de la categoría

El método utilizado para esta categoría corresponde a una combinación de los métodos de Nivel 1 y 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019*, aplicados a las subcategorías de *tierras forestales que permanecen como tales* y *tierras de cultivo convertidas en tierras forestales*. Se emplearon valores específicos del país, provenientes del Inventario Forestal Nacional de 2015, artículos científicos y otras fuentes nacionales, junto con otros valores por defecto. En la Tabla 6-11 se presentan los métodos y factores de emisión considerados para cada subcategoría.

Tabla 6-11.

Tierras forestales: métodos aplicados por subcategoría para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.A.	Tierras forestales	T1, T2, NE	D, CS
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	T1	D, CS
4.A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	T2, NE	D, CS, NE
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	T2	D, CS
4.A.2.b.	Pastizales convertidos en tierras forestales	NE	NE
4.A.2.c.	Humedales convertidos en tierras forestales	NE	NE
4.A.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras forestales	NE	NE
4.A.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras forestales	NE	NE

Nota: T1 = Nivel 1; T2 = Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NE = No estimada.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La estimación de emisiones y absorciones de C en la categoría de *tierras forestales* se llevó a cabo mediante el Método de pérdidas y ganancias de biomasa establecido en las *Directrices del IPCC de 2006*, tal como se detalla en el apartado 6.1.3. Este método consiste en calcular el cambio anual en las existencias de carbono como la diferencia entre el incremento anual de C y la reducción anual debida a las pérdidas de C (ver Ecuación 6-3). Posteriormente, se realizó la sumatoria de todos los depósitos estimados (ver Ecuación 6-2). Además, se utilizaron otras ecuaciones, las cuales se detallan a continuación, para complementar el análisis y asegurar una estimación precisa de los depósitos de carbono.

Para la estimación del depósito de biomasa se utilizó la ecuación 6-4.

Ecuación 6-4.

Tierras forestales: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \times G_{Totali,j} \times CF_{i,j})$$

Donde:

ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra, ha

G_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

Fuente: adaptación Ecuación 2.9; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

La pérdida de biomasa y de carbono por remoción de los bosques, es decir la cosecha de madera y madera combustible, en la subcategoría de tierras forestales que permanecen como tales se realiza con las siguientes dos ecuaciones.

Ecuación 6-5.

Tierras forestales: Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de bosques

$$L_{remoción-bosques} = \{H \times BCEF_R \times (1 + R)CF\}$$

Donde:

$L_{remoción-bosques}$ = pérdida anual de carbono debida a la remoción de bosques, ton C año⁻¹

H = remociones anuales de bosques, rollizos, m³ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en ton d.m. de biomasa subterránea.

$BCEF_R$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa.

Fuente: adaptación Ecuación 2.12; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación 6-6.

Tierras forestales: Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible

$$L_{madera-combustible} = [\{FG_{árboles} \times BCEF_R \times (1 + R)\} + FG_{parte} \times D] \times CF$$

Donde:

$L_{madera-combustible}$ = pérdida anual de carbono debida a la remoción de madera combustible, ton C año⁻¹

$FG_{árboles}$ = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m³ año⁻¹

FG_{parte} = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m³ año⁻¹

D = densidad básica de la madera, ton d.m. m⁻³

Fuente: adaptación Ecuación 2.13; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

El método conceptual para estimar los cambios de carbono en el depósito de materia orgánica muerta consiste en calcular la diferencia en existencias de carbono entre la categoría anterior y la nueva, aplicando este cambio al año de conversión (pérdidas de carbono). La Ecuación 6-7 se utilizó para la estimación de este depósito en la subcategoría de *tierras convertidas en tierras forestales*.

Ecuación 6-7.

Tierras forestales: Cambio en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta debido a la conversión en el uso de la tierra.

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_N - C_O) * A_{ON}}{T_{ON}}$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año⁻¹

C_N = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de uso de la tierra ton C año⁻¹

C_O = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de uso de la tierra ton C año⁻¹

A_{ON} = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha año⁻¹

T_{ON} = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año

Fuente: adaptación Ecuación 2.23; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Finalmente, para la estimación de los depósitos de suelos minerales de la subcategoría de *tierras convertidas en tierras forestales*, se empleó la Ecuación 6-8.

Ecuación 6-8.

Tierras forestales: Cambio en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales.

$$\Delta C_{MINERALES} = \frac{(SOC_0 - SOC_{0-T})}{D}$$

Donde:

$\Delta C_{MINERALES}$ = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, ton C año⁻¹

SOC_0 = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un periodo de inventario, ton C año⁻¹

$SOC_{(0-T)}$ = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un periodo de inventario, ton C año⁻¹

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.

Fuente: adaptación Ecuación 2.25; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Para las *tierras forestales que permanecen como tales*, se asume que la materia orgánica muerta y el carbono del suelo encuentran en equilibrio, según el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

6.4.2.1. Datos de actividad específicos de la categoría

La representación de las tierras mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra generadas a partir de los mapas desarrollados por el INFONA, como se explica en la sección 6.3, constituye la base para obtener los datos de actividad necesarios para la estimación de la presente categoría. En

esa sección también se detalla el proceso de relleno de datos para cada uno de los años de la serie temporal.

Además de los datos geospaciales provenientes de mapas, la categoría de *tierras forestales* también emplea datos de actividad provenientes de fuentes tabulares, es decir, tablas y planillas de registros de datos.

Tierras forestales que permanecen como tales

Los valores de superficies de bosques nativos y de otras tierras forestales, provenientes de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra, fueron utilizados para la estimación de las *tierras forestales que permanecen como tales*. Estos datos se implementaron específicamente para determinar el incremento anual de las existencias de C debido al crecimiento de la biomasa (absorciones).

El bosque nativo se encuentra desagregado según los estratos forestales: bosque seco chaqueño (BSCH), bosque subhúmedo inundable del Río Paraguay (BSHIRP), bosque subhúmedo del Cerrado (BSHC), y bosque húmedo de la Región Oriental (BHRO); y finalmente las otras tierras forestales conformado por el estrato Palmar. Para el año 2021, el estrato BSCH representó el 64,5 % de la superficie total de bosques nativos, seguido por el BSHIRP con 19,5 %, luego el BHRO con 14,9 % y finalmente el BSHC con el 1,1 %. En la Tabla 6-12 se detallan las superficies de bosque nativo y otras tierras forestales para cada año de la serie temporal.

Tabla 6-12.

Tierras forestales: superficie de bosques nativos y otras tierras forestales por estrato (hectárea)

Año	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales				
	Bosque nativo				Otras tierras forestales
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1990	14.786.512,9	3.606.287,1	183.555,8	4.483.478,1	3.046.219,9
1991	14.705.782,7	3.584.744,4	183.140,8	4.355.316,5	3.044.078,5
1992	14.625.052,4	3.563.201,7	182.725,9	4.227.154,9	3.041.937,2
1993	14.544.322,1	3.541.659,0	182.310,9	4.098.993,3	3.039.795,9
1994	14.463.591,9	3.520.116,3	181.895,9	3.970.831,7	3.037.654,5
1995	14.382.861,6	3.498.573,7	181.480,9	3.842.670,1	3.035.513,2
1996	14.302.131,3	3.477.031,0	181.065,9	3.714.508,5	3.033.371,8
1997	14.221.401,1	3.455.488,3	180.651,0	3.586.346,9	3.031.230,5
1998	14.140.670,8	3.433.945,6	180.236,0	3.458.185,3	3.029.089,1
1999	14.059.940,5	3.412.402,9	179.821,0	3.330.023,7	3.026.947,8
2000	14.057.576,6	3.352.170,1	222.981,7	3.434.413,8	3.037.680,5
2001	13.946.700,1	3.324.067,3	221.406,2	3.321.385,0	3.037.680,5
2002	13.835.823,7	3.295.964,4	219.830,8	3.208.356,2	3.037.680,5
2003	13.724.947,2	3.267.861,6	218.255,3	3.095.327,5	3.037.680,5
2004	13.614.070,8	3.239.758,7	216.679,9	2.982.298,7	3.037.680,5
2005	13.503.194,3	3.211.655,9	215.104,4	2.869.269,9	3.037.680,5
2006	13.234.082,3	3.148.141,2	213.631,9	2.824.569,4	3.037.680,5
2007	12.964.970,3	3.084.626,5	212.159,4	2.779.869,0	3.037.680,5
2008	12.695.858,3	3.021.111,8	210.686,9	2.735.168,5	3.037.680,5
2009	12.426.746,2	2.957.597,0	209.214,4	2.690.468,0	3.037.680,5
2010	12.157.634,2	2.894.082,3	207.741,9	2.645.767,6	3.037.680,5
2011	11.888.522,2	2.830.567,6	206.269,4	2.601.067,1	3.037.680,5
2012	11.541.592,2	2.891.364,0	206.137,6	2.647.163,2	2.853.626,4
2013	11.194.662,2	2.952.160,4	206.005,7	2.693.259,2	2.669.572,2
2014	10.910.721,8	2.913.944,8	204.782,5	2.643.414,8	2.669.092,0
2015	10.626.781,3	2.875.729,1	203.559,2	2.593.570,4	2.668.611,7
2016	10.574.346,1	2.812.659,2	210.269,0	2.592.987,2	2.627.600,5

Año	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales				
	Bosque nativo				Otras tierras forestales
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
2017	10.521.910,8	2.749.589,3	216.978,8	2.592.403,9	2.586.589,2
2018	10.339.856,0	2.714.454,4	214.089,3	2.548.950,4	2.586.589,2
2019	10.157.801,2	2.679.319,5	211.199,7	2.505.496,9	2.586.589,2
2020	9.772.934,7	2.923.651,9	168.746,4	2.245.007,4	2.856.361,9
2021	9.626.361,9	2.903.318,5	167.846,3	2.225.622,1	2.851.145,6

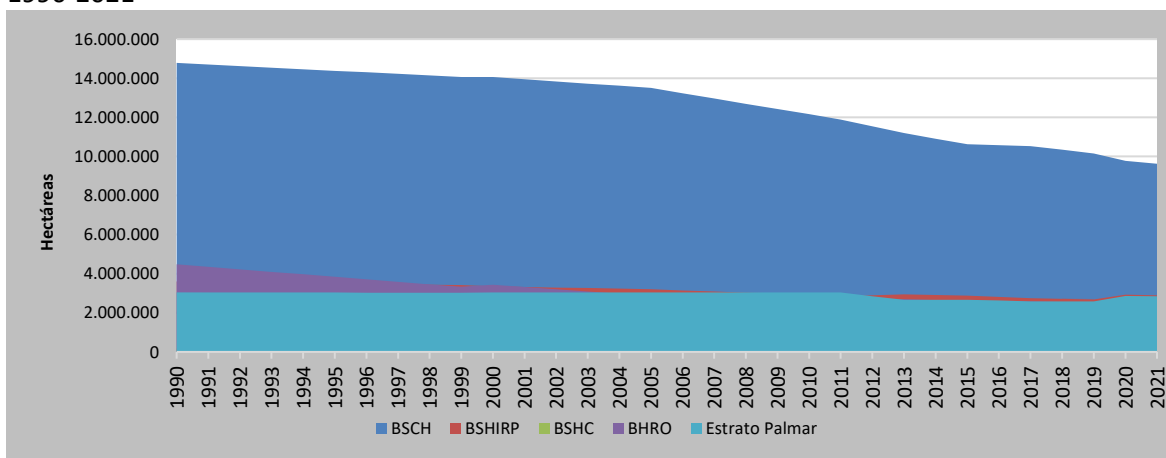
Nota: Datos provenientes de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

En la Figura 6.13 se observa la tendencia de los datos de actividad utilizados para las estimaciones de *tierras forestales que permanecen como tales* para toda la serie temporal. Como se mencionó anteriormente, se evidencia la disminución en la superficie de las tierras forestales de origen nativo, es decir los bosques nativos y el estrato Palmar. Los leves aumentos identificados se deben a las consideraciones, refinamientos y pequeñas diferencias entre cada uno de los mapas.

Figura 6-13.

Tierras forestales: superficie de bosques nativos y otras tierras forestales por estrato (hectáreas), 1990-2021



Nota: Datos provenientes de las matrices de uso y cambio de uso de la tierra.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Por otro lado, las superficies de plantaciones forestales se obtuvieron de datos tabulares de los registros de la Dirección General de Plantaciones Forestales del INFONA. Esta dependencia, al realizar un trabajo de actualización en su base de datos, logró desagregar las superficies por región y finalidad. Los datos se clasificaron según si correspondían a la Región Oriental u Occidental del país, y aquellas superficies sin una ubicación certera fueron catalogadas como “plantación país”.

En cuanto a la finalidad, las plantaciones se desagregaron en fines energéticos o fines maderables, considerando la densidad de la plantación. Aquellas plantaciones para las cuales no se pudo identificar la finalidad fueron catalogadas bajo “otros fines”, lo cual puede referirse a plantaciones con fines compensatorios, barreras corta viento, protección del suelo, etc. Esta desagregación permitió aplicar los tiempos de turno de corta correspondientes a cada finalidad, siendo de siete años para las plantaciones con fines energéticos y de once años para las de fines maderables. En este contexto, se asumió que todas las superficies de plantaciones forestales mantienen su estatus de plantación. Así, tras la corta, es decir, al finalizar el año 7 u 11 de la plantación, se considera que estas dejan de contabilizarse para la estimación del incremento de carbono (año 8 o 12). Sin

embargo, al año posterior (año 9 o 13 de la plantación), vuelven a ser tenidas en cuenta, y este proceso se repite de forma cíclica. También se tuvo en cuenta el periodo de transición de 20 años para ser tenidas en cuenta como *tierras forestales* que permanecen como tales, por lo que puede parecer que para los primeros años no se registren superficies que permanecen.

Para evitar la doble contabilidad, se excluyeron de las estimaciones las superficies de plantaciones forestales provenientes de fuentes geospaciales.

Una parte significativa de las plantaciones forestales en Paraguay corresponde a especies exóticas, siendo el *Eucalyptus spp.* la especie más predominante en este tipo de cultivos. En menor medida, también se encuentran plantaciones de *Pinus sp.*, que contribuyen a la superficie total de plantaciones forestales. Aunque en menor magnitud, existen también plantaciones con especies nativas, las cuales son esenciales para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los ecosistemas locales.

En la Tabla 6-13, se presentan los valores de superficies de plantaciones forestales desagregadas por región y finalidad para toda la serie temporal.

Tabla 6-13.

Tierras forestales: superficie de plantaciones forestales por región y finalidad (hectárea)

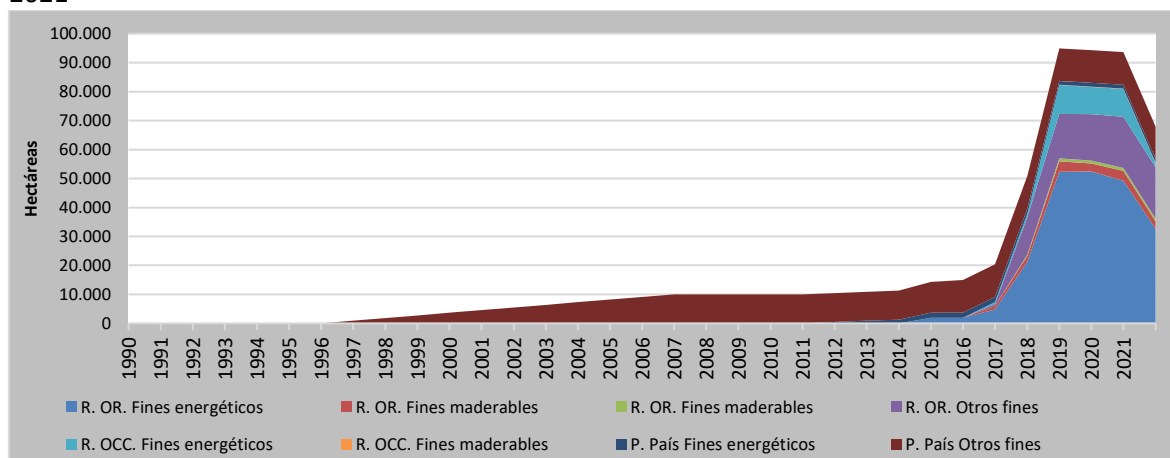
Año	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales							
	Plantación Oriental				Plantación Occidental		Plantaciones país	
	Fines energéticos	Fines maderables		Otros fines	Fines energéticos	Fines maderables	Fines energéticos	Otros fines
		Exóticas	Nativas			Exóticas		
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	911,4
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.822,7
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.734,1
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3.645,5
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.556,8
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.468,2
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6.379,5
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7.290,9
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8.202,3
2005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9.113,6
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.025,0
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.025,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.025,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.025,0
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.025,0
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	440,8	10.025,0
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	881,5	10.025,0
2013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.322,3	10.025,0
2014	1.951,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.763,0	10.638,5
2015	1.951,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.763,0	11.252,0
2016	4.833,1	1.210,2	0,0	635,8	665,0	0,0	1.763,0	11.252,0
2017	21.222,2	1.997,7	500,0	12.916,3	1.165,0	50,0	1.763,0	11.252,0
2018	52.377,6	3.556,7	980,0	15.449,3	9.930,0	50,0	1.322,3	11.252,0
2019	52.406,5	2.846,5	980,0	15.979,3	9.385,0	150,0	1.322,3	11.252,0
2020	49.282,9	3.359,2	980,0	17.693,3	9.650,0	100,0	1.322,3	11.252,0
2021	32.665,6	2.497,7	980,0	17.693,3	1.385,0	150,0	1.322,3	11.252,0

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Las plantaciones forestales muestran una tendencia positiva a lo largo de casi toda la serie temporal, impulsada por la acumulación de superficies a lo largo de los años, alcanzando un pico de casi 95.000 hectáreas en 2018; sin embargo, este número disminuyó a alrededor de 68.000 hectáreas en 2021. Esta reducción se debe a la coincidencia de los turnos de corta hacia el final de la serie temporal en las plantaciones de la Región Oriental, particularmente aquellas destinadas a fines energéticos (ver Figura 6-14).

Figura 6-14.

Tierras forestales: superficie de plantaciones forestales por región y finalidad (hectáreas), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Finalmente, para la estimación de emisiones por la pérdida de C por la remoción anual de rollizos y de madera combustible, se tuvieron en cuenta como fuentes de datos al INFONA y al Vice Ministerio de Minas y Energías (VMME).

Los datos de volumen anual de rollizos de madera para la producción de bienes y servicios que no son de energía fueron obtenidos de las guías de traslado de productos y subproductos forestales del INFONA para la serie temporal 1999-2021. Se incluyeron los valores correspondientes a rollos, rollos lampinos, palma (columnas y postes), postes, esquineros, horcones y balancines. Dado que algunos valores no se encontraban expresados en metros cúbicos, se aplicaron los factores de conversión a esta unidad de volumen establecidos en la Resolución N° 011/2014 del INFONA y se utilizó el material "Informe - Cuentas de Bosques y Recursos Madereros" (INFONA, s.f.). Para el relleno de datos de los primeros años de la serie temporal (anteriores a 1999), se aplicó el método de proporción de media geométrica, resultando en los mismos valores utilizados en el reporte anterior.

Por otro lado, los datos de madera combustible fueron proporcionados por el VMME, desagregados en leña y carbón, a través del Sistema de Información Energética Nacional (SIEN) para los años 1990-2019 y del Sistema de Información Energética del Paraguay (sieParaguay) para los años 2020-2022. Según la Dirección de Energías Alternativas, se actualizó el valor de la densidad de la leña en función de los datos más recientes disponibles, lo que permite una estimación más precisa del volumen y el potencial energético de este recurso.

En la Tabla 6-14 y en la Figura 6-15, se presentan los volúmenes de madera removidos de las *tierras forestales que permanecen como tales*.

Tabla 6-14.

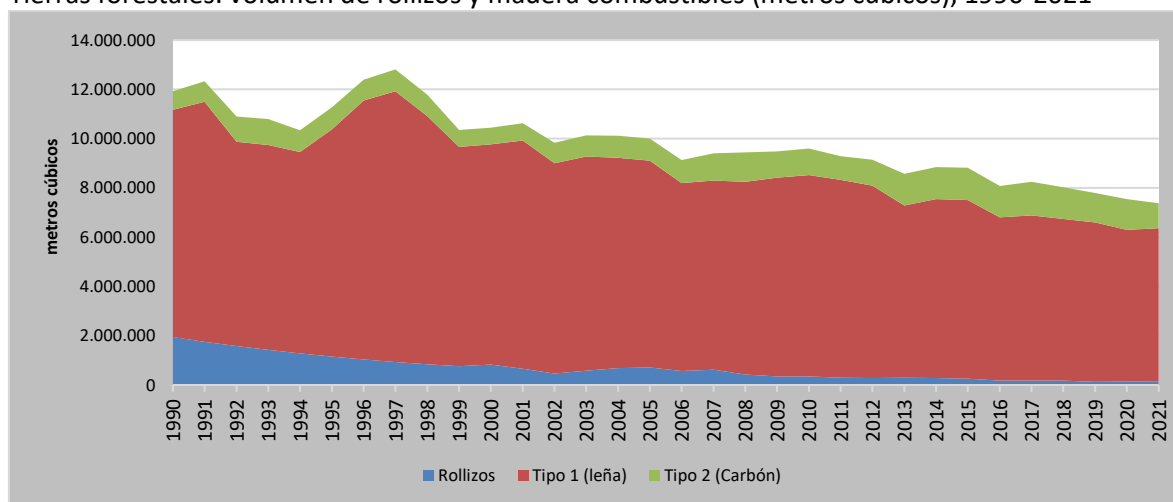
Tierras forestales: volumen de rollizos y madera combustibles (metros cúbicos)

Año	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales		
	Rollizos	Madera combustible	
		Tipo 1 (leña)	Tipo 2 (carbón)
1990	1.951.367,4	9.214.876,5	763.594,2
1991	1.755.412,4	9.741.975,3	832.405,8
1992	1.579.384,2	8.285.987,7	1.033.623,2
1993	1.421.267,5	8.321.111,1	1.051.594,2
1994	1.279.252,2	8.181.358,0	875.188,4
1995	1.151.712,2	9.231.543,2	887.594,2
1996	1.037.187,4	10.507.530,9	849.623,2
1997	934.366,3	10.988.456,8	886.782,6
1998	842.072,1	10.065.123,5	879.594,2
1999	759.248,6	8.907.098,8	681.623,2
2000	830.847,7	8.935.987,7	681.623,2
2001	659.794,4	9.267.098,8	695.594,2
2002	465.559,5	8.538.209,9	834.376,8
2003	582.524,1	8.692.901,2	851.594,2
2004	684.868,3	8.532.654,3	903.188,4
2005	710.985,8	8.388.024,7	903.188,4
2006	574.028,5	7.627.530,9	928.405,8
2007	619.319,4	7.676.419,8	1.104.811,6
2008	431.876,0	7.815.987,7	1.196.000,0
2009	343.552,7	8.073.765,4	1.068.811,6
2010	347.158,4	8.168.024,7	1.081.971,0
2011	297.799,3	8.030.432,1	964.463,8
2012	276.457,7	7.820.802,5	1.043.246,4
2013	292.054,7	6.992.037,0	1.282.087,0
2014	276.445,8	7.275.679,0	1.290.956,5
2015	256.931,6	7.249.876,5	1.311.652,2
2016	178.166,2	6.621.827,7	1.274.318,8
2017	184.038,0	6.702.039,3	1.358.434,8
2018	174.702,6	6.566.691,2	1.290.782,6
2019	128.682,1	6.469.895,4	1.198.782,6
2020	139.000,6	6.157.422,1	1.250.200,4
2021	150.631,2	6.215.061,0	1.008.579,7

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en datos del INFONA y el VMME.

Figura 6-15.

Tierras forestales: volumen de rollizos y madera combustibles (metros cúbicos), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en datos del INFONA y el VMME.

En la figura se puede observar la preponderancia del uso de leña como el principal recurso de biomasa de origen forestal.

Tierras convertidas en tierras forestales

Para las *tierras convertidas en tierras forestales*, específicamente *tierras de cultivo convertidas en tierras forestales*, se utilizaron únicamente las superficies de plantaciones forestales del país, considerando los mismos supuestos aplicados a la subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales*. Las plantaciones se estiman durante un período de 20 años a partir de su instalación, tras lo cual son transferidas a la categoría de tierras estables.

En la Tabla 6-15 y la Figura 6-16 se presentan las plantaciones forestales desglosadas por región y finalidad para las tierras convertidas en tierras forestales.

Tabla 6-15.

Tierras forestales: superficie de plantaciones forestales por región y finalidad para la subcategoría de *tierras convertidas en tierras forestales* (hectárea)

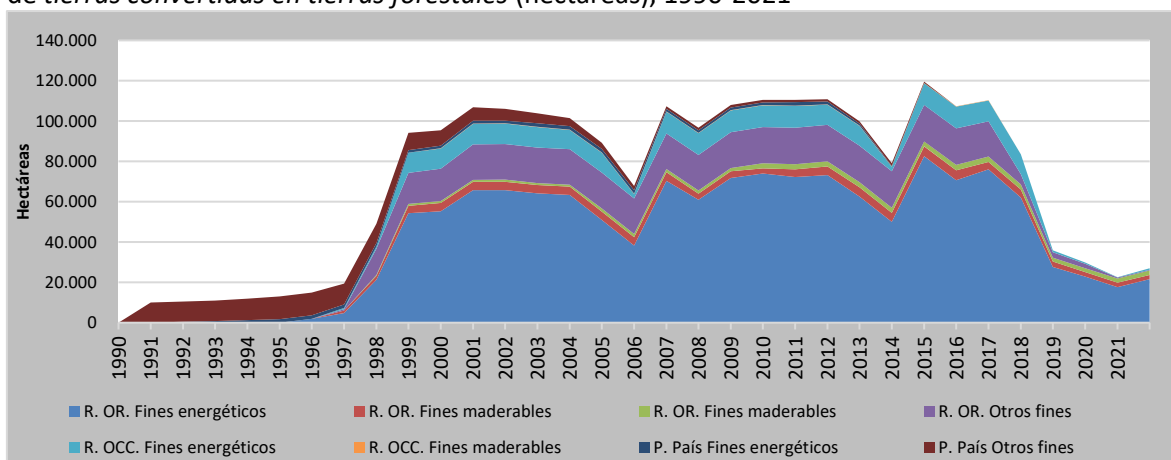
Año	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales							
	Plantación Oriental				Plantación occidental		Plantaciones país	
	Fines energéticos	Fines maderables		Otros fines	Fines energéticos	Fines maderables	Fines energéticos	Otros fines
		Exóticas	Nativas			Exóticas		
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.025,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	440,8	10.025,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	881,5	10.025,0
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.322,3	10.638,5
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.763,0	11.252,0
1995	1.951,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.763,0	11.252,0
1996	4.833,1	1.210,2	0,0	635,8	665,0	0,0	1.763,0	10.340,6
1997	21.222,2	1.997,7	500,0	12.916,3	1.165,0	50,0	1.763,0	9.429,3
1998	54.328,6	3.556,7	980,0	15.449,3	9.930,0	50,0	1.322,3	8.517,9
1999	55.288,6	4.056,7	980,0	15.979,3	10.050,0	150,0	1.322,3	7.606,5
2000	65.672,0	4.146,7	980,0	17.693,3	10.150,0	150,0	1.322,3	6.695,2
2001	65.772,0	4.146,7	980,0	17.693,3	10.150,0	150,0	1.322,3	5.783,8

Año	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales							
	Plantación Oriental				Plantación occidental		Plantaciones país	
	Fines energéticos	Fines maderables		Otros fines	Fines energéticos	Fines maderables Exóticos	Fines energéticos	Otros fines
		Exóticas	Nativas					
2002	64.091,0	4.146,7	980,0	17.693,3	10.150,0	150,0	1.763,0	4.872,5
2003	63.273,3	4.146,7	980,0	17.696,3	9.485,0	150,0	1.763,0	3.961,1
2004	50.996,8	4.146,7	1.580,0	17.696,3	9.850,0	150,0	1.763,0	3.049,7
2005	38.253,0	4.152,5	1.580,0	17.696,3	2.117,6	150,0	1.763,0	2.138,4
2006	70.399,4	4.152,5	1.580,0	17.696,3	10.762,6	150,0	1.322,3	1.227,0
2007	60.976,1	2.942,3	1.580,0	17.696,3	10.782,6	150,0	1.322,3	1.227,0
2008	71.710,3	3.365,0	1.611,2	17.724,9	10.882,6	100,0	1.322,3	1.227,0
2009	74.001,4	2.593,5	2.517,6	17.837,9	10.882,6	150,0	1.322,3	1.227,0
2010	72.310,9	3.757,5	2.517,6	18.062,9	10.882,6	50,0	1.763,0	1.227,0
2011	73.255,0	4.298,7	2.517,6	18.072,9	10.017,6	150,0	1.322,3	1.227,0
2012	62.634,9	4.583,7	2.517,6	18.072,9	9.850,0	150,0	881,5	1.227,0
2013	49.944,2	4.583,7	2.533,3	18.072,9	2.117,6	150,0	440,8	1.227,0
2014	82.531,5	4.872,0	2.533,3	18.072,9	10.762,6	150,0	0,0	613,5
2015	70.706,3	4.872,0	2.708,3	18.072,9	10.782,6	150,0	0,0	0,0
2016	76.097,2	3.656,0	2.708,3	17.437,1	10.217,6	150,0	0,0	0,0
2017	62.074,0	4.045,7	2.445,9	5.156,6	9.717,6	100,0	0,0	0,0
2018	27.569,0	2.750,7	1.965,9	2.623,6	952,6	100,0	0,0	0,0
2019	22.854,2	2.250,7	1.965,9	2.093,6	632,6	0,0	0,0	0,0
2020	17.559,4	2.241,3	2.166,2	379,6	200,0	0,0	0,0	0,0
2021	21.545,0	2.136,3	2.166,2	379,6	732,6	0,0	0,0	0,0

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-16.

Tierras forestales: superficie de plantaciones forestales por región y finalidad para la subcategoría de *tierras convertidas en tierras forestales* (hectáreas), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Según la figura anterior, la principal finalidad de las nuevas plantaciones forestales es la generación de biomasa para energía, con una notable concentración en la Región Oriental. Además, es importante señalar que la figura presenta las superficies consideradas para la estimación, por lo que se observan disminuciones significativas para algunos años debido al turno de corta.

6.4.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y los datos paramétricos utilizados en la categoría de *tierras forestales* para las estimaciones de emisiones y absorciones CO₂ provienen de diversas fuentes. Estos incluyen los valores por defecto establecidos en las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*, así

como datos específicos a nivel nacional. A continuación, se procederá a explicar cada uno de estos elementos por subcategoría.

Tierras forestales que permanecen como tales

En la Tabla 6-16 se especifican los valores de los distintos factores de emisión utilizados.

- Incremento anual neto promedio (I_v): Se utilizan los mismos valores empleados en el reporte anterior abarcando los cuatro estratos de bosques nativos, el estrato palmar y las plantaciones forestales. Para las plantaciones forestales, se aplican los siguientes valores: un promedio de 25 para la serie 1990-2015; 28,50 para los años 2016-2017; y 30 para el período 2018-2021. Este enfoque permite evidenciar la mejora en el manejo y la genética de las plantaciones forestales a lo largo del tiempo.
- Factor de expansión de la biomasa (BEF): Para el estrato del bosque subhúmedo del cerrado, se utiliza un valor generado en el Inventario Forestal Nacional 2015. Dado que no se dispone de datos nacionales para los demás estratos, se ha recurrido al valor propuesto por el IPCC (2003), que se encuentra en el cuadro 3A.1.10 y corresponde al clima tropical de hoja ancha (BEF1).

Por otro lado, para la estimación de la remoción de rollizos, se utilizó un valor de BEF obtenido mediante un promedio aritmético de los cinco estratos y las plantaciones forestales. Según datos del VMME (2019), el 74,6 % de la leña consumida proviene de bosques nativos, mientras que el 25,4 % restante se obtiene de plantaciones forestales. Por lo tanto, el BEF utilizado para estimar la remoción de madera combustible (leña) se basa en un promedio ponderado entre los estratos nativos y las plantaciones forestales. Finalmente, de acuerdo con el mismo autor, la mayor parte del carbón proviene del bosque nativo, por ende, el valor del BEF correspondiente se calcula a partir de un promedio de los estratos nativos.

- Densidad básica de la madera (D): Para los estratos nativos, se utilizaron los valores generados por Sato *et al.* (2015), quienes realizaron muestreos en parcelas instaladas en las Regiones Occidental y Oriental. Los autores calcularon la densidad básica teniendo en cuenta el volumen fresco y el peso seco de la parte superior del tocón, así como de la parte media y superior del tallo de cada árbol. En la Región Oriental se consideraron 14 especies, mientras que en la Región Occidental se incluyeron 16 especies.

Se asignó el valor de densidad de la Región Occidental al estrato de BSCH mientras que a los estratos de BSHC y BHRO se les asignó el valor correspondiente a la Región Oriental. Para el BSHIRP y el estrato Palmar (otra tierra forestal), se utilizó un promedio de ambos valores, dado que estas áreas se distribuyen en ambas zonas.

En el caso de las plantaciones forestales, se aplicó el valor propuesto por las *Directrices del IPCC de 2006*, específico para la especie *Eucalyptus robusta*, tal como se detalla en el Volumen 4, Capítulo 4, Cuadro 4.13.

Los valores para la remoción de rollizos y madera combustible se determinaron siguiendo la misma metodología explicada en el apartado correspondiente al BEF.

- Relación biomasa subterránea/aérea (R): Para los estratos nativos, se utilizaron los valores generados por Sato *et al.* (2015) para establecer la relación entre la biomasa subterránea y aérea. En el caso de las plantaciones forestales, se consideró la regionalización de las mismas, aplicando el valor por defecto correspondiente a la región climática tropical húmeda para las plantaciones ubicadas en la Región Oriental y el valor por defecto para la región tropical seca para aquellas en la Región Occidental, según el Cuadro 4.4. del Capítulo 4 del *Refinamiento del 2019*.

Para las plantaciones catalogadas como “plantación país”, se asignó el mismo valor que el de la Región Oriental, dado que esta es la región más apta para el establecimiento de plantaciones forestales y donde se concentra la mayor parte de esta actividad. Nuevamente, los valores de remoción de rollizos y madera combustible se determinaron siguiendo los mismos pasos descritos anteriormente, asegurando la coherencia en la estimación de la biomasa.

- Fracción de carbono de materia seca (CF): El valor utilizado para la fracción de carbono de la materia seca en toda la subcategoría corresponde al clima tropical, conforme al Cuadro 4.3, Capítulo 4, Volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 6-16.

Tierras forestales: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de CO₂

4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales			
Fuente o sumidero de GEI		Valor	Unidad
Depósito: biomasa			
Incremento anual neto promedio	Bosque nativo - estrato BSCH	0,50	(m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)
	Bosque nativo - estrato BSHIRP	1,00	
	Bosque nativo - estrato BSHC	1,50	
	Bosque nativo - estrato BHRO	1,50	
	Otras tierras forestales - estrato Palmar	1,00	
	Plantaciones forestales (1990-2015)	25,00	
	Plantaciones forestales (2016-2017)	28,50	
	Plantaciones forestales (2018-2021)	30,00	
Factor de expansión de la biomasa	Bosque nativo - estrato BSCH	1,50	(-)
	Bosque nativo - estrato BSHIRP	1,50	
	Bosque nativo - estrato BSHC	1,27	
	Bosque nativo - estrato BHRO	1,50	
	Otras tierras forestales - estrato Palmar	1,50	
	Plantaciones forestales	2,10	
	Madera rollizos	1,56	
	Madera combustible (leña)	1,62	
	Madera combustible (carbón)	1,45	
Densidad básica de la madera	Bosque nativo - estrato BSCH	0,68	[ton secado en horno (humedad m ⁻³)]
	Bosque nativo - estrato BSHIRP	0,63	
	Bosque nativo - estrato BSHC	0,58	
	Bosque nativo - estrato BHRO	0,58	
	Otras tierras forestales - estrato Palmar	0,63	
	Plantaciones forestales	0,51	
	Madera rollizos	0,60	
	Madera combustible (leña)	0,59	
Relación biomasa subterránea/aérea	Madera combustible (carbón)	0,62	[ton d.m. bs (tonelada d.m. ba) ⁻¹]
	Bosque nativo - estrato BSCH	0,28	
	Bosque nativo - estrato BSHIRP	0,41	
	Bosque nativo - estrato BSHC	0,16	
	Bosque nativo - estrato BHRO	0,16	
	Otras tierras forestales - estrato Palmar	0,41	

4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales			
Fuente o sumidero de GEI		Valor	Unidad
	Plantaciones forestales (Oriental)	0,28	
	Plantaciones forestales (Occidental)	0,33	
	Plantaciones forestales (País)	0,28	
	Madera rollizos	0,28	
	Madera combustible (leña)	0,25	
	Madera combustible (carbón)	0,28	
Fracción de carbono de materia seca	Nivel nacional	0,47	[ton C (ton d.m.) ⁻¹]

Nota: Para la aplicación de las ecuaciones 2.12 y 2.13, los valores de BEF, D, R y CF utilizados son promedios de los valores principales, ya que no se cuenta con datos de remoción de madera por estratos sino a nivel nacional.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en datos de Sato *et al.* (2015), IPCC (2003), IPCC (2006), IPCC (2019), y VMME (2019).

Tierras convertidas en tierras forestales

En la Tabla 6-17 se especifican los valores de los distintos factores de emisión utilizados.

Para el depósito de biomasa, se consideraron los siguientes factores de emisión: incremento anual neto promedio, factor de expansión de la biomasa, densidad básica de la madera, relación biomasa subterránea/aérea y fracción de carbono de la materia seca. Todos estos factores correspondientes a las plantaciones forestales y se explicaron en detalle en la subcategoría anterior.

Para los demás depósitos se utilizaron los factores detallados a continuación.

- Existencia de Madera Muerta/Hojarasca bajo la nueva categoría de uso de la tierra (C_n): La existencia de madera muerta y hojarasca es el único factor utilizado para estimar el depósito de materia orgánica muerta. Para determinar los valores de hojarasca y madera muerta, se consideraron los datos propuestos en el *Refinamiento de 2019*, específicamente en el Cuadro 2.2 del Capítulo 2 del Volumen 4. Siguiendo la misma línea de los factores anteriores, para las plantaciones forestales de la Región Oriental se tuvo en cuenta el clima tropical húmedo (también para las plantaciones país), mientras que para la Región Occidental se aplicó el valor correspondiente al clima tropical seco.
- Referencia de existencias de C en el último año del inventario (SOC_{REF}): Los valores de C en el suelo utilizados para las plantaciones forestales desagregadas por región (Región Oriental, Región Occidental y Plantación país), se basaron en datos ponderados a partir de valores de superficie del "Mapa de Regiones Climáticas del Paraguay", que fue desarrollado para reportes anteriores, y los valores por defecto del Cuadro 2.3 del *Refinamiento de 2019*, realizando un cruce entre los tipos de suelos y las regiones climáticas.
- Factores de cambio de existencia de C en el Suelo (F_{LU} , F_{MG} , F_I): Para el último año del Inventario, los factores de uso de la tierra, gestión e ingreso se establecieron con un valor equivalente a 1, dado que, según el Nivel 1, se asume que las existencias C en el suelo son equivalentes a los valores de referencia. En cambio, para el inicio del período, se consideraron los valores correspondientes al Cuadro 5.5 del *Refinamiento de 2019*, correspondientes a la región tropical húmeda.

Tabla 6-17.

Tierras forestales: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de CO₂

4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales			
Fuente o sumidero de GEI		Valor	Unidad
Depósito: biomasa			
Incremento anual neto promedio	Plantaciones forestales (1990-2015)	25,00	(m³ ha⁻¹ año⁻¹)
	Plantaciones forestales (2016-2017)	28,50	
	Plantaciones forestales (2018-2021)	30,00	
Factor de expansión de la biomasa	Plantaciones forestales	2,10	(-)
Densidad básica de la madera	Plantaciones forestales	0,51	[ton secado en horno (humedad m³)]
Relación biomasa subterránea/aérea	Plantaciones forestales (Oriental)	0,28	[ton d.m. bs (tonelada d.m. ba)⁻¹]
	Plantaciones forestales (Occidental)	0,33	
	Plantaciones forestales (País)	0,28	
Fracción de carbono de materia seca	Nivel nacional	0,47	[ton C (ton d.m.)⁻¹]
Depósito: materia orgánica muerta			
Existencias de madera muerta bajo la nueva categoría de uso de la tierra	Plantaciones forestales (Oriental)	5,9	ton C ha⁻¹
	Plantaciones forestales (Occidental)	2,4	
	Plantaciones forestales (País)	5,9	
Existencias de hojarasca bajo la nueva categoría de uso de la tierra	Plantaciones forestales (Oriental)	8	
	Plantaciones forestales (Occidental)	9	
	Plantaciones forestales (País)	8	
Depósito: suelos minerales			
Referenciade existencias de C en el último año del inventario	Plantaciones forestales (Oriental)	36,42	ton C ha⁻¹
	Plantaciones forestales (Occidental)	20,35	
	Plantaciones forestales (País)	36,42	
Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra en particular en el último año del inventario		1,00	(-)
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión en el último año del inventario		1,00	(-)
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica en el último año del inventario		1,00	(-)
Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra al inicio del periodo del inventario		0,83	(-)
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión al inicio del periodo del inventario		1,10	(-)
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica al inicio del periodo del inventario		1,00	(-)

Nota: Para la aplicación de las ecuaciones 2.12 y 2.13, los valores de BEF, D, R y CF utilizados son promedios de los valores principales, ya que no se cuenta con datos de remoción de madera por estratos sino a nivel nacional.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en datos de Sato et al. (2015), IPCC (2003), IPCC (2006), IPCC (2019).

6.4.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Paraguay aplica flexibilidades a dos disposiciones de las MPGs, las cuales son las siguientes:

- Evaluación de la Incertidumbre:** En el párrafo 29 se establece que las partes deben estimar cuantitativa y cualitativamente la incertidumbre de las estimaciones para todas las categorías. Paraguay, al no contar con datos sobre incertidumbre y enfrentar algunas brechas en la metodología, presentará una discusión cualitativa sobre la incertidumbre para las categorías principales.

Paraguay buscará superar esta brecha en el próximo reporte, mediante la conformación de un equipo estadístico y generando espacios para el desarrollo de capacidades en materia de incertidumbre para los compiladores y generadores de datos.
- Año de Reporte:** El párrafo 58 indica que el año de reporte más reciente no debe ser más de dos años anterior a la presentación del informe. Paraguay presentará el informe para la

serie temporal 1990-2021, es decir, tres años antes de la presentación, debido a que no se cuenta con datos de actividad actualizados hasta 2022 para todas las categorías del INGEI. Paraguay, en la medida de sus capacidades, aunará esfuerzos para cumplir con lo dispuesto en las MPGs lo antes posible.

6.4.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Considerando la complejidad de la estimación en el sector UTCUTS, se estima que la incertidumbre es de nivel medio. En la categoría de *tierras forestales*, la incertidumbre puede surgir de la variabilidad en las características de los datos de actividad, como la heterogeneidad de los estratos forestales, la edad de los bosques, que no se ha considerado adecuadamente, y la diversidad de prácticas de manejo forestal, las cuales aún no se han representado de manera exhaustiva. La falta de información específica del país también contribuye a un aumento de la incertidumbre.

Además, las condiciones climáticas cambiantes y su tendencia a largo plazo pueden favorecer la aparición de perturbaciones, como incendios forestales, lo que incrementa la incertidumbre en las estimaciones. Otro aspecto a considerar es la dificultad para separar las cosechas comerciales, como el carbón, de los productos derivados del cambio de uso de la tierra, lo que puede resultar en una sobreestimación de las emisiones. Para abordar estas incertidumbres, es fundamental mejorar la recopilación de datos, realizar estudios específicos sobre la edad y manejo de los bosques, y desarrollar metodologías más precisas que permitan una evaluación más fiable de las existencias de carbono en las tierras forestales.

6.4.5. AC/CC de la categoría

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el Control de Calidad (CC) consiste en un conjunto de actividades técnicas rutinarias diseñadas para evaluar y mantener la calidad del inventario durante su compilación. Esto incluye controles de exactitud en la adquisición de datos y cálculos, así como procedimientos normalizados para la estimación de emisiones y absorciones. Para implementar estos procedimientos, se utilizó una lista de verificación detallada disponible en el Anexo IV, lo que garantizó revisiones uniformes y exhaustivas.

Por otro lado, el Aseguramiento de la Calidad (AC) implica un sistema de revisión planificado, realizado por personal ajeno al proceso de compilación del inventario. Estas revisiones aseguran el cumplimiento de objetivos mensurables y que el inventario refleje las mejores estimaciones de emisiones y absorciones, de acuerdo con el conocimiento científico actual y la disponibilidad de datos. Además, se cuenta con un plan de mejora basado en las recomendaciones de dicho proceso, el cual también se presenta en el Anexo IV.

6.4.6. Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos se aplicaron a toda la serie temporal 1990-2021, abarcando específicamente los años recalculados del período 1990-2019.

Estos ajustes se llevaron a cabo debido a la incorporación de nuevos datos de actividad en el Inventario. Para los años 1990-1999, se utilizó una nueva fuente de datos para las superficies de

bosques nativos y el estrato palmar, reemplazando el artículo científico de Huang *et al.* (2009) por el "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002", manteniendo la coherencia con los demás mapas.

Además, la actualización de la base de datos de plantaciones forestales permitió un enfoque renovado en su análisis. Gracias a los nuevos datos regionalizados, segregados por finalidad y agrupados según el tipo de especie (nativas o exóticas), se pudieron aplicar los tiempos de turno de corta a las plantaciones forestales, lo que mejora la precisión de las estimaciones relacionadas con el carbono.

En lo que respecta al volumen de madera, se accedió a información sobre el origen de los rollizos y de la madera combustible. El VMME proporcionó datos directamente en las unidades de medida correspondientes, utilizando factores de conversión a metros cúbicos actualizados a lo largo de la serie temporal.

Con respecto a los factores de emisión, la nueva desagregación disponible en los datos de actividad permitió seleccionar valores más específicos según las regiones o las especies de origen, ya sean estos por defecto o específicos del país. Además, siguiendo las recomendaciones de revisiones anteriores, se utilizó, según disponibilidad, el cálculo del promedio ponderado como herramienta para obtener factores de emisión más ajustados. En la Tabla 6-18 se puede observar cómo los valores fluctúan en comparación con el reporte anterior.

Tabla 6-18.

Tierras forestales: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI CCN	-14.918,0	-14.349,3	-14.854,2	-25.127,4	-19.819,2	-20.513,2	-17.774,3		
INGEI 1BTR	-19.993,1	-19.256,1	-25.288,0	-21.614,8	-22.355,6	-21.319,2	-23.034,0	-23.031,7	-21.521,5
Diferencia	5.075,1	4.906,8	10.433,8	-3.512,6	2.536,4	805,9	5.259,7		
Diferencia %	34,0%	34,2%	70,2%	-14,0%	12,8%	3,9%	29,6%		
Efecto en total neto %	34,0%	34,2%	70,2%	14,0%	12,8%	3,9%	29,6%		

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.4.7. Mejoras planificadas para la categoría

Es fundamental destacar las siguientes oportunidades de mejora identificadas para la estimación de esta categoría. Dado que se trata de una categoría principal, se priorizará su abordaje en el próximo ciclo para el sector UTCUTS:

1. Desarrollo de un sistema de compilación de datos: El INFONA, como entidad compiladora del sector desde el año 2023, se propone desarrollar un sistema que garantice la recopilación de datos de actividad y otros parámetros. Este sistema buscará asegurar la coherencia y una desagregación lo más específica posible de los datos, lo que impactará directamente en la precisión de las estimaciones.
2. Coherencia en los datos de mapas: Es esencial asegurar la coherencia entre los datos provenientes de los mapas de cobertura forestal y de usos de la tierra a lo largo de toda la serie temporal. Esto permitirá una comparación más efectiva y precisa entre diferentes periodos y categorías.

3. Desagregación del uso de la tierra: Para futuros informes, se planea implementar una mejora en la desagregación de los datos relacionados con el uso de la tierra que existía antes de la implementación de las plantaciones forestales. Esto permitirá obtener estimaciones más precisas y detalladas sobre los cambios en el uso de la tierra, lo que contribuirá a una mejor comprensión del impacto de las plantaciones en el ecosistema y en la dinámica del carbono.
4. Estimaciones de depósitos de MOM y carbono del suelo: Se debe abordar la estimación de los depósitos de materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo para la subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales*, con el fin de mejorar la comprensión de las dinámicas de carbono en estos ecosistemas.
5. Revisión del origen de la madera combustible: Es importante revisar el origen de la madera combustible, especialmente en el caso del carbón, ya que puede provenir de biomasa que ha experimentado un cambio en el uso de la tierra (de tierras forestales a otros usos). Esta situación podría estar generando una sobreestimación de las emisiones asociadas.
6. Ajuste de los turnos de corta: Recopilar información necesaria para el ajuste de los supuestos de turnos de corta de las plantaciones forestales.
7. Aplicación de la edad de los bosques: Realizar los esfuerzos necesarios para clasificar los bosques por rangos de edad, con el objetivo de asignar las tasas de crecimiento correspondientes de manera precisa.

Además, se identifican las siguientes oportunidades de mejora que se pretende abordar según las capacidades del país:

8. Estimación de emisiones no-CO₂: Se buscará estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO₂ debido a perturbaciones, específicamente aquellas causadas por incendios forestales. Para ello, se pretende generar mapas coherentes con las definiciones utilizadas, que permitan abarcar toda la serie temporal.
9. Información sobre otros tipos de perturbaciones: Se debe obtener información adicional sobre otros tipos de perturbaciones para poder incluirlas en las estimaciones. Esto contribuirá a una evaluación más completa y precisa de las emisiones en la categoría.

6.5. Tierras de cultivo (CRT 4.B)

6.5.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En esta categoría se estiman las emisiones y absorciones CO₂ debidas a cambios en la biomasa, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo. Estas se clasifican en dos subcategorías: *tierras de cultivo que permanecen como tales* y *tierras convertidas en tierras de cultivo (tierras forestales convertidas en tierras de cultivo)*.

En la subcategoría de *tierras de cultivo que permanecen como tales*, se estimaron los depósitos de biomasa y carbono del suelo, asumiendo que la materia orgánica muerta se encuentra en equilibrio, dado que no se dispone de valores específicos para su estimación. Por otro lado, para las *tierras*

convertidas en tierras de cultivo, se estiman los tres depósitos: biomasa, materia orgánica muerta y carbono del suelo, lo que refleja los cambios provocados por la conversión de uso de la tierra.

La categoría de *tierras de cultivo* abarca todos los terrenos arables y laborables, incluyendo tanto cultivos anuales como perennes. Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), los cultivos anuales comprenden: ajo, algodón, arroz con riego, arroz de secano, arveja, batata, caña de azúcar, canola, cebolla, frutilla, girasol, habilla, ka'a he'e, locote, maíz, mandioca, maní, menta, papa, poroto, sésamo, soja, sorgo, tabaco, tártago, tomate, trigo y zanahoria. Y los cultivos perennes incluyen: banano, limón, mandarina, naranja dulce, naranja agria, pomelo, piña, vid, café, tung y yerba mate.

Uno de los principales cultivos del país es la soja. Según el INFONA (2023), en la Región Oriental, que es la principal zona agrícola de Paraguay, se registró una superficie total de 2.978.795,3 hectáreas de soja en el año 2022. Esto representa el 18,7 % de la superficie total de la región, siendo el 87 % de esta área concentrada en los departamentos de Alto Paraná, Canindeyú, Itapúa, San Pedro y Caaguazú. Estos valores reflejan una variación mínima del 1,1 % en comparación con los datos del Censo Agropecuario Nacional (CAN) 2022.

El cultivo de soja, junto con otras oleaginosas y cereales como la canola, el girasol, el trigo y el maíz, se caracteriza por el uso extendido del sistema de siembra directa, también conocido como labranza cero. Esta práctica, implementada desde los inicios de la década de 1990, consiste en sembrar cultivos directamente en el suelo sin realizar labranza previa. Esta técnica no solo ayuda a conservar la humedad del suelo y reduce la erosión, sino que también tiene un impacto positivo en los depósitos de carbono.

En 2021, el balance de CO₂ contabilizó -731,2 kt CO₂, representando en términos absolutos, 1,5 % del total de emisiones netas. Esta categoría comenzó como una fuente neta de CO₂, pero se transforma en sumidero a medida que avanza la serie temporal. En comparación con el año 1990, se observa una disminución notable de aproximadamente el 5.026,7%, pasando de ser una fuente a un sumidero. De manera similar, en relación con el año 2019, se registra una disminución de alrededor del 2.439,6 %.

En este último año del Inventario, las absorciones netas se distribuyen de la siguiente manera: - 6.897,7 kt CO₂ de absorciones para las *tierras de cultivo que permanecen como tales*, y un total de 6.166,4 kt CO₂ de emisiones para las *tierras convertidas en tierras de cultivo*. En términos porcentuales y valores absolutos, estas cifras corresponden a 52,8 % y 47,2 % de la categoría, respectivamente (ver Tabla 6-19, Figura 6-17). En el Anexo VI se puede observar toda la serie temporal.

La subcategoría de *tierras de cultivo que permanecen como tales* ha actuado como un sumidero de carbono en casi toda la serie temporal, excepto en los años 2006 y 2007. En comparación con el año base, se ha observado un aumento del 87,8 % en su capacidad como sumidero, y un incremento del 28,0 % respecto al año 2019. Por otro lado, la subcategoría de *tierras convertidas en tierras de cultivo* ha funcionado como una fuente de CO₂ durante toda la serie temporal, registrando una disminución significativa del 497,8 % en relación con 1990 y del 258,0 % en comparación con el último año del reporte anterior.

Tabla 6-19.

Tierras de cultivo: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂)

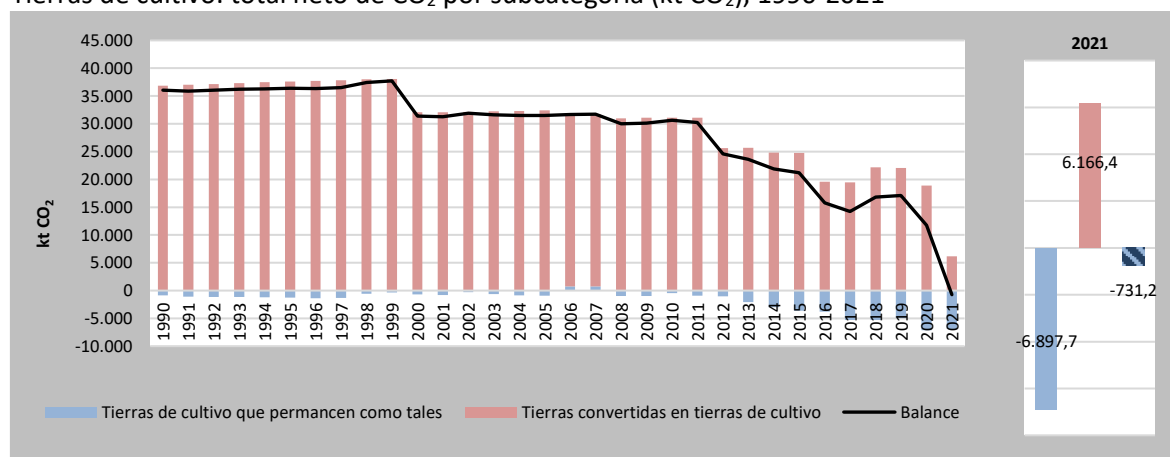
Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	-838,2	-1.239,5	-675,1	-899,6	-457,1	-3.612,6	-4.969,7	-7.132,1	-6.897,7
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	36.864,6	37.611,5	32.066,1	32.399,4	31.094,9	24.788,1	22.077,7	18.889,1	6.166,4
Total neto	36.026,4	36.372,1	31.391,0	31.499,9	30.637,8	21.175,4	17.107,9	11.757,0	-731,2

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA)

La categoría de *tierras de cultivo* muestra una tendencia hacia la disminución de las fuentes de carbono y el aumento de los sumideros. Uno de los principales factores que contribuyen a la reducción de las emisiones es la promulgación de la normativa conocida como Ley de Deforestación Cero en la Región Oriental a finales del año 2004, lo que ha generado una transformación significativa en la dinámica del cambio de uso de la tierra. Por otro lado, el incremento de las absorciones de carbono se debe al aumento de las superficies cultivadas mediante el sistema de siembra directa, que, después de 20 años, comienzan a ser contabilizadas como tierras que permanecen como tales.

Figura 6-17.

Tierras de cultivo: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA)

Como se mencionó anteriormente, no se dispone de datos representativos para toda la serie temporal en relación con las perturbaciones, específicamente los incendios. Por esta razón, no se han estimado otros GEI.

Tierras de cultivo que permanecen como tales

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, esta subcategoría corresponde a *tierras de cultivo* que no han sufrido ninguna conversión en su uso durante un período mínimo de 20 años, considerado como el período por defecto. En el contexto nacional, se adopta la definición de tierras de cultivo detallada en el punto 6.2.1, y se incluye a 28 cultivos anuales y 12 cultivos perennes, clasificados según el sistema de cultivo.

La cantidad de carbono almacenado en las tierras de cultivo permanentes, así como el carbono emitido o absorbido, depende de varios factores: el tipo de cultivo, las prácticas de gestión, así como las características del suelo y el clima. Los cultivos anuales se cosechan cada año, por lo que no se

produce un almacenamiento a largo plazo de carbono en la biomasa. En contraste, la vegetación leñosa perenne de los huertos, las viñas y los sistemas agroforestales puede resultar en depósitos significativos de carbono en biomasa de larga duración.

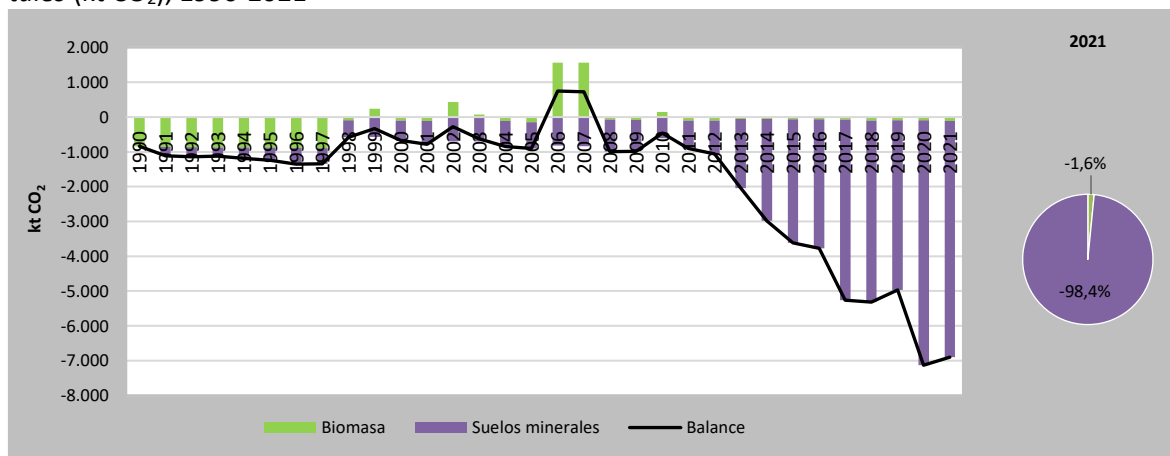
La cantidad de carbono almacenado depende del tipo de especies y cultivos, la densidad, las tasas de crecimiento, y las prácticas de cosecha y poda. Además, las existencias de carbono en el suelo pueden ser considerables, y los cambios en estas existencias pueden ocurrir junto con modificaciones en las propiedades del suelo y las prácticas de gestión, incluyendo el tipo y rotación de cultivos, labranza, drenaje, y la gestión de desechos y enmiendas orgánicas.

En esta subcategoría, se presentan los cambios en las existencias de carbono del depósito de biomasa para los cultivos perennes, y del depósito de suelos. Con respecto a la materia orgánica muerta, se asume que el carbono permanece en equilibrio, conforme a lo establecido en el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Según el análisis de categorías principales, esta categoría ha sido identificada como principal en nivel y tendencia. En 2021, las absorciones de la subcategoría contabilizaron un total de -6.897,7 kt CO₂, 52,8 % de la categoría. Este valor se obtiene de la suma de las absorciones del depósito de biomasa, correspondiente a cultivos perennes, que alcanzó -107,6 kt CO₂, representando aproximadamente el 1,6 % del total, y del depósito de suelos minerales, relacionado con cultivos anuales, que equivale a -6.790,1 kt CO₂, lo que representa el 98,4 %. En comparación con 1990, la subcategoría ha aumentado su capacidad como sumidero en un 87,8 %, y en relación con 2019, ha experimentado un incremento del 28,0 % (ver Figura 6-18).

Figura 6-18.

Tierras de cultivo: cambios en las existencias de carbono en *tierras de cultivo que permanecen como tales* (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

El gráfico revela una tendencia general hacia el incremento de las absorciones de carbono en las *tierras de cultivo que permanecen como tales*, evidenciada por un balance predominantemente negativo a lo largo de la serie temporal, lo que indica su función como sumideros de carbono. No obstante, se observan picos de emisiones en los depósitos de biomasa alrededor del año 2006, lo que podría atribuirse a una disminución en las superficies de cultivos perennes leñosos, así como al hecho de que los cultivos han alcanzado su estado de madurez.

La representación de los suelos minerales destaca su impacto significativo en el total de carbono almacenado, y está estrechamente relacionada con la gestión del suelo y las prácticas de cultivo, en particular la siembra directa. El notable aumento en las absorciones para este depósito en el año 2020 se debe a que, para ese año, superficies significativas de soja superaron los 20 años de transición y comenzaron a ser contabilizadas en esta subcategoría.

De manera similar a lo que ocurre con las subcategorías de *tierras forestales*, no ha sido posible incluir información específica sobre perturbaciones por fuego debido a la falta de datos coherentes a lo largo de toda la serie temporal. De igual manera, la práctica de quema en cultivos ya no es muy usual en el país.

Tierras convertidas en tierras de cultivo

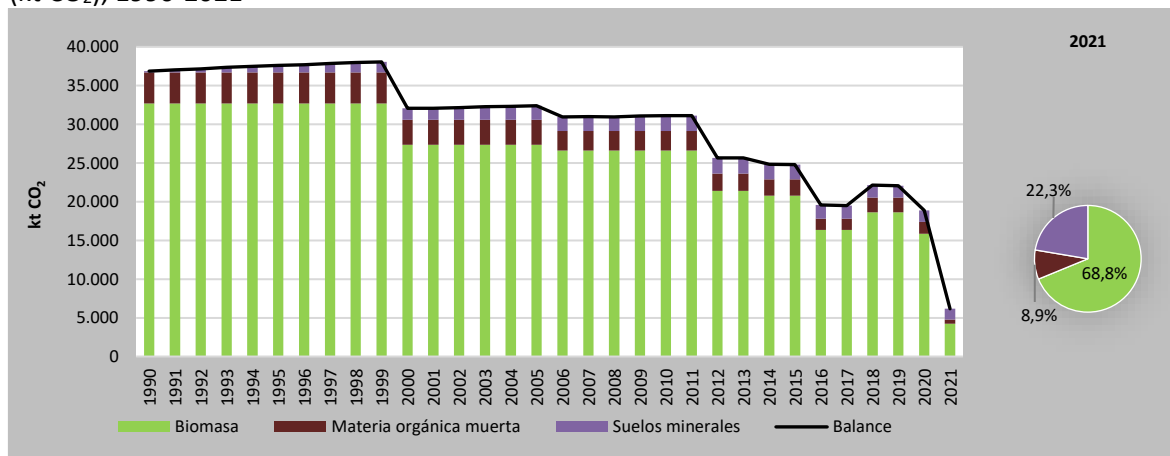
Según las *Directrices del IPCC de 2006*, la categoría de *tierras convertidas en tierras de cultivo* se refiere a la conversión de tierras no cultivadas a tierras de cultivo. Este tipo de cambio es cada vez más común, ya que los cultivos son fundamentales para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos y fibras. Se establece que estas tierras permanecen en un período de transición durante 20 años, lo que implica que los efectos de la conversión en el ecosistema se evalúan a lo largo de este tiempo.

En el contexto nacional, se consideran exclusivamente los cambios de *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*. Estas conversiones de uso de la tierra a menudo resultan en una pérdida significativa de carbono en los diversos depósitos de carbono. Aunque la metodología empleada permite la estimación de GEI como el metano y el óxido nitroso, así como otros contaminantes como CO y NOx, en este informe se han estimado únicamente los cambios anuales en las existencias de C en los depósitos de biomasa, materia orgánica muerta y carbono del suelo, enfocándose así en el CO₂.

Según el análisis de categorías principales, esta categoría ha sido identificada como principal en nivel y tendencia. En 2021, la subcategoría *tierras convertidas en tierras de cultivo* registró una emisión total de 6.166,4 kt CO₂, lo que representa el 47,2 % de la categoría. Esta cifra se desglosa en 4.241,6 kt CO₂ del depósito de biomasa, 546,9 kt CO₂ del depósito de materia orgánica muerta y 1.377,9 kt CO₂ de los suelos minerales, que corresponden al 68,8 %, 8,9 % y 22,3 % respectivamente. En comparación con 1990, la subcategoría ha experimentado una disminución del 497,8 %, y en relación con 2019, ha disminuido un 258,0 % (ver Figura 6-19).

Figura 6-19.

Tierras de cultivo: cambios en las existencias de carbono en *tierras convertidas en tierras de cultivo* (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

El gráfico muestra una tendencia general hacia la disminución de las emisiones en la subcategoría de *tierras convertidas en tierras de cultivo*, lo que sugiere que cada vez hay menos superficies transformadas a este tipo de uso. Esta disminución se observa especialmente en el BHRO, donde existen legislaciones que regulan el cambio de uso del bosque nativo a este tipo de uso, y que, además, son los bosques con el mayor contenido de carbono. Los saltos significativos entre los años, como del 1999-2000, 2005-2006, 2011-2012, 2015-2016, 2017-2018, 2019-2020 y, finalmente, el más pronunciado en 2021, evidencian de manera notable los períodos de los mapas de cobertura y cambio de uso de la tierra.

La disminución de emisiones en 2021 se atribuye principalmente a la mejora en la clasificación de los usos de la tierra al momento de generar los mapas. Como se explicó en el apartado 6.2.1, la categoría de *tierras de cultivo* también incluye áreas con actividades ganaderas que no pudieron ser desagregadas previamente. Sin embargo, el mapa correspondiente a este año muestra mejoras en este aspecto, lo que reduce la presión sobre las tierras de cultivo y permite una mejor representación de las superficies afectadas.

6.5.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO₂ en la categoría de *tierras de cultivo*, se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para las *tierras de cultivo que permanecen como tales*. Para las *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*, se utilizó una combinación de los métodos de Nivel 1 y Nivel 2. Los cálculos se basaron en valores de biomasa, así como en existencias de madera y hojarasca provenientes del Inventario Forestal Nacional de 2015, además de otros valores por defecto. En la Tabla 6-20 se presentan los métodos aplicados por subcategoría.

Tabla 6-20.

Tierras de cultivo: métodos aplicados por subcategoría para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.B.	Tierras de cultivo	T1, T2, NO	D, CS, NO
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	T1	D
4.B.2.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	T2, NO	D, CS, NO
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	T2	D, CS
4.B.2.b.	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO
4.B.2.c.	Humedales convertidos en tierras de cultivo	NO	NO
4.B.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	NO	NO
4.B.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1; T2= Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NE = No estimada.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La estimación de emisiones y absorciones C en la categoría de *tierras de cultivo* se llevó a cabo mediante el Método de pérdidas y ganancias de biomasa establecido en las *Directrices del IPCC de 2006*, tal como se detalla en el apartado 6.1.3. Este método consiste en calcular el cambio anual en las existencias de carbono como la diferencia entre el incremento anual de C y la reducción anual debida a las pérdidas de C (ver Ecuación 6-3). Posteriormente, se realizó la sumatoria de todos los depósitos estimados (ver Ecuación 6-2).

Para la estimación de la biomasa en las *tierras de cultivo que permanecen como tales*, se empleó la Ecuación 6-9. En este cálculo, se utilizó la superficie de cultivos perennes para determinar la acumulación neta de biomasa, considerando el balance entre el crecimiento y la pérdida de carbono en el depósito.

Ecuación 6-9.

Tierras de cultivo: Cambios en las existencias de carbono en la biomasa para tierras que permanecen en la misma categoría de uso.

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias anuales de carbono de la biomasa, ton C año⁻¹

ΔC_G = ganancia anual de carbono debido al crecimiento de la biomasa, ton C año⁻¹

ΔC_L = pérdida anual de carbono debida a la pérdida de biomasa, ton C año⁻¹

Fuente: adaptación Ecuación 2.7; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Por otro lado, para la estimación del depósito de suelos, se empleó la Ecuación 6-8, también utilizada en la categoría de *tierras forestales*.

Para la subcategoría de *tierras convertidas en tierras de cultivo*, específicamente de *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*, se emplearon las ecuaciones 6-10 y 6-11 para la estimación del depósito de biomasa.

Ecuación 6-10.

Tierras de cultivo: Cambios en las existencias de carbono en la biomasa para tierras convertidas a otras categorías de uso.

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

ΔC_G = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

ΔC_L = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

Fuente: adaptación Ecuación 2.15; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación 6-11.

Tierras de cultivo: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa para tierras convertidas a otras categorías de uso.

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \{(B_{DESPUÉS} - B_{ANTES}) * A_{OTRAS}\} * CF$$

Donde:

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

$B_{DESPUÉS}$ = existencias de biomasa en el tipo de tierra inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

B_{ANTES} = existencias de biomasa en el tipo de tierra antes de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

A_{OTRAS} = superficie de uso de la tierra convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

Fuente: adaptación Ecuación 2.16; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

En el depósito de biomasa, para el Nivel 1, se asume que las existencias de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión son equivalentes a cero, dado que la tierra se despoja de toda la vegetación antes de la plantación de los cultivos. En contraste, para el Nivel 2, se cumple con la premisa de contar con valores específicos de existencias de carbono antes de la conversión, desagregados por escalas geográficas, que incluyen los estratos de bosque nativo y palmar, así como datos de actividad.

Para el depósito de materia orgánica muerta se emplea la Ecuación 6-7, presentada en el apartado de *tierras forestales*, considerando que toda la materia orgánica muerta es emitida en el año de la conversión. Finalmente, para el depósito de suelos se emplea nuevamente la Ecuación 6-8.

6.5.2.1. Datos de actividad específicos de la categoría

La representación de las tierras mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra generadas a partir de los mapas desarrollados por el INFONA, como se explica en la sección 6.3, constituye la base para obtener los datos de actividad necesarios para la estimación de la presente categoría. En esa sección también se detalla el proceso de relleno de datos para cada uno de los años de la serie temporal.

Además de los datos geospaciales provenientes de mapas, la categoría de *tierras de cultivo* también emplea datos de actividad provenientes de fuentes tabulares, es decir, tablas y planillas de registros de datos. En el Anexo V.IV.V se presentan las superficies de cultivos y los porcentajes de siembra directa de los cultivos obtenidos.

Tierras de cultivo que permanecen como tales

Los valores de las superficies de cultivos perennes y anuales, obtenidos de los registros estadísticos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se utilizaron para estimar las *tierras de cultivo que permanecen como tales*. A diferencia de la categoría anterior, no se emplean los datos derivados de los mapas, ya que esta información geoespacial no especifica el tipo de cultivo existente. Para evitar la doble contabilidad, se excluyeron de las estimaciones las superficies de tierras de cultivo estables provenientes de fuentes geospaciales.

Para la estimación del crecimiento y la pérdida anual de existencias de carbono en el depósito de biomasa, se consideraron las superficies de cultivos perennes leñosos. Estos datos corresponden a 11 cultivos, clasificados de la siguiente manera: frutales como banano, limón, mandarina, naranja dulce, naranja agria, piña, pomelo y vid; y cultivos de plantaciones, como café, tung y yerba mate (ver Tabla 6-21). Es importante destacar que los datos no se encuentran discriminados entre las superficies con cultivos maduros y aquellas con cultivos en crecimiento. Por lo tanto, para llevar a cabo los cálculos de emisiones y absorciones de CO₂ en esta subcategoría, se asumieron una serie de supuestos:

- En 1990, se consideró que el 100 % de las superficies fue plantado ese año.
- Siguiendo lo estipulado en el Cuadro 5.1 del Capítulo 5 del Volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006*, se asume que cada 8 años los cultivos alcanzan el ciclo de cosecha y/o madurez. Esto implica que los cultivos acumulan biomasa durante un período finito hasta que son cosechados, o hasta que entran en un régimen permanente en el que no hay acumulación neta de carbono en la biomasa, debido a que las tasas de crecimiento se ralentizan y las ganancias por crecimiento son compensadas por las pérdidas ocasionadas por mortalidad natural, poda, entre otros. Por lo tanto, toda plantación, tras 8 años de cultivo, deja de absorber carbono.

En cuanto a la estimación del depósito de suelos, se consideraron las superficies de 28 cultivos anuales. De los cuales, según datos de CAPECO, solo 5 aplican el sistema de siembra directa, que son la soja, el girasol, el trigo, el maíz y la canola. Los demás 23 cultivos fueron considerados como sistemas de siembra convencional. Además, se tuvo en cuenta la transición de 20 años para ser tenidos en cuenta en la categoría, asumiendo que la superficie del año 1990 ya se constituía como tierra de cultivo que permanece (ver Tabla 6-21 y Figura 6-21).

Tabla 6-21.

Tierras de cultivo: superficie de cultivos por tipo y sistema de siembra (hectárea).

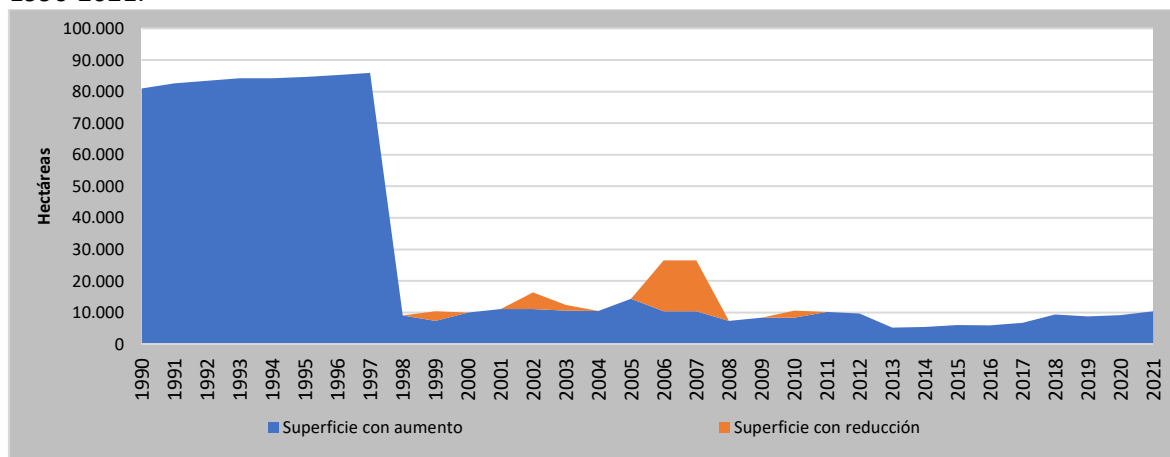
Año	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales			
	Cultivos perennes leñosos		Cultivos anuales	
	Superficie con aumento	Superficie con reducción	Siembra directa	Siembra convencional
1990	80.924,0	0,0	0,0	1.677.617,0
1991	82.637,0	0,0	411.850,7	1.265.766,3
1992	83.396,0	0,0	446.205,9	1.231.411,1
1993	84.165,0	0,0	404.016,3	1.273.600,7
1994	84.196,0	0,0	493.505,0	1.184.112,0
1995	84.623,0	0,0	576.460,1	1.101.156,9
1996	85.269,0	0,0	740.320,6	937.296,4
1997	85.925,0	0,0	723.655,1	953.961,9
1998	9.029,0	0,0	765.814,3	911.802,7
1999	7.316,0	3.035,0	904.730,0	772.887,0
2000	9.997,0	0,0	907.825,8	769.791,2
2001	11.072,0	0,0	1.063.428,0	614.189,0
2002	11.041,0	5.271,0	1.117.743,1	559.873,9
2003	10.614,0	1.744,0	1.110.177,9	567.439,1
2004	10.431,0	0,0	1.169.438,2	508.178,8
2005	14.375,0	0,0	1.192.365,4	485.251,6
2006	10.347,0	16.128,9	1.294.010,5	383.606,5
2007	10.347,0	16.128,9	1.323.733,9	353.883,1
2008	7.335,8	0,0	1.452.333,4	225.283,6
2009	8.308,7	0,0	1.420.159,1	257.457,9
2010	8.308,7	2.259,2	1.372.954,0	304.663,0
2011	10.171,9	0,0	1.343.722,0	370.492,0
2012	9.708,9	0,0	1.299.686,8	440.056,2
2013	5.249,9	0,0	1.339.581,7	569.274,3
2014	5.388,9	0,0	1.486.708,8	563.933,2
2015	5.977,8	0,0	1.583.441,8	573.853,2
2016	5.888,2	0,0	1.655.648,8	517.931,2
2017	6.720,3	0,0	1.875.440,3	516.427,7
2018	9.395,3	0,0	1.911.628,8	493.979,2
2019	8.776,0	0,0	1.906.653,2	446.029,8
2020	9.121,0	0,0	2.195.063,7	487.245,1
2021	10.389,0	0,0	2.284.966,7	354.457,9

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en los datos de MAG y CAPECO.

En la Figura 6-20 se presenta el balance de cambios en las existencias de C de biomasa para los cultivos perennes leñosos. Se puede observar claramente el comportamiento de la tendencia, que refleja los supuestos mencionados anteriormente. La reducción significativa que ocurre entre los años 1997 y 1998 coincide con el ciclo de cosecha y madurez, ya que, tras 8 años, las plantaciones de cultivos dejan de absorber carbono.

Figura 6-20.

Tierras de cultivo: superficies de cultivos perennes leñosos con cambios en las existencias de carbono en el depósito de biomasa de las *tierras de cultivo que permanecen como tales* (hectárea), 1990-2021.

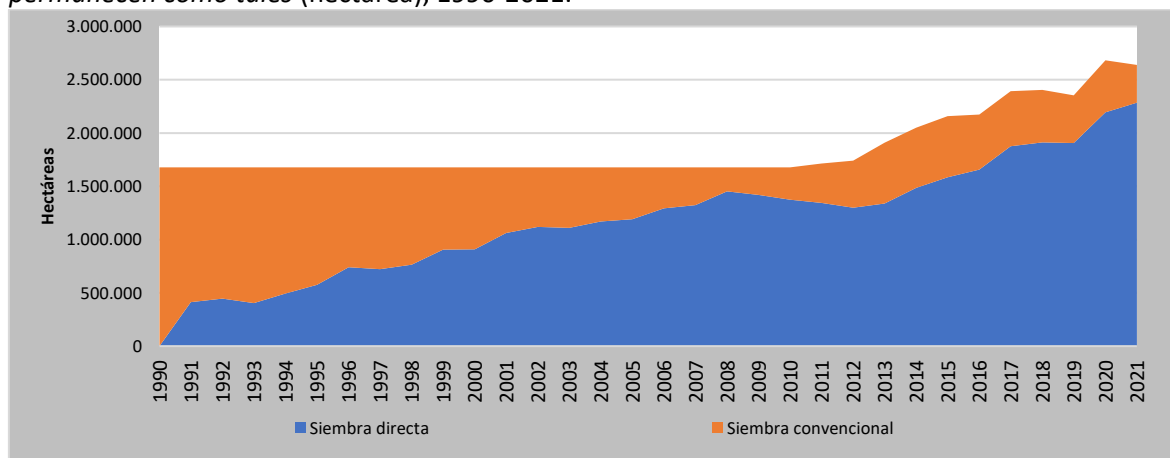


Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en los datos de MAG.

El gráfico 6-21 presenta la evolución de las superficies de cultivos desglosadas por el sistema de siembra utilizado. Se observa un crecimiento notable en las superficies cultivadas mediante el sistema de siembra directa, que ha experimentado un aumento constante a lo largo de los años, convirtiéndose en la técnica predominante en la región. Este incremento resalta la adopción creciente de prácticas agrícolas sostenibles. En contraste, las superficies cultivadas con siembra convencional muestran una tendencia más limitada.

Figura 6-21.

Tierras de cultivo: superficies de cultivos por sistema de siembra en las *tierras de cultivo que permanecen como tales* (hectárea), 1990-2021.



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en los datos de MAG y CAPECO.

Tierras convertidas en tierras de cultivo

Para las *tierras convertidas en tierras de cultivo*, específicamente *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*, para el depósito de biomasa y materia orgánica muerta se utilizaron las superficies de cambio de uso de la tierra obtenidos mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra generadas a partir de los mapas desarrollados por el INFONA, más información al respecto se encuentra en la sección 6.3.

Como se indicó previamente, los mapas presentan datos distribuidos en los cuatro estratos del bosque nativo y el estrato palmar (ver Tabla 6-22). Los cambios identificados en los mapas, que muestran la conversión de tierras forestales a tierras de cultivo en el estrato de bosque seco chaqueño (BSCH), se consideran en la categoría de *pastizales*, dicha explicación se presenta en el apartado correspondiente.

Tabla 6-4.

Tierras de cultivo: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo* (hectáreas).

Año	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo				
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1990	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1991	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1992	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1993	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1994	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1995	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1996	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1997	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1998	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
1999	0,0	20.788,8	384,6	121.864,1	2.015,4
2000	0,0	22.971,9	1.295,1	94.729,2	0,0
2001	0,0	22.971,9	1.295,1	94.729,2	0,0
2002	0,0	22.971,9	1.295,1	94.729,2	0,0
2003	0,0	22.971,9	1.295,1	94.729,2	0,0
2004	0,0	22.971,9	1.295,1	94.729,2	0,0
2005	0,0	22.971,9	1.295,1	94.729,2	0,0
2006	0,0	61.492,0	1.477,0	45.526,3	0,0
2007	0,0	61.492,0	1.477,0	45.526,3	0,0
2008	0,0	61.492,0	1.477,0	45.526,3	0,0
2009	0,0	61.492,0	1.477,0	45.526,3	0,0
2010	0,0	61.492,0	1.477,0	45.526,3	0,0
2011	0,0	61.492,0	1.477,0	45.526,3	0,0
2012	0,0	35.797,5	2.263,6	51.563,1	286,2
2013	0,0	35.797,5	2.263,6	51.563,1	286,2
2014	0,0	37.377,2	1.168,9	47.936,6	480,3
2015	0,0	37.377,2	1.168,9	47.936,6	480,3
2016	0,0	43.771,9	664,2	21.093,8	0,0
2017	0,0	43.771,9	664,2	21.093,8	0,0
2018	0,0	34.591,3	2.132,7	40.743,9	0,0
2019	0,0	34.591,3	2.132,7	40.743,9	0,0
2020	0,0	33.865,4	1.623,4	29.591,0	0,0
2021	0,0	665,8	700,5	17.531,8	247,0

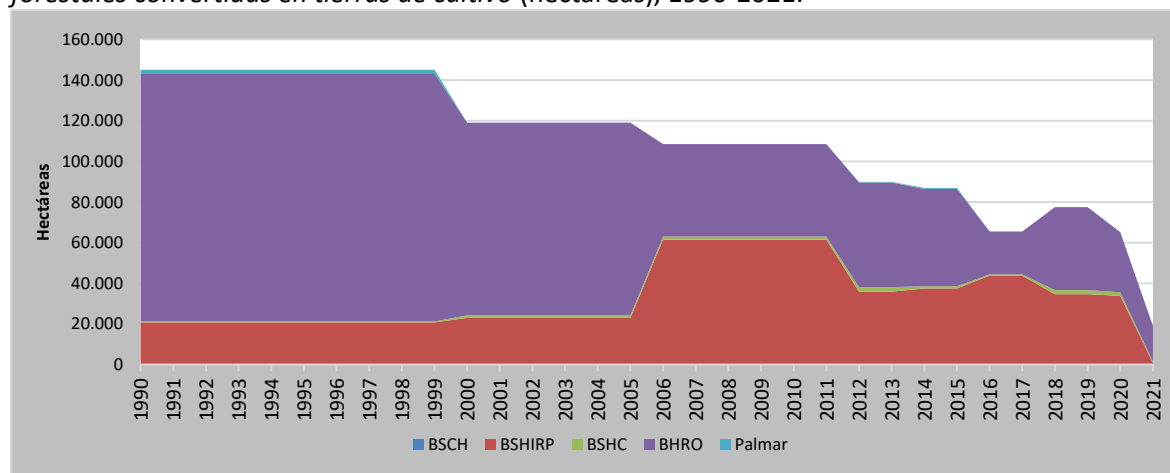
Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La Figura 6-22 ilustra la superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*. Como se mencionó anteriormente, la promulgación de la legislación que prohíbe la deforestación para actividades agropecuarias en la

Región Oriental a partir de 2005 generó cambios significativos en la dinámica de las transformaciones.

Figura 6-22.

Tierras de cultivo: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo* (hectáreas), 1990-2021.



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

En los primeros años, la mayor parte de la transformación se daba en el estrato del bosque húmedo de la Región Oriental (BHRO), pero esta tendencia ha ido en disminución con el tiempo. En el 2005, se observa un aumento en el estrato de bosque subhúmedo inundable del Río Paraguay (BSHIRP), que también abarca superficies en la Región Occidental, donde el cambio de uso de la tierra en bosques nativos está permitido y regulado. Además, se evidencian saltos en los datos correspondientes a los períodos de los mapas, lo que refleja las fluctuaciones en la conversión de estos estratos a lo largo de los años.

Para el depósito de suelos, se utilizaron los mismos datos de cambio de uso de la tierra, aplicando al valor total de superficies el periodo de transición de 20 años y luego multiplicándolos por los porcentajes anuales de los sistemas de siembra directa y convencional (ver Tabla 6-23).

Tabla 6-23.

Tierras de cultivo: superficie de cambio de uso de la tierra por sistema de siembra para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo* (hectáreas)

Año	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	
	Siembra directa	Siembra convencional
1990	0,0	145.052,8
1991	71.220,2	218.885,5
1992	115.741,7	319.416,8
1993	139.730,8	440.480,6
1994	213.351,2	511.913,1
1995	299.057,0	571.260,1
1996	448.075,6	567.294,3
1997	500.558,8	659.864,0
1998	595.935,8	709.539,9
1999	782.262,3	668.266,1
2000	849.332,7	720.192,0
2001	1.070.340,0	618.181,0
2002	1.204.291,5	603.225,7
2003	1.274.887,3	651.626,2
2004	1.425.890,0	619.619,7
2005	1.538.421,4	626.084,6
2006	1.753.253,3	519.748,0
2007	1.879.134,4	502.362,2
2008	2.155.616,2	334.375,7
2009	2.199.706,6	398.780,6
2010	2.096.671,4	465.258,2
2011	1.979.565,0	545.807,1
2012	1.845.401,7	624.827,9
2013	1.694.840,5	720.246,6
2014	1.708.815,2	648.181,9
2015	1.687.384,1	611.522,9
2016	1.690.538,4	528.845,6
2017	1.677.844,0	462.016,9
2018	1.646.744,7	425.531,1
2019	1.624.634,5	380.056,2
2020	1.596.413,4	354.360,8
2021	1.602.355,9	248.567,1

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en los datos de INFONA, MAG y CAPECO.

6.5.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y los datos paramétricos utilizados en la categoría de *tierras de cultivo* para las estimaciones de emisiones y absorciones de CO₂ provienen de diversas fuentes. Estos incluyen los valores por defecto establecidos en las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*, así como datos específicos a nivel nacional. A continuación, se procederá a explicar cada uno de estos elementos por subcategoría.

Tierras de cultivo que permanecen como tales

Para el depósito de biomasa se consideraron las tasas anuales de acumulación y pérdida de C en la biomasa.

- Tasa de acumulación anual de existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa (G) y Tasa de reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa (L): Los valores utilizados corresponden a un promedio aritmético entre los factores correspondientes al sistema agroforestal multiestrato y al cultivo perenne bajo sombra,

específicamente para la región climática tropical. Estos factores han sido propuestos por el *Refinamiento de 2019*, tal como se detalla en el Cuadro 5.1.

Para el depósito de suelos se consideraron el contenido de carbono y los factores de ajuste correspondientes.

- Referencia de existencias de C (SOC_{REF}): Los valores de C en el suelo utilizados para los cultivos anuales desagregados por sistema de siembra (convencional o directa) se basaron en datos ponderados a partir de valores de superficie del "Mapa de Regiones Climáticas del Paraguay", que fue desarrollado para reportes anteriores, y los valores por defecto del Cuadro 2.3 del *Refinamiento de 2019*, realizando un cruce entre los tipos de suelos y las regiones climáticas. El mismo valor fue utilizado al inicio del inventario y al último año.
- Factores de cambio de existencia de carbono en el suelo (F_{LU} , F_{MG} , F_I): Los factores de ajuste se determinaron de acuerdo con el Cuadro 5.5 del *Refinamiento de 2019*, aplicados al clima tropical húmedo y a los sistemas de siembra utilizados en el país. Para los cultivos bajo el sistema de siembra directa, se consideraron los valores correspondientes a "no labranza", mientras que, para los cultivos de siembra convencional, se aplicaron los valores de "labranza completa".

En la Tabla 6-24 se especifican los valores de los distintos factores de emisión utilizados.

Tabla 6-24.

Tierras de cultivo: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de CO_2 .

4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales		
Fuente o sumidero de GEI	Valor	Unidad
Depósito: biomasa		
Tasa de acumulación anual de existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa	2,8	ton C ha ⁻¹ año ⁻¹
Tasa de reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa	28,3	ton C ha ⁻¹ año ⁻¹
Depósito: suelos minerales		
Referencia de existencias de C	41,4	ton C ha ⁻¹
Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra	0,8	-
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión sin labranza (siembra directa)	1,1	-
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión labranza completa (siembra completa)	1,0	-
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	1,0	-

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA)

Tierras convertidas en tierras de cultivo

Para la presente subcategoría se consideraron los siguientes factores:

- Existencias de C en la biomasa antes de la conversión (B_{ANTES}): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la biomasa de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y provienen del Inventario Forestal Nacional de 2015. Estos valores se aplican a cada uno de los cinco estratos nativos citados anteriormente.
- Existencias de C en la madera muerta/hojarasca bajo la categoría anterior de uso (C_0): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la madera muerta y hojarasca de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y

proviene del Inventario Forestal Nacional de 2015. Para las existencias de carbono bajo la nueva categoría de uso, se consideró el valor por defecto de cero.

- Referencia de existencias de C (SOC_{REF}): Los valores de C en el suelo utilizados para los cultivos anuales desagregados por sistema de siembra (convencional o directa) se basaron en datos ponderados a partir de valores de superficie del "Mapa de Regiones Climáticas del Paraguay", que fue desarrollado para reportes anteriores, y los valores por defecto del Cuadro 2.3 del *Refinamiento de 2019*, realizando un cruce entre los tipos de suelos y las regiones climáticas. El mismo valor fue utilizado al inicio del inventario y al último año.
- Factores de cambio de existencia de carbono en el suelo (F_{LU} , F_{MG} , F_I): Los factores de ajuste se determinaron de acuerdo con el Cuadro 5.5 del *Refinamiento de 2019*, aplicados al clima tropical húmedo y a los sistemas de siembra utilizados en el país. Para los cultivos bajo el sistema de siembra directa, se consideraron los valores correspondientes a "no labranza", mientras que, para los cultivos de siembra convencional, se aplicaron los valores de "labranza completa". Para los factores de cambio de existencias al inicio del periodo del inventario se consideraron los valores del cuadro 5.10 del *Refinamiento de 2019*.

En la Tabla 6-25 se especifican los valores de los distintos factores de emisión utilizados.

Tabla 6-25.

Tierras de cultivo: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de CO_2 .

4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo		
Fuente o sumidero de GEI	Valor	Unidad
Depósito: biomasa		
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSCH	38,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHRP	71,8	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHC	65,1	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BHRO	60,4	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión Estrato Palmar	18,0	ton C ha ⁻¹
Depósito: materia orgánica muerta		
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSCH	1,7	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSHRP	4,0	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSHC	4,3	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BHRO	4,7	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso Estrato Palmar	0,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSCH	2,4	ton C ha ⁻²
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSHRP	1,0	ton C ha ⁻³
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSHC	2,0	ton C ha ⁻⁴
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BHRO	3,4	ton C ha ⁻⁵
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso Estrato Palmar	0,7	ton C ha ⁻⁶
Depósito: suelos minerales		
Referencia de existencias de C	41,4	ton C ha ⁻¹
Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra	0,8	-
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión sin labranza (siembra directa)	1,1	-
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión labranza completa (siembra completa)	1,0	-
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica	1,0	-
Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra al inicio del periodo del Inventario	1,0	-
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión al inicio del periodo del Inventario	1,0	-
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica al inicio del periodo del Inventario	1,0	-

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.5.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Paraguay aplica flexibilidades a dos disposiciones de las MPGs, las cuales son las siguientes:

- **Evaluación de la Incertidumbre:** En el párrafo 29 se establece que las partes deben estimar cuantitativa y cualitativamente la incertidumbre de las estimaciones para todas las categorías. Paraguay, al no contar con datos sobre incertidumbre y enfrentar algunas brechas en la metodología, presentará una discusión cualitativa sobre la incertidumbre para las categorías principales.
Paraguay buscará superar esta brecha en el próximo reporte, mediante la conformación de un equipo estadístico y generando espacios para el desarrollo de capacidades en materia de incertidumbre para los compiladores y generadores de datos.
- **Año de Reporte:** El párrafo 58 indica que el año de reporte más reciente no debe ser más de dos años anterior a la presentación del informe. Paraguay presentará el informe para la serie temporal 1990-2021, es decir, tres años antes de la presentación, debido a que no se cuenta con datos de actividad actualizados hasta 2022 para todas las categorías del INGEI. Paraguay, en la medida de sus capacidades, aunará esfuerzos para cumplir con lo dispuesto en las MPGs lo antes posible.

6.5.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Para las *tierras de cultivo*, las incertidumbres pueden estar relacionadas primeramente con los datos de actividad; por ejemplo, existen algunas dificultades al momento de clasificar las tierras de cultivo y las zonas de pastoreo, aunque el país ya está abordando este tema. Además, existe una fuerte dependencia entre los datos de actividad y la gestión que se le da al suelo; es importante mencionar que prácticas como la rotación de cultivos aún no se han podido incorporar al INGEI. Por otro lado, la utilización de factores de emisión y absorción, así como los valores por defecto del contenido de carbono en el suelo, pueden generar incertidumbres en las estimaciones.

6.5.5. AC/CC de la categoría

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el Control de Calidad (CC) consiste en un conjunto de actividades técnicas rutinarias diseñadas para evaluar y mantener la calidad del inventario durante su compilación. Esto incluye controles de exactitud en la adquisición de datos y cálculos, así como procedimientos normalizados para la estimación de emisiones y absorciones. Para implementar estos procedimientos, se utilizó una lista de verificación detallada disponible en el Anexo IV, lo que garantizó revisiones uniformes y exhaustivas.

Por otro lado, el Aseguramiento de la Calidad (AC) implica un sistema de revisión planificado, realizado por personal ajeno al proceso de compilación del inventario. Estas revisiones aseguran el cumplimiento de objetivos mensurables y que el inventario refleje las mejores estimaciones de emisiones y absorciones, de acuerdo con el conocimiento científico actual y la disponibilidad de datos. Además, se cuenta con un plan de mejora basado en las recomendaciones de dicho proceso, el cual también se presenta en el Anexo IV.

6.5.6. Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos se aplicaron a toda la serie temporal 1990-2021, abarcando específicamente los años recalculados del período 1990-2019. Estos ajustes se llevaron a cabo debido a la incorporación de nuevos datos de actividad en el Inventario. Para los años 1990-1999, se utilizó una nueva fuente de datos para las superficies de cambio de uso de la tierra, reemplazando el artículo científico de Huang *et al.* (2009) por el "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002", manteniendo la coherencia con los demás mapas.

Con respecto a los factores de emisión, siguiendo las recomendaciones de revisiones anteriores, se utilizó, según disponibilidad, el cálculo del promedio ponderado como herramienta para obtener factores de emisión más ajustados.

En la Tabla 6-26 se puede observar cómo los valores fluctúan en comparación con el reporte anterior, donde se observa una diferencia mayor al 10 % en los primeros años de la serie temporal, coincidiendo con el cambio de la fuente de datos de actividad. En los siguientes años la diferencia se reduce hasta casi un 2 %.

Tabla 6-26.

Tierras de cultivo: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI CCN	40.674,0	40.316,3	40.919,2	36.828,0	29.039,8	20.459,5	16.629,2		
INGEI 1BTR	36.026,4	36.372,1	31.391,0	31.499,9	30.637,8	21.175,4	17.107,9	11.757,0	-731,2
Diferencia	4.647,6	3.944,3	9.528,3	5.328,2	-1.598,0	-715,9	-478,8		
Diferencia %	-11,4%	-9,8%	-23,3%	-14,5%	5,5%	3,5%	2,9%		
Efecto en total neto %	11,4%	9,8%	23,3%	14,5%	5,5%	3,5%	2,9%		

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

6.5.7. Mejoras planificadas para la categoría

Es fundamental destacar las siguientes oportunidades de mejora identificadas para la estimación de esta categoría. Dado que se trata de una categoría principal, se priorizará su abordaje en el próximo ciclo para el sector UTCUTS:

1. Desarrollo de un sistema de compilación de datos: El INFONA, como entidad responsable de compilar datos del sector, tiene como objetivo desarrollar un sistema que garantice la recopilación eficiente de datos de actividad y otros parámetros. Este sistema buscará asegurar la coherencia y una desagregación lo más específica posible de los datos, lo que impactará directamente en la precisión de las estimaciones.
2. Recopilación de información sobre cultivos anuales y perennes anteriores a 1990: Se propone recabar datos de cultivos anteriores a este año para poder generar supuestos más consistentes con la realidad nacional.
3. Generación de valores de existencias de carbono en el suelo: Se pretende generar o estimar valores de existencias de carbono en el suelo de tierras de cultivo, adaptados a las condiciones del país.

Además, se identifican las siguientes oportunidades de mejora que se busca abordar según las capacidades del país:

4. Estimación de emisiones no-CO₂: Se buscará estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO₂, especialmente aquellas causadas por perturbaciones como incendios forestales. Para ello, se pretende generar mapas coherentes con las definiciones utilizadas, abarcando toda la serie temporal.
5. Coherencia y consistencia en la clasificación de uso de la tierra: Llevar a cabo un proceso de actualización de los mapas de uso de la tierra, asegurando que las clasificaciones sean coherentes y consistentes a lo largo de toda la serie temporal. Esto implica establecer estándares claros para la categorización de usos, así como métodos que garanticen la precisión y la consistencia de los datos.
6. Obtención de valores de biomasa específicos: Se buscará obtener valores específicos de biomasa para los distintos cultivos perennes y estimar su capacidad como sumideros de carbono.
7. Mejora en la desagregación de la categoría: Se pretende mejorar la desagregación de la categoría teniendo en cuenta factores como los regímenes de gestión, la rotación de cultivos y los cambios desde otros usos a tierras de cultivo.

6.6. Pastizales (CRT 4.C)

6.6.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En esta categoría se estiman las emisiones de CO₂ resultantes de cambios en la biomasa y la materia orgánica muerta, específicamente en la subcategoría de *tierras forestales convertidas en pastizales*.

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, los pastizales se consideran ecosistemas que varían considerablemente, desde prados y sabanas gestionadas extensivamente hasta tierras de pastura y heno gestionadas intensivamente. Estos ecosistemas presentan una amplia gama de condiciones climáticas y grados de gestión, y suelen estar dominados por especies perennes con un uso predominantemente relacionado al pastoreo.

En general, en los pastizales, el carbono subterráneo predomina, encontrándose principalmente en las raíces y en la materia orgánica del suelo. Su dinámica está asociada a la gestión del pastizal y a los cambios en dicha gestión. La producción anual de biomasa en los pastizales puede ser elevada, pero debido a la rápida renovación y a las pérdidas por pastoreo, incendios y la senectud anual de la vegetación herbácea, las existencias de biomasa rara vez superan unas pocas toneladas por hectárea (IPCC, 2006).

En el contexto nacional, para las estimaciones de esta categoría, se consideraron tanto praderas naturales como pasturas implantadas y zonas de pastoreo. Paraguay cuenta con una destacada producción ganadera, que lo ha llevado a posicionar entre los diez principales exportadores de carne del mundo, gracias a sus condiciones naturales favorables. Estas incluyen extensas pasturas naturales y suelos fértiles para la implantación de pasturas, lo que permite una producción mayormente extensiva. Además, el país cuenta con condiciones climáticas regulares y un relieve que favorece esta actividad (MADES *et al.*, 2022).

Según el análisis de categorías principales, esta categoría ha sido identificada como principal en nivel y tendencia. En 2021, la estimación de CO₂ contabilizó 26.123,8 kt CO₂, representando, el 54,1 % del total de emisiones netas del sector. Debido a que solo se estima el cambio de uso de la tierra de tierras forestales a pastizales, la categoría se comporta como fuente en toda la serie temporal. En comparación con el año 1990, en el 2021 se observa un aumento del 60,0 % de las emisiones, teniendo picos más elevados entre estos años. Mientas que en relación al año 2019 se observa un aumento mínimo del 1,3 %. Estas emisiones se distribuyen de la siguiente manera: 23.516,2 kt CO₂, equivalente al 90,0 % para el depósito de biomasa, y 2.607,7 kt CO₂ para el depósito de materia orgánica muerta equivalente al 10,0 % (ver Tabla 6-27, Figura 6-23). En el Anexo VI se puede observar toda la serie temporal.

Debido a que solo se pudo estimar el cambio de uso de la tierra, se observa una tendencia ascendente pero irregular de emisiones a lo largo de la serie temporal. A partir de 2005, se registra un notable aumento, alcanzando picos significativos en ciertos años. Este incremento puede atribuirse a la legislación que prohíbe el cambio de uso de la tierra (deforestación) en la Región Oriental a partir de ese año, lo que ha alterado la dinámica de transformación del uso de la tierra, impulsando una migración de estas actividades hacia la Región Occidental. Sin embargo, a pesar de esta tendencia general al alza, también se presentan fluctuaciones en los años posteriores. Asimismo, la tendencia observada en la Figura 6-23 resalta los periodos de los mapas de cobertura y uso de la tierra.

Tabla 6-27.

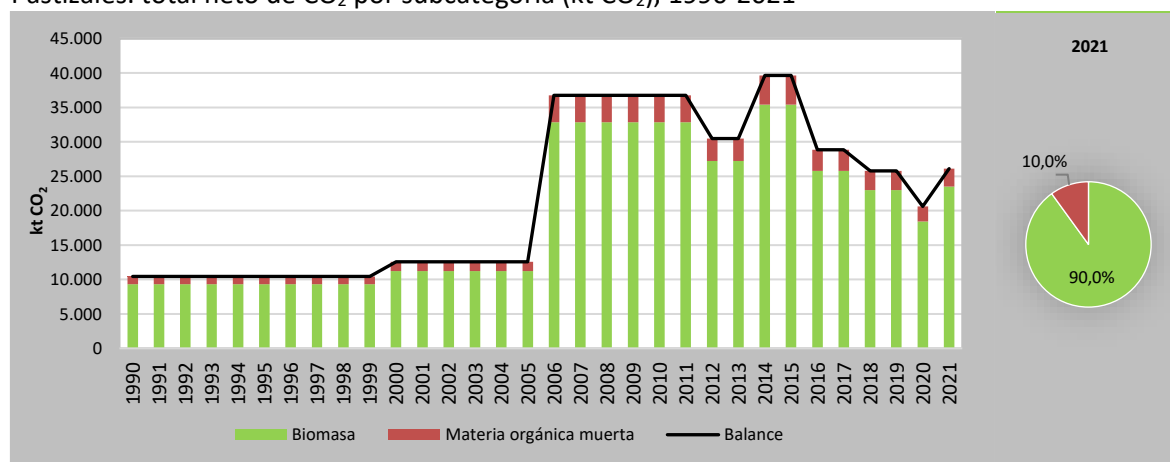
Pastizales: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	10.450,8	10.450,8	12.559,0	12.559,0	36.783,8	39.659,2	25.771,5	20.630,6	26.123,8
Total neto	10.450,8	10.450,8	12.559,0	12.559,0	36.783,8	39.659,2	25.771,5	20.630,6	26.123,8

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-23.

Pastizales: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Como se mencionó anteriormente, no se dispone de datos representativos para toda la serie temporal en relación con las perturbaciones, específicamente los incendios. Por esta razón, no se han estimado otros GEI.

Pastizales que permanecen como tales

La subcategoría de *pastizales que permanecen como tales* no pudo ser estimada en el actual INGEI. En informes anteriores, se consideraba que los depósitos de biomasa y materia orgánica muerta se mantenían en equilibrio, como indica el método de Nivel 1, donde la acumulación de carbono por el crecimiento vegetal se compensa con las pérdidas debidas al pastoreo, la descomposición y los incendios. Sin embargo, para el depósito de suelos minerales, era posible estimar las emisiones y absorciones de CO₂, ya que se contaba con datos sobre las superficies de pastizales y se accedía a información sobre la gestión y el estado de estos ecosistemas a partir de dictámenes de expertos.

En el presente proceso de compilación, no se logró alcanzar un consenso sobre la gestión de los pastizales, dada la complejidad y variabilidad que caracterizan a estos ecosistemas. La variabilidad climática interanual, por ejemplo, es un factor crucial a considerar al compilar un inventario de carbono de pastizales, ya que puede influir no solo en los depósitos de carbono, sino también en las decisiones de gestión de estas superficies. Como señalan las *Directrices del IPCC de 2006*, la gestión efectiva de los pastizales debe tener en cuenta estas variaciones para asegurar una estimación precisa de las emisiones y absorciones de carbono.

Asimismo, un estudio de Viglizzo *et al.* (2019) resalta el papel vital de los pastizales en la dinámica del carbono, actuando como sumideros potenciales, especialmente en sus suelos, donde el carbono puede persistir durante largos periodos. Sin embargo, la falta de datos detallados sobre la gestión y las prácticas de manejo en los países del MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) plantea serias dificultades para realizar estas estimaciones. En el punto 6.6.6 se identifican oportunidades de mejora que se abordarán en el próximo ciclo del INGEI.

6.6.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de CO₂ en la subcategoría de *tierras convertidas en pastizales*, se utilizó el método de Nivel 2. Los cálculos se basaron en valores de biomasa, así como en existencias de madera muerta y hojarasca provenientes del Inventario Forestal Nacional de 2015. En la Tabla 6-28 se presentan los métodos aplicados por subcategoría.

Tabla 6-28.

Pastizales: métodos aplicados por subcategoría para 2021.

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.C.	Pastizales	T2, NE, NO	D, CS, NE, NO
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	NE	NE
4.C.2.	Tierras convertidas en pastizales	T2, NO	D, CS, NO
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	T2	D, CS
4.C.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	NO	NO
4.C.2.c.	Humedales convertidos en pastizales	NO	NO
4.C.2.d.	Asentamientos convertidos en pastizales	NO	NO
4.C.2.e.	Otras tierras convertidas en pastizales	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1; T2 = Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NE = No estimada.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La estimación de emisiones y absorciones de C en la categoría de *pastizales* se llevó a cabo mediante el Método de pérdidas y ganancias de biomasa establecido en las *Directrices del IPCC de 2006*, tal como se detalla en el apartado 6.1.3. Este método consiste en calcular el cambio anual en las existencias de carbono como la diferencia entre el incremento anual de C y la reducción anual

debida a las pérdidas de C (ver Ecuación 6-3). Posteriormente, se realizó la sumatoria de todos los depósitos estimados (ver Ecuación 6-2).

Para el depósito de biomasa, se aplica el método de Nivel 2, dado que se dispone de superficies desagregadas a escalas espaciales, y estimaciones específicas del país de la biomasa durante el uso inicial. Los valores para después de la conversión son por defecto. Se emplearon las Ecuaciones 6-10 y 6-11 para la estimación del depósito, que ya se encuentran explicadas en el apartado de *tierras de cultivo*.

En el depósito de materia orgánica muerta (MOM), el método de Nivel 1 supone por defecto que se elimina toda la madera muerta y la hojarasca durante la conversión y que no permanece ni se acumula madera muerta u hojarasca en las *tierras convertidas en pastizales*, empleando nuevamente la Ecuación 6-7, explicada en el punto de las *tierras forestales*.

6.6.2.1. Datos de actividad específicos de la categoría

La representación de las tierras mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra generadas a partir de los mapas desarrollados por el INFONA, como se explica en la sección 6.3, constituye la base para obtener los datos de actividad necesarios para la estimación de la presente categoría. En esa sección también se detalla el proceso de relleno de datos para cada uno de los años de la serie temporal.

Tierras convertidas en pastizales

Para la estimación de las *tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*, para el depósito de biomasa y materia orgánica muerta se utilizaron las superficies de cambio de uso de la tierra obtenidos mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra.

Como se indicó anteriormente, los mapas presentan datos distribuidos en los cuatro estratos del bosque nativo y el estrato palmar (ver Tabla 6-29). En el punto 6.5.2.1 se mencionó que la conversión de tierras forestales a tierras de cultivo en el estrato de BSCH es considerada en la presente categoría. Este supuesto se fundamenta en que, durante la clasificación de cambios de uso de la tierra realizada al generar los mapas, se incluyeron como tierras de cultivo las áreas habilitadas en la Región Occidental para el pastoreo, es decir, áreas de pasturas, las cuales son incluidas en esta categoría. Este enfoque está respaldado por referencias bibliográficas, como los estudios de Baumann *et al.* (2017) y Caldas *et al.* (2013), así como por los datos disponibles en la Plataforma de Mapiomas-Chaco. En los mapas correspondientes a los años 2020 y 2021, esta clasificación ha sido ajustada según las posibilidades del país, reflejando una mejora en la precisión de la información.

Tabla 6-29.

Pastizales: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en pastizales* (hectárea).

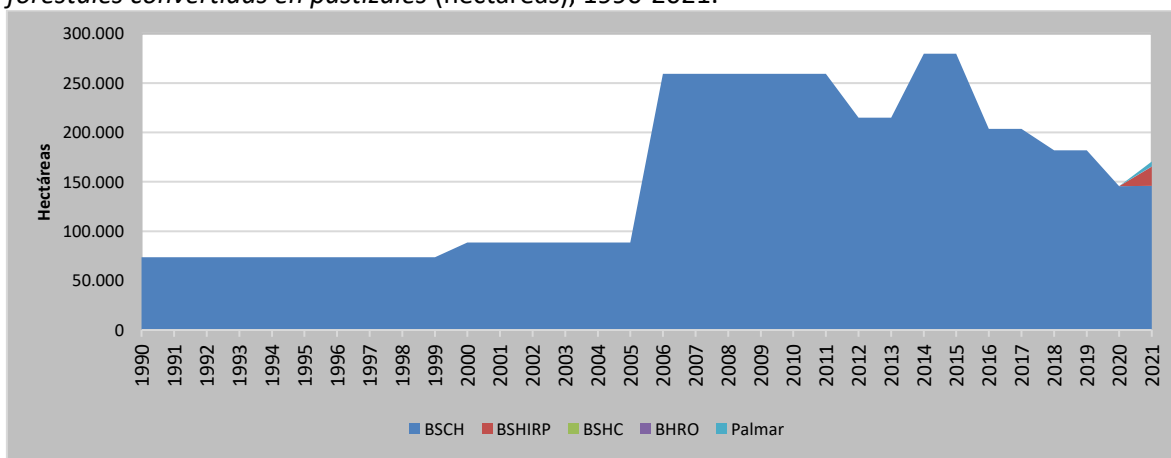
Año	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales				
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1990	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1991	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1992	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1993	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1994	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1995	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0

Año	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales				
	BSCH	BHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1996	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1997	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1998	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
1999	73.672,7	11,9	0,0	4,2	0,0
2000	88.539,2	13,2	0,0	3,3	0,0
2001	88.539,2	13,2	0,0	3,3	0,0
2002	88.539,2	13,2	0,0	3,3	0,0
2003	88.539,2	13,2	0,0	3,3	0,0
2004	88.539,2	13,2	0,0	3,3	0,0
2005	88.539,2	13,2	0,0	3,3	0,0
2006	259.223,4	42,4	0,0	66,8	0,0
2007	259.223,4	42,4	0,0	66,8	0,0
2008	259.223,4	42,4	0,0	66,8	0,0
2009	259.223,4	42,4	0,0	66,8	0,0
2010	259.223,4	42,4	0,0	66,8	0,0
2011	259.223,4	42,4	0,0	66,8	0,0
2012	215.084,8	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	215.084,8	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	279.684,7	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	279.684,7	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	203.572,6	0,0	0,0	0,0	0,0
2017	203.572,6	0,0	0,0	0,0	0,0
2018	181.746,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2019	181.746,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2020	145.491,4	0,0	0,0	0,0	0,0
2021	145.883,7	19.354,9	187,9	317,2	4.969,3

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-24.

Pastizales: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en pastizales* (hectáreas), 1990-2021.



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La Figura 6-24 ilustra la superficie de cambio de uso de la tierra destinada a la subcategoría de *tierras forestales convertidas en pastizales*, destacando el estrato de BSCH como la principal área afectada, donde predominan las actividades ganaderas. A partir de 2005, se observa un notable incremento en la conversión de tierras, atribuible a la promulgación de la legislación conocida como Deforestación Cero en la Región Oriental, lo que probablemente transformó la dinámica del cambio de uso de la tierra, aumentando la habilitación de tierras para el pastoreo en la Región Occidental. Además, el gráfico evidencia una mejora en la identificación de cambios en los otros estratos,

especialmente en el último año, gracias a los avances en la generación de mapas, lo que permite una gestión más efectiva de las estimaciones.

6.6.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y los datos paramétricos utilizados en la categoría de *pastizales* para las estimaciones de emisiones de CO₂ provienen de diversas fuentes. Estos incluyen los valores por defecto establecidos en las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*, así como datos específicos a nivel nacional. A continuación, se procederá a explicar cada uno de estos elementos.

- Existencias de C en la biomasa después de la conversión (B_{DESPUES}): Los valores utilizados para el contenido de carbono, corresponde a valores ponderados a partir de los factores propuestos por las *Directrices del IPCC de 2006* en el Cuadro 6.4 y la información de la distribución de las superficies de los estratos en las regiones climáticas.
- Existencias de C en la biomasa antes de la conversión (B_{ANTES}): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la biomasa de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y provienen del Inventario Forestal Nacional de 2015. Estos valores se aplican a cada uno de los cinco estratos nativos citados anteriormente.
- Existencias de C en la madera muerta/hojarasca bajo la categoría anterior de uso (C₀): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la madera muerta y hojarasca de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y provienen del Inventario Forestal Nacional de 2015. Para las existencias de carbono bajo la nueva categoría de uso, se consideró el valor por defecto de cero.

En la Tabla 6-29 se especifican los valores de los distintos factores de emisión utilizados.

Tabla 6-29.

Pastizales: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de CO₂

4.C.2. Tierras convertidas en pastizales		
Fuente o sumidero de GEI	Valor	Unidad
Depósito: biomasa		
Existencias de C en la biomasa después de la conversión BSCH	4,1	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa después de la conversión BSHIRP	5,3	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa después de la conversión BSHC	5,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa después de la conversión BHRO	7,5	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa después de la conversión Estrato Palmar	5,3	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSCH	38,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHIRP	71,8	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHC	65,1	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BHRO	60,4	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión Estrato Palmar	18,0	ton C ha ⁻¹
Depósito: materia orgánica muerta		
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSCH	1,7	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSHIRP	4,0	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSHC	4,3	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BHRO	4,7	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso Estrato Palmar	0,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSCH	2,4	ton C ha ⁻²
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSHIRP	1,0	ton C ha ⁻³

Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSHC	2,0	ton C ha ⁻⁴
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BHRO	3,4	ton C ha ⁻⁵
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso Estrato Palmar	0,7	ton C ha ⁻⁶

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.6.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Paraguay aplica flexibilidades a dos disposiciones de las MPGs, las cuales son las siguientes:

- Evaluación de la Incertidumbre:** En el párrafo 29 se establece que las partes deben estimar cuantitativa y cualitativamente la incertidumbre de las estimaciones para todas las categorías. Paraguay, al no contar con datos sobre incertidumbre y enfrentar algunas brechas en la metodología, presentará una discusión cualitativa sobre la incertidumbre para las categorías principales.

Paraguay buscará superar esta brecha en el próximo reporte, mediante la conformación de un equipo estadístico y generando espacios para el desarrollo de capacidades en materia de incertidumbre para los compiladores y generadores de datos.
- Año de Reporte:** El párrafo 58 indica que el año de reporte más reciente no debe ser más de dos años anterior a la presentación del informe. Paraguay presentará el informe para la serie temporal 1990-2021, es decir, tres años antes de la presentación, debido a que no se cuenta con datos de actividad actualizados hasta 2022 para todas las categorías del INGEI. Paraguay, en la medida de sus capacidades, aunarà esfuerzos para cumplir con lo dispuesto en las MPGs lo antes posible.

6.6.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Las estimaciones de carbono en los *pastizales* presentan oportunidades de mejora en relación con los datos de actividad y los factores de emisión. En primer lugar, al igual que en las *tierras de cultivo*, se pueden identificar inexactitudes en la clasificación del uso del suelo y la gestión, lo que dificulta la diferenciación entre tierras de cultivo y zonas de pastoreo, un aspecto que el país ya está abordando. Además, la interdependencia entre los datos de actividad y la gestión del suelo sugiere que la incorporación de información más detallada sobre las prácticas de manejo podría enriquecer la precisión de las estimaciones. En cuanto a las existencias de carbono, el uso de valores por defecto brinda una base sólida, pero la optimización de los factores de emisión y los términos de expansión podría mejorar aún más la exactitud de las estimaciones. En este contexto, el enfoque en la calidad y precisión de los datos utilizados se convierte en una prioridad para fortalecer las estimaciones de carbono en los pastizales.

6.6.5. AC/CC de la categoría

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el Control de Calidad (CC) consiste en un conjunto de actividades técnicas rutinarias diseñadas para evaluar y mantener la calidad del inventario durante su compilación. Esto incluye controles de exactitud en la adquisición de datos y cálculos, así como procedimientos normalizados para la estimación de emisiones y absorciones. Para implementar estos procedimientos, se utilizó una lista de verificación detallada disponible en el Anexo IV, lo que garantizó revisiones uniformes y exhaustivas.

Por otro lado, el Aseguramiento de la Calidad (AC) implica un sistema de revisión planificado, realizado por personal ajeno al proceso de compilación del inventario. Estas revisiones aseguran el cumplimiento de objetivos mensurables y que el inventario refleje las mejores estimaciones de emisiones y absorciones, de acuerdo con el conocimiento científico actual y la disponibilidad de datos. Además, se cuenta con un plan de mejora basado en las recomendaciones de dicho proceso, el cual también se presenta en el Anexo IV.

6.6.6. Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos se aplicaron a toda la serie temporal 1990-2021, abarcando específicamente los años recalculados del período 1990-2019. Estos ajustes se llevaron a cabo debido a la incorporación de nuevos datos de actividad en el Inventario. Para los años 1990-1999, se utilizó una nueva fuente de datos para las superficies de cambio de uso de la tierra, reemplazando el artículo científico de Huang *et al.* (2009) por el "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002", manteniendo la coherencia con los demás mapas.

En la Tabla 6-30, se detallan las diferencias encontradas con respecto al reporte anterior, mostrando que las cifras del presente informe son levemente mayores. Las discrepancias encontradas se deben principalmente a la estimación del balance de emisiones y absorciones de la subcategoría de *pastizales que permanecen como tales* en el INGEI anterior. Al comparar exclusivamente las *tierras convertidas en pastizales*, se observa que las emisiones son prácticamente similares entre ambos reportes. Sin embargo, se notan diferencias en los primeros años, atribuibles al cambio en la fuente de datos de actividad utilizada para las estimaciones.

Tabla 6-30.

Pastizales: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI CCN	9.851	8.644	10.380,9	16.237,9	35.098,0	34.546,8	24.486,1		
INGEI 1BTR	10.450,8	10.450,8	12.559,0	12.559,0	36.783,8	39.659,2	25.771,5	20.630,6	26.123,8
Diferencia	-599,8	-1.806,8	-2.178,1	3.698,9	-1.685,7	-5.112,3	-1.285,3		
Diferencia %	6,1%	20,9%	21,0%	-22,8%	4,8%	14,8%	5,2%		
Efecto en total neto %	6,1%	20,9%	21,0%	22,8%	4,8%	14,8%	5,2%		

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

6.6.7. Mejoras planificadas para la categoría

Es fundamental destacar las siguientes oportunidades de mejora identificadas para la estimación de esta categoría. Dado que se trata de una categoría principal, se priorizará su abordaje en el próximo ciclo para el sector UTCUTS:

1. Desarrollo de un sistema de compilación de datos: El INFONA, como entidad responsable de compilar datos del sector, tiene como objetivo desarrollar un sistema que garantice la recopilación eficiente de datos de actividad y otros parámetros. Este sistema buscará asegurar la coherencia y una desagregación lo más específica posible de los datos, lo que impactará directamente en la precisión de las estimaciones.
2. Desarrollo de mesas de trabajo de expertos sobre pastizales: Se propone la creación de mesas de trabajo enfocadas en diferentes tipos de pastizales y regiones, con el fin de recopilar información coherente y relevante sobre la gestión y el manejo de los pastizales

en el país. Estas mesas facilitarán el intercambio de conocimientos entre expertos, y la generación de información nacional sobre pastizales, la cual hoy es escasa.

Además, se identifican las siguientes oportunidades de mejora que se buscará abordar según las capacidades del país:

3. Estimación de emisiones no-CO₂: Se buscará estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO₂, especialmente aquellas causadas por perturbaciones como incendios forestales. Para ello, se pretende generar mapas coherentes con las definiciones utilizadas, abarcando toda la serie temporal.
4. Coherencia y consistencia en la clasificación de uso de la tierra: Llevar a cabo un proceso de actualización de los mapas de uso de la tierra, asegurando que las clasificaciones sean coherentes y consistentes a lo largo de toda la serie temporal. Esto implica establecer estándares claros para la categorización de usos, así como métodos que garanticen la precisión y la consistencia de los datos.

6.7. Humedales (CRT 4.D)

6.7.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En esta categoría se estima y declara las emisiones de CO₂ asociadas a los cambios en la biomasa en la subcategoría de *tierras convertidas en humedales*, específicamente aquellas que han sido transformadas desde *tierras forestales*.

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, los humedales gestionados se definen como aquellos cuyo nivel freático ha sido modificado artificialmente o que han sido creados por la actividad humana. Estos humedales incluyen una variedad de tierras que están cubiertas o saturadas de agua durante todo el año o la mayor parte del mismo, pero que no se clasifican como *tierras forestales*, *tierras de cultivo* o *pastizales*. Además, los *humedales* se clasifican en dos categorías: turberas o bonales y tierras inundadas, que incluyen reservorios o embalses.

En el contexto nacional, no se identifican humedales de turberas, lo que significa que las subcategorías de *bonales que permanecen como tales* y las *tierras convertidas para la extracción de turba* no ocurren en el país. Sin embargo, la subcategoría de *tierras inundadas que permanecen como tales* si ocurren, principalmente en forma de embalses destinados a la producción de energía. La transformación de tierras en humedales también suele llevarse a cabo para actividades de acuicultura, creación de estanques, zonas de almacenamiento de agua (como tajamares y tanques australianos) y sistemas de tratamiento de efluentes.

Según los mapas, en los últimos 8 años no se identificaron cambios de tierras forestales a *humedales*, siendo el año 2013 el último año estimado, con un total de 13,2 kt CO₂. Teniendo en cuenta a este año, se presenta un aumento del 73,7 % con respecto al año base y una disminución del 433,3 % con respecto al año 2011, que es el año que forma parte del periodo que presenta el pico de emisiones con 70,5 kt CO₂. El resumen de las emisiones de GEI de los humedales se presenta en la Tabla 6-31 y en la Figura 6-25 y en el Anexo VI se puede observar toda la serie temporal.

Tabla 6-31.

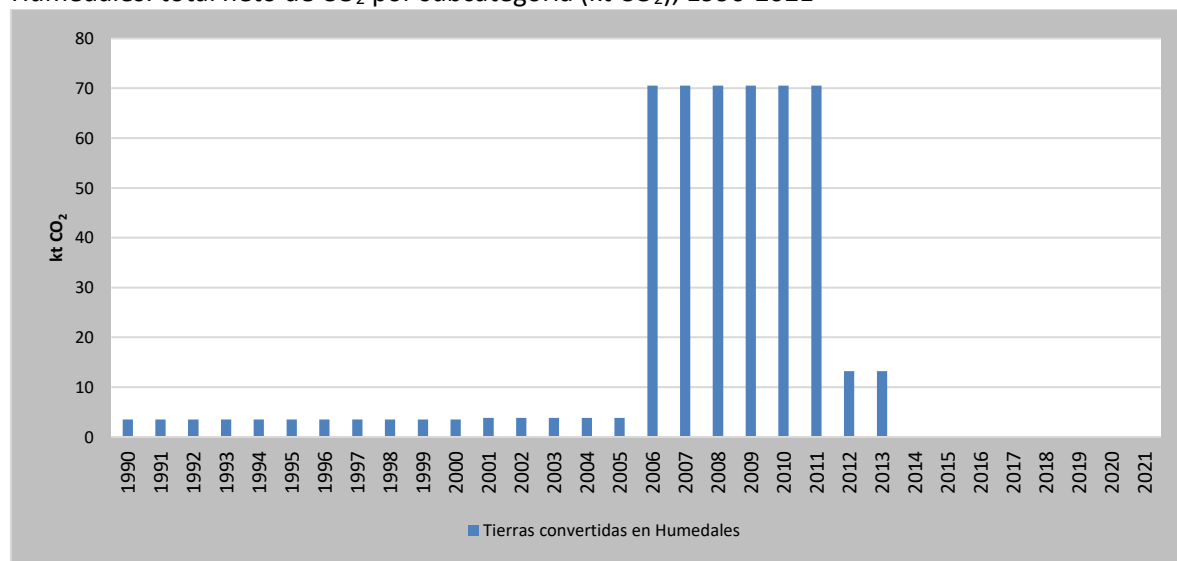
Humedales: total neto de GEI por subcategoría (kt CO₂)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
4.D.1. Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D.2. Tierras convertidas en humedales	3,5	3,5	3,5	3,8	70,5	NO	NO	NO	NO
Total neto	3,5	3,5	3,5	3,8	70,5				

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-25.

Humedales: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La tendencia de esta categoría está directamente relacionada con los datos de actividad disponibles. Por esta razón, entre 2014 y 2021 no se registraron emisiones, ya que no se identificaron cambios de *tierras forestales a humedales* durante esos años. Sin embargo, es posible que las emisiones de GEI estén siendo subestimadas, dado que se producen cambios de otros usos de la tierra hacia *humedales* que no se han contabilizado adecuadamente debido a la falta de información.

6.7.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones CO₂ en la categoría de *humedales*, se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para las *tierras convertidas en humedales*, específicamente las *tierras forestales*. Los cálculos se basaron en valores de biomasa provenientes del Inventario Forestal Nacional de 2015. En la Tabla 6-32 se presentan los métodos aplicados por subcategoría.

Tabla 6-32.

Humedales: métodos aplicados por subcategoría para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.D.	Humedales	T1, NE, NO	CS, NO
4.D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE	NE
4.D.2.	Tierras convertidas en humedales	T1, NO	CS, NO
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	T1	CS
4.D.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en humedales	NO	NO
4.D.2.c.	Pastizales convertidos en humedales	NO	NO
4.D.2.d.	Asentamientos convertidos en humedales	NO	NO

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.D.2.e.	Otras tierras convertidas en humedales	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1; T2= Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NE = No estimada.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

El método para estimar los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión de la tierra en tierra permanentemente inundada se muestra en la Ecuación 6-12. Aquí, se supone que las existencias de carbono después de la conversión equivalen a cero.

Ecuación 6-12.

Humedales: Cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa viva de tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas

$$\Delta C_{LWINUND} = \left[\sum A * (B_{DESPUÉS} - B_{ANTES}) \right] * CF$$

Donde:

$\Delta C_{LWINUND}$ = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a tierras inundadas o humedales, ton C año⁻¹

A= superficie de tierras convertidas anualmente, ha año⁻¹

$B_{DESPUÉS}$ = biomasa inmediatamente después de la conversión en tierras inundadas ton d.m. há⁻¹ (defecto = 0)

B_{ANTES} = biomasa inmediatamente antes de la conversión en tierras inundadas ton d.m. há⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,5), ton C (ton d.m.)⁻¹

Fuente: adaptación Ecuación 7.10; Capítulo 7; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

6.7.2.1. Datos de actividad específicos de la categoría

La representación de las tierras mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra generadas a partir de los mapas desarrollados por el INFONA, como se explica en la sección 6.3, constituye la base para obtener los datos de actividad necesarios para la estimación de la presente categoría. En esa sección también se detalla el proceso de relleno de datos para cada uno de los años de la serie temporal.

Tierras convertidas en humedales

Para las *tierras convertidas en humedales*, específicamente *tierras forestales convertidas en humedales*, para el depósito de biomasa se utilizaron las superficies de cambio de uso de la tierra obtenidos mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra. Como se indicó previamente, los mapas presentan datos distribuidos en los cuatro estratos del bosque nativo y el estrato palmar (ver Tabla 6-33 y Figura 6-26).

Tabla 6-33

Humedales: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en humedales* (hectáreas)

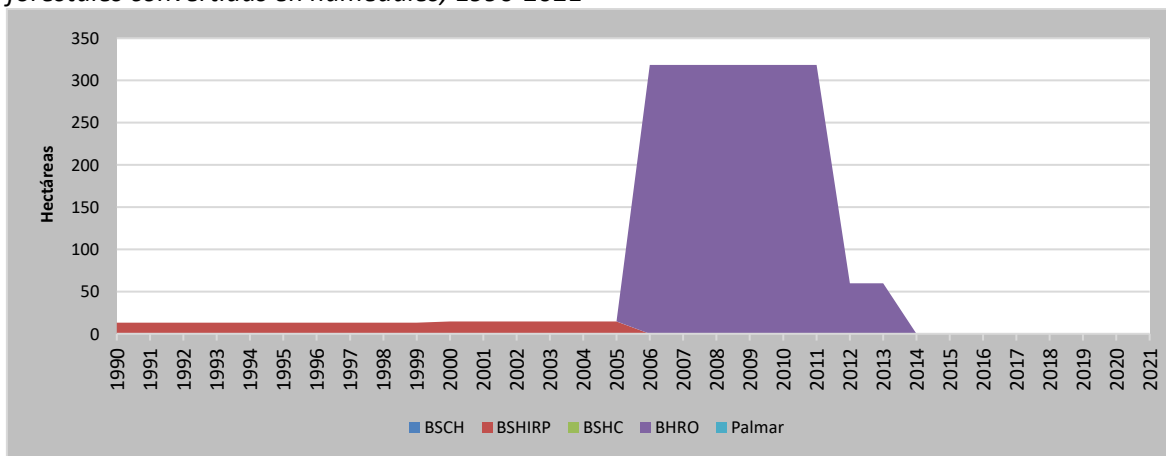
Año	4.D.2. Tierras convertidas en humedales				
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1990	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1993	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0

Año	4.D.2. Tierras convertidas en humedales				
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1995	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1996	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1997	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1998	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
2000	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
2001	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
2002	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
2003	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
2005	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	0,0	0,0	318,4	0,0
2007	0,0	0,0	0,0	318,4	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	318,4	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	318,4	0,0
2010	0,0	0,0	0,0	318,4	0,0
2011	0,0	0,0	0,0	318,4	0,0
2012	0,0	0,0	0,0	59,7	0,0
2013	0,0	0,0	0,0	59,7	0,0
2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2017	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2018	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2021	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-26.

Humedales: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en humedales*, 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La Figura 6-26 ilustra la superficie de cambio de uso de la tierra para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en humedales*. Se observa que, durante la mayor parte de la serie temporal, la conversión de tierras ha sido mínima, con cifras casi nulas hasta 2004. Sin embargo, se produce un notable aumento en la superficie convertida en *humedales* en el año 2005, esta tendencia se mantiene hasta 2011, donde nuevamente los valores bajan hasta volverse nulos en 2014. La tendencia sugiere que, aunque ha habido una conversión inicial, los cambios de uso de la tierra hacia humedales han sido limitados en los años posteriores.

6.7.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión utilizados en la categoría de *humedales* para las estimaciones de emisiones de CO₂ provienen del Inventario Forestal Nacional y es el relacionado con la existencia de C en las tierras anteriores a la conversión, es decir tierras forestales.

- Existencias de C en la biomasa antes de la conversión (B_{ANTES}): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la biomasa de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y provienen del Inventario Forestal Nacional de 2015. Estos valores se aplican a cada uno de los cinco estratos nativos citados anteriormente (ver Tabla 6-34).

Tabla 6-34.

Humedales: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de GEI

4.C.2. Tierras convertidas en pastizales		
Fuente o sumidero de GEI	Valor	Unidad
Depósito: biomasa		
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSCH	38,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHIRP	71,8	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHC	65,1	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BHRO	60,4	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión Estrato Palmar	18,0	ton C ha ⁻¹

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA)

6.7.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Paraguay aplica flexibilidades a dos disposiciones de las MPGs, las cuales son las siguientes:

- Evaluación de la Incertidumbre:** En el párrafo 29 se establece que las partes deben estimar cuantitativa y cualitativamente la incertidumbre de las estimaciones para todas las categorías. Paraguay, al no contar con datos sobre incertidumbre y enfrentar algunas brechas en la metodología, presentará una discusión cualitativa sobre la incertidumbre para las categorías principales.
Paraguay buscará superar esta brecha en el próximo reporte, mediante la conformación de un equipo estadístico y generando espacios para el desarrollo de capacidades en materia de incertidumbre para los compiladores y generadores de datos.
- Año de Reporte:** El párrafo 58 indica que el año de reporte más reciente no debe ser más de dos años anterior a la presentación del informe. Paraguay presentará el informe para la serie temporal 1990-2021, es decir, tres años antes de la presentación, debido a que no se cuenta con datos de actividad actualizados hasta 2022 para todas las categorías del INGEI. Paraguay, en la medida de sus capacidades, aunaré esfuerzos para cumplir con lo dispuesto en las MPGs lo antes posible.

6.7.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Conforme a la flexibilidad permitida por el párrafo 29 de las MPGs, Paraguay ha optado por proporcionar una estimación cualitativa de la incertidumbre únicamente para aquellas categorías que han sido identificadas como principales.

6.7.5. AC/CC de la categoría

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el Control de Calidad (CC) consiste en un conjunto de actividades técnicas rutinarias diseñadas para evaluar y mantener la calidad del inventario durante su compilación. Esto incluye controles de exactitud en la adquisición de datos y cálculos, así como procedimientos normalizados para la estimación de emisiones y absorciones. Para implementar estos procedimientos, se utilizó una lista de verificación detallada disponible en el Anexo IV, lo que garantizó revisiones uniformes y exhaustivas.

Por otro lado, el Aseguramiento de la Calidad (AC) implica un sistema de revisión planificado, realizado por personal ajeno al proceso de compilación del inventario. Estas revisiones aseguran el cumplimiento de objetivos mensurables y que el inventario refleje las mejores estimaciones de emisiones y absorciones, de acuerdo con el conocimiento científico actual y la disponibilidad de datos. Además, se cuenta con un plan de mejora basado en las recomendaciones de dicho proceso, el cual también se presenta en el Anexo IV.

6.7.6. Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos se aplicaron a toda la serie temporal 1990-2021, abarcando específicamente los años recalculados del período 1990-2019. Estos ajustes se llevaron a cabo debido a la incorporación de nuevos datos de actividad en el Inventario. Para los años 1990-1999, se utilizó una nueva fuente de datos para las superficies de cambio de uso de la tierra, reemplazando el artículo científico de Huang *et al.* (2009) por el "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002", manteniendo la coherencia con los demás mapas.

En la Tabla 6-35, se presentan las diferencias observadas con respecto al reporte anterior, las cuales se deben principalmente a los datos de actividad. En los primeros años de la serie, las discrepancias son atribuibles al cambio de fuente de información, mientras que, en el resto de la serie, las variaciones son resultado de ajustes realizados en las superficies.

Tabla 6-35.

Humedales: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI CCN	2,2	2,2	2,2	2,3	35,3	0,0	0,0		
INGEI 1BTR	3,5	3,5	3,8	3,8	70,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Diferencia	-1,3	-1,3	-1,6	-1,5	-35,3	0,0	0,0		
Diferencia %	59,0%	59,0%	58,0%	66,6%	100,0%	0,0%	0,0%		
Efecto en total neto %	59,0%	59,0%	58,0%	66,6%	100,0%	0,0%	0,0%		

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

6.7.7. Mejoras planificadas para la categoría

Es fundamental destacar las siguientes oportunidades de mejora que se abordarán en el próximo ciclo para el sector UTCUTS:

1. Desarrollo de un sistema de compilación de datos: El INFONA, como entidad responsable de compilar datos del sector, tiene como objetivo desarrollar un sistema que garantice la recopilación eficiente de datos de actividad y otros parámetros. Este sistema buscará

asegurar la coherencia y una desagregación lo más específica posible de los datos, lo que impactará directamente en la precisión de las estimaciones.

2. Abordaje metodológico: Implementar las nuevas metodologías para la estimación de la categoría de *humedales*, incorporando las directrices establecidas en el *Suplemento de Humedales de 2013* y el *Refinamiento de 2019*. Esto permitirá mejorar la precisión y la coherencia en las estimaciones.

Además, se identifica la siguiente oportunidad de mejora que se buscará abordar según las capacidades del país:

3. Coherencia y consistencia en la clasificación de uso de la tierra: Llevar a cabo un proceso de actualización de los mapas de uso de la tierra, asegurando que las clasificaciones sean coherentes y consistentes a lo largo de toda la serie temporal. Esto implica establecer estándares claros para la categorización de usos, así como métodos que garanticen la precisión y la consistencia de los datos.

6.8. Asentamientos (CRT 4.E)

6.8.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Toda tierra desarrollada, incluidas infraestructuras de transporte y urbanizaciones de cualquier tamaño, se clasifica como *asentamientos*. En esta categoría se estiman las emisiones de CO₂ resultantes de cambios en la biomasa y la materia orgánica muerta, específicamente en la subcategoría de *tierras forestales convertidas en asentamientos*.

La conversión de *tierras forestales*, *tierras de cultivo* y *pastizales* en *asentamientos* genera emisiones de CO₂, las cuales pueden experimentar una pérdida relativamente rápida de carbono durante el primer año, dependiendo de la magnitud de las existencias de carbono en la categoría de uso anterior.

Según el análisis de categorías principales, esta categoría ha sido identificada como principal en nivel. En 2021, la estimación de emisiones de CO₂ alcanzó 584,8 kt CO₂, representando el 1,2 % del total de emisiones netas del sector. Comparado con 1990, estas emisiones disminuyeron un 18,4 %, mientras que, en relación al último año del reporte anterior, se observó una reducción del 11,8 %. El depósito de biomasa constituyó la mayor parte de las emisiones, con un 89,4 %, seguido por el depósito de materia orgánica muerta, que representó un 10,6 %. En la Tabla 6-36 y en la Figura 6-27 se observa el resumen de emisiones de GEI de la categoría de *asentamientos* y en el Anexo VI se puede observar toda la serie temporal.

Tabla 6-36.

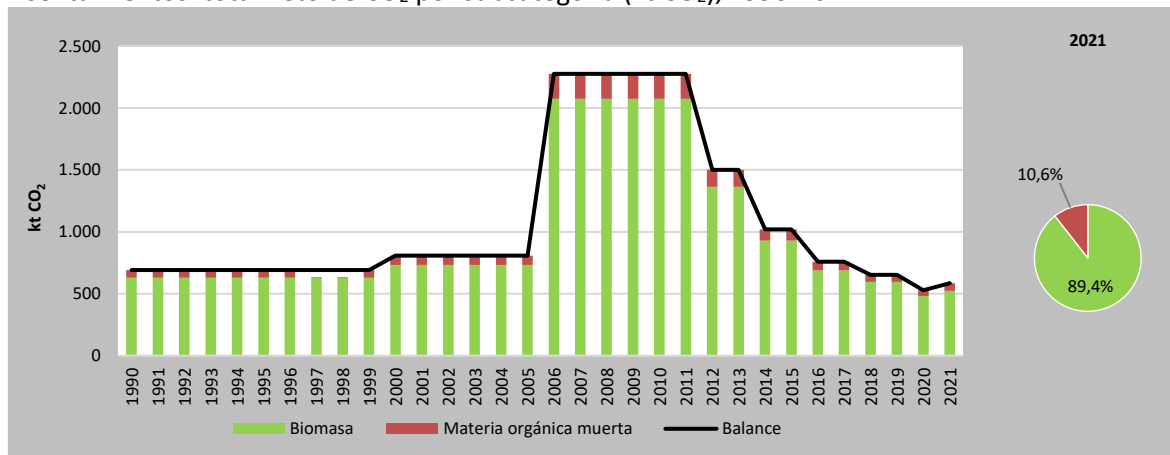
Asentamientos: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	692,6	692,6	806,8	806,8	2.275,4	1.020,4	653,8	528,1	584,8
Total neto	692,6	692,6	806,8	806,8	2.275,4	1.020,4	653,8	528,1	584,8

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-27

Asentamientos: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.8.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de CO₂ en la subcategoría de *tierras convertidas en asentamientos*, se utilizó el método de Nivel 2. Los cálculos se basaron en valores de biomasa, así como en existencias de madera muerta y hojarasca provenientes del Inventario Forestal Nacional de 2015. En la Tabla 6-37 se presentan los métodos aplicados por subcategoría.

Tabla 6-37.

Asentamientos métodos aplicados por subcategoría para 2021.

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.E.	Asentamientos	T2, NE, NO	D, CS, NE, NO
4.E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE
4.E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	T2, NO	CS, NO
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	T2	D, CS
4.E.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	NO	NO
4.E.2.c.	Pastizales convertidos en asentamientos	NO	NO
4.E.2.d.	Humedales convertidos en asentamientos	NO	NO
4.E.2.e.	Otras tierras convertidas en asentamientos	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1; T2= Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NE = No estimada.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La estimación de emisiones y absorciones C en la categoría de *pastizales* se llevó a cabo mediante el Método de pérdidas y ganancias de biomasa establecido en las *Directrices del IPCC de 2006*, tal como se detalla en el apartado 6.1.3. Este método consiste en calcular el cambio anual en las existencias de carbono como la diferencia entre el incremento anual de C y la reducción anual debida a las pérdidas de C (ver Ecuación 6-3). Posteriormente, se realizó la sumatoria de todos los depósitos estimados (ver Ecuación 6-2).

Para el depósito de biomasa, se aplica el método de Nivel 2, dado que se dispone de datos de actividad desagregados y existencias de C específicas del país. No obstante, se considera el supuesto que durante el primer año que sigue a la conversión las existencias de C se agotan por completo, como lo indica el Nivel 1. Se emplearon las Ecuaciones 6-10 y 6-11 para la estimación del depósito, que ya se encuentran explicadas en el apartado de *tierras de cultivo*.

En el depósito de materia orgánica muerta (MOM), el método de Nivel 2 emplea la Ecuación 6-7, donde se fija en cero C_0 y se establece 1 para T_{ON} *tierras convertidas en pastizales*.

6.8.2.1. Datos de actividad específicos de la categoría

La representación de las tierras mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra generadas a partir de los mapas desarrollados por el INFONA, como se explica en la sección 6.3, constituye la base para obtener los datos de actividad necesarios para la estimación de la presente categoría. En esa sección también se detalla el proceso de relleno de datos para cada uno de los años de la serie temporal.

Tierras convertidas en asentamientos

Para las *tierras convertidas en asentamientos*, específicamente *tierras forestales convertidas en asentamientos*, para el depósito de biomasa se utilizaron las superficies de cambio de uso de la tierra obtenidos mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra. Como se indicó previamente, los mapas presentan datos distribuidos en los cuatro estratos del bosque nativo y el estrato palmar (ver Tabla 6-38 y Figura 6-28).

Tabla 6-38.

Asentamientos: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en asentamientos* (hectáreas)

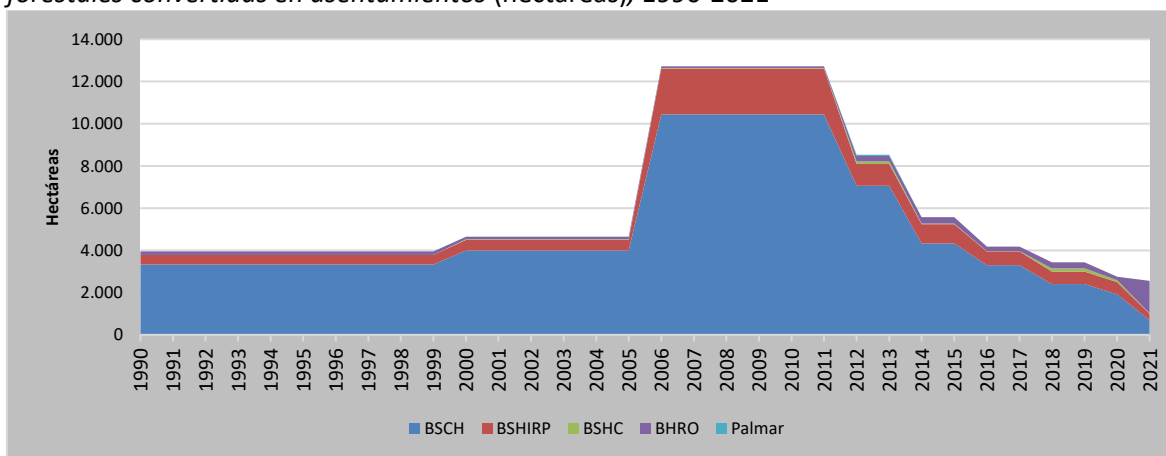
Año	4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos				
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1990	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1991	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1992	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1993	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1994	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1995	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1996	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1997	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1998	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
1999	3.330,2	450,7	7,7	165,7	0,0
2000	4.002,2	498,1	25,8	128,8	0,0
2001	4.002,2	498,1	25,8	128,8	0,0
2002	4.002,2	498,1	25,8	128,8	0,0
2003	4.002,2	498,1	25,8	128,8	0,0
2004	4.002,2	498,1	25,8	128,8	0,0
2005	4.002,2	498,1	25,8	128,8	0,0
2006	10.439,0	2.175,5	19,0	85,1	0,0
2007	10.439,0	2.175,5	19,0	85,1	0,0
2008	10.439,0	2.175,5	19,0	85,1	0,0
2009	10.439,0	2.175,5	19,0	85,1	0,0
2010	10.439,0	2.175,5	19,0	85,1	0,0
2011	10.439,0	2.175,5	19,0	85,1	0,0
2012	7.057,6	1.038,5	117,9	263,0	47,4
2013	7.057,6	1.038,5	117,9	263,0	47,4
2014	4.327,3	919,1	21,3	309,4	0,0
2015	4.327,3	919,1	21,3	309,4	0,0
2016	3.302,9	644,5	13,1	223,2	0,0
2017	3.302,9	644,5	13,1	223,2	0,0
2018	2.404,3	590,1	156,1	278,3	0,0
2019	2.404,3	590,1	156,1	278,3	0,0
2020	1.924,7	577,7	83,1	167,2	0,0

Año	4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos				
	BSCH	BHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
2021	688,8	312,7	11,7	1.536,9	0,0

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-28.

Asentamientos: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en asentamientos* (hectáreas), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La Figura 6-28 detalla la evolución de la superficie de cambio de uso de la tierra para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en asentamientos*. Se destaca un notable incremento en la conversión de tierras forestales a asentamientos a partir de 2006, manteniendo este pico hasta 2011, donde se registra un aumento significativo en las hectáreas convertidas, especialmente en el estrato de BSCH. Sin embargo, tras este periodo, la tendencia muestra una leve disminución, sugiriendo que la tasa de cambio se ha estabilizado o ajustado a nuevas dinámicas de uso de la tierra. Los estratos BHIRP y BHRO presentan conversiones más moderadas, mientras que el estrato de Palmar refleja un cambio marginal en comparación con los otros.

6.8.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión utilizados en la categoría de *asentamientos* para las estimaciones de emisiones de CO₂ provienen de fuentes nacionales. A continuación, se procederá a explicar cada uno de estos elementos.

- Existencias de C en la biomasa antes de la conversión (B_{ANTES}): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la biomasa de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y provienen del Inventario Forestal Nacional de 2015. Estos valores se aplican a cada uno de los cinco estratos nativos citados anteriormente.
- Existencias de C en la madera muerta/hojarasca bajo la categoría anterior de uso (C_0): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la madera muerta y hojarasca de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y provienen del Inventario Forestal Nacional de 2015. Para las existencias de carbono bajo la nueva categoría de uso, se consideró el valor por defecto de cero.

En la Tabla 6-39 se especifican los valores de los distintos factores de emisión utilizados.

Tabla 6-39.

Asentamientos: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de CO₂

4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos		
Fuente o sumidero de GEI	Valor	Unidad
Depósito: biomasa		
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSCH	38,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHIRP	71,8	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHC	65,1	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BHRO	60,4	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión Estrato Palmar	18,0	ton C ha ⁻¹
Depósito: materia orgánica muerta		
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSCH	1,7	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSHIRP	4,0	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BSHC	4,3	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso BHRO	4,7	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la madera muerta bajo la categoría anterior de uso Estrato Palmar	0,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSCH	2,4	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSHIRP	1,0	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BSHC	2,0	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso BHRO	3,4	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la hojarasca bajo la categoría anterior de uso Estrato Palmar	0,7	ton C ha ⁻¹

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.8.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Paraguay aplica flexibilidades a dos disposiciones de las MPGs, las cuales son las siguientes:

- Evaluación de la Incertidumbre:** En el párrafo 29 se establece que las partes deben estimar cuantitativa y cualitativamente la incertidumbre de las estimaciones para todas las categorías. Paraguay, al no contar con datos sobre incertidumbre y enfrentar algunas brechas en la metodología, presentará una discusión cualitativa sobre la incertidumbre para las categorías principales.

Paraguay buscará superar esta brecha en el próximo reporte, mediante la conformación de un equipo estadístico y generando espacios para el desarrollo de capacidades en materia de incertidumbre para los compiladores y generadores de datos.
- Año de Reporte:** El párrafo 58 indica que el año de reporte más reciente no debe ser más de dos años anterior a la presentación del informe. Paraguay presentará el informe para la serie temporal 1990-2021, es decir, tres años antes de la presentación, debido a que no se cuenta con datos de actividad actualizados hasta 2022 para todas las categorías del INGEI. Paraguay, en la medida de sus capacidades, aunaré esfuerzos para cumplir con lo dispuesto en las MPGs lo antes posible.

6.8.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Conforme a la flexibilidad permitida por el párrafo 29 de las MPGs, Paraguay ha optado por proporcionar una estimación cualitativa de la incertidumbre únicamente para aquellas categorías que han sido identificadas como principales.

6.8.5. AC/CC de la categoría

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el Control de Calidad (CC) consiste en un conjunto de actividades técnicas rutinarias diseñadas para evaluar y mantener la calidad del inventario durante su compilación. Esto incluye controles de exactitud en la adquisición de datos y cálculos, así como procedimientos normalizados para la estimación de emisiones y absorciones. Para implementar estos procedimientos, se utilizó una lista de verificación detallada disponible en el Anexo IV, lo que garantizó revisiones uniformes y exhaustivas.

Por otro lado, el Aseguramiento de la Calidad (AC) implica un sistema de revisión planificado, realizado por personal ajeno al proceso de compilación del inventario. Estas revisiones aseguran el cumplimiento de objetivos mensurables y que el inventario refleje las mejores estimaciones de emisiones y absorciones, de acuerdo con el conocimiento científico actual y la disponibilidad de datos. Además, se cuenta con un plan de mejora basado en las recomendaciones de dicho proceso, el cual también se presenta en el Anexo IV.

6.8.6. Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos se aplicaron a toda la serie temporal 1990-2021, abarcando específicamente los años recalculados del período 1990-2019. Estos ajustes se llevaron a cabo debido a la incorporación de nuevos datos de actividad en el Inventario. Para los años 1990-1999, se utilizó una nueva fuente de datos para las superficies de cambio de uso de la tierra, reemplazando el artículo científico de Huang *et al.* (2009) por el "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002", manteniendo la coherencia con los demás mapas.

En la Tabla 6-40, se presentan las diferencias observadas con respecto al reporte anterior, las cuales son mínimas, llegando a registrar prácticamente los mismos valores a partir del año 2010. En los primeros años de la serie las discrepancias son atribuibles al cambio de fuente de información, mientras que, en el resto de la serie, las variaciones son resultado de ajustes realizados en la toma de datos de superficies.

Tabla 6-40.

Asentamientos: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI CCN	706,3	706,3	706,3	968,2	2.285,9	1.020,4	653,8		
INGEI 1BTR	692,6	692,6	806,8	806,8	2.275,4	1.020,4	653,8	528,1	584,8
Diferencia	13,7	13,7	-100,5	161,4	10,5	0,0	0,0		
Diferencia %	-1,9%	-1,9%	14,2%	-16,7%	-0,5%	0,0%	0,0%		
Efecto en total neto %	1,9%	1,9%	14,2%	16,7%	0,5%	0,0%	0,0%		

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

6.8.7. Mejoras planificadas para la categoría

Es fundamental destacar las siguientes oportunidades de mejora identificadas para la estimación de esta categoría. Dado que se trata de una categoría principal, se priorizará su abordaje en el próximo ciclo para el sector UTCUTS:

1. Desarrollo de un sistema de compilación de datos: El INFONA, como entidad responsable de compilar datos del sector, tiene como objetivo desarrollar un sistema que garantice la

recopilación eficiente de datos de actividad y otros parámetros. Este sistema buscará asegurar la coherencia y una desagregación lo más específica posible de los datos, lo que impactará directamente en la precisión de las estimaciones.

2. Inclusión del depósito de suelos en la estimación de asentamientos: Incorporar el análisis del depósito de suelos en la estimación de emisiones de la categoría. Esto permitirá un cálculo más integral de las emisiones de CO₂ al considerar las existencias de carbono en el suelo.

Además, se identifica la siguiente oportunidad de mejora que se buscará abordar según las capacidades del país:

3. Coherencia y consistencia en la clasificación de uso de la tierra: Llevar a cabo un proceso de actualización de los mapas de uso de la tierra, asegurando que las clasificaciones sean coherentes y consistentes a lo largo de toda la serie temporal. Esto implica establecer estándares claros para la categorización de usos, así como métodos que garanticen la precisión y la consistencia de los datos.

6.9. Otras tierras (CRT 4.F)

6.9.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En esta categoría se presentan las emisiones de CO₂ resultantes de los cambios en los depósitos de carbono de la biomasa y los suelos minerales, correspondientes a la subcategoría de *tierras forestales convertidas en otras tierras*. Esta categoría de uso abarca suelos desnudos, roca, hielo y todas aquellas áreas que no se clasifican dentro de las otras cinco categorías definidas por el IPCC (2006).

En el contexto nacional, para garantizar coherencia entre las superficies registradas en las matrices de uso de la tierra, se asignó a esta categoría la diferencia de hectáreas entre la superficie oficial del país y las superficies mapeadas, sumándola a la categoría de otras tierras que permanecen como tales.

En 2021, esta subcategoría resultó en emisiones de 243,5 kt CO₂, lo que representa el 0,5 % del total del sector. Aunque se realizaron estimaciones para los depósitos de biomasa y de suelos minerales, no se registraron cambios de uso a *otras tierras* en el último año, lo que impidió estimar el depósito de biomasa y se limitó a calcular únicamente la superficie de suelos que continúa en transición durante los 20 años. Como se observa en la Tabla 6-41 y en la Figura 6-29, las emisiones comenzaron a registrarse a partir del año 2012, no habiendo emisiones en los primeros años de la serie. En comparación con el último año reportado en el informe anterior, las emisiones han disminuido en un 744,7 %. En el Anexo VI se puede observar toda la serie temporal.

Tabla 6-41.

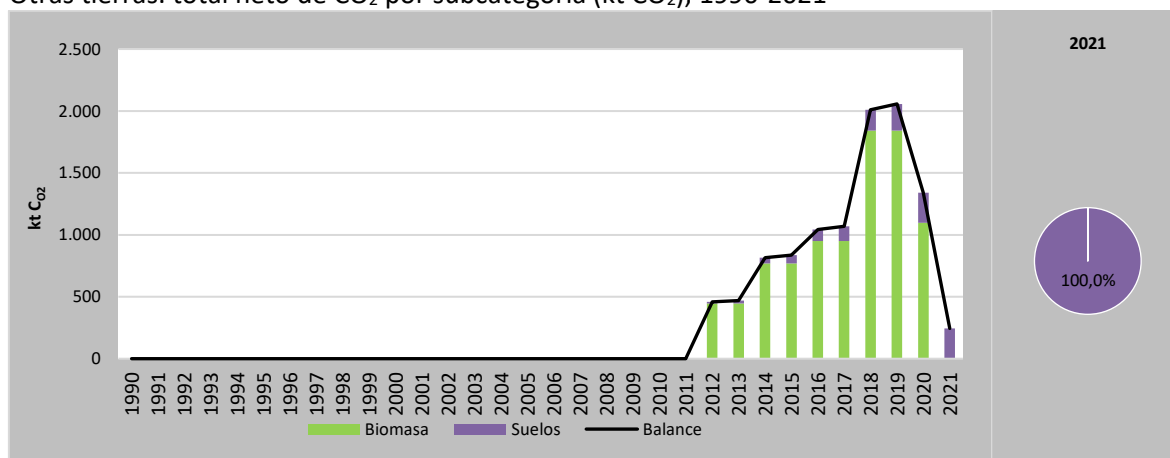
Otras tierras: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
4.F.1. Otras tierras que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras	NO	NO	NO	NO	NO	836,5	2.056,9	1.340,4	243,5
Total neto	NO	NO	NO	NO	NO	836,5	2.056,9	1.340,4	243,5

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA)

Figura 6-29.

Otras tierras: total neto de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA)

6.9.2. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de CO₂ en la subcategoría de *tierras convertidas en asentamientos*, se utilizó el método de Nivel 1 y Nivel 2. Los cálculos se basaron en valores de biomasa provenientes del Inventario Forestal Nacional de 2015 y los valores para el depósito de suelos proviene de factores por defecto. En la Tabla 6-42 se presentan los métodos aplicados por subcategoría.

Tabla 6-42.

Otras tierras: métodos aplicados por subcategoría para 2021

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂	
		Método aplicado	Factor de emisión
4.F.	Otras tierras	T1, T2, NE, NO	D, CS, NE, NO
4.F.1.	Otras tierras que permanecen como tales	NE	NE
4.F.2.	Tierras convertidas en otras tierras	T1, T2, NO	D,CS, NO
4.F.2.a.	Tierras forestales convertidas en otras tierras	T2	D, CS
4.F.2.b.	Tierras de cultivo convertidas en otras tierras	NO	NO
4.F.2.c.	Pastizales convertidos en otras tierras	NO	NO
4.F.2.d.	Humedales convertidos en otras tierras	NO	NO
4.F.2.e.	Asentamientos convertidos en otras tierras	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1; T2= Nivel 2 D = Por defecto; CS = País específico; NE = No estimada.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La estimación de emisiones y absorciones C en la categoría de *otras tierras* se llevó a cabo mediante el Método de pérdidas y ganancias de biomasa establecido en las *Directrices del IPCC de 2006*, tal como se detalla en el apartado 6.1.3. Este método consiste en calcular el cambio anual en las existencias de carbono como la diferencia entre el incremento anual de C y la reducción anual debida a las pérdidas de C (ver Ecuación 6-3). Posteriormente, se realizó la sumatoria de todos los depósitos estimados (ver Ecuación 6-2).

Para el depósito de biomasa, se aplica el método de Nivel 2, dado que se dispone de superficies desagregadas a escalas espaciales y datos específicos del país referidos a las existencias de C previas a la conversión. Se emplearon las Ecuaciones 6-10 y 6-11 para la estimación del depósito, que ya se encuentran explicadas en el apartado de *tierras de cultivo*.

En el depósito de suelos minerales, se utilizó el método Nivel de 1 con valores por defecto empleando la Ecuación 6-8, detallada en el punto de *tierras forestales*.

6.9.2.1. Datos de actividad específicos de la categoría

La representación de las tierras mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra generadas a partir de los mapas desarrollados por el INFONA, como se explica en la sección 6.3, constituye la base para obtener los datos de actividad necesarios para la estimación de la presente categoría. En esa sección también se detalla el proceso de relleno de datos para cada uno de los años de la serie temporal.

Tierras convertidas en otras tierras

Para las *tierras convertidas en otras tierras*, específicamente *tierras forestales convertidas en otras tierras*, para el depósito de biomasa y suelos minerales se utilizaron las superficies de cambio de uso de la tierra obtenidos mediante matrices de uso y cambio de uso de la tierra. Como se indicó previamente, los mapas presentan datos distribuidos en los cuatro estratos del bosque nativo y el estrato palmar (ver Tabla 6-43 y Figura 6-30). Para el depósito de suelos se realizó además el análisis de 20 años de transición para su posterior estimación

Tabla 6-435.

Otras tierras: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en otras tierras* (hectárea)

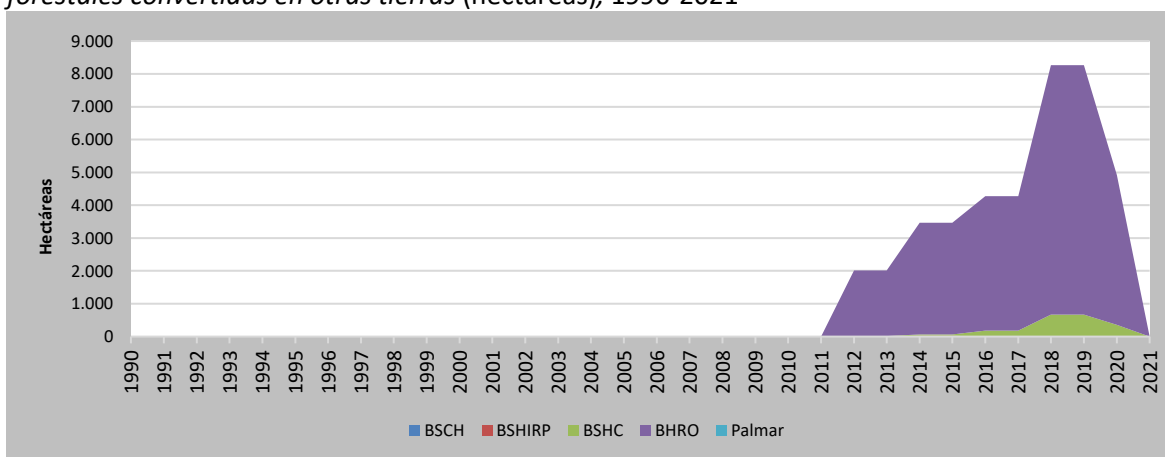
Año	4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras				
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2012	0,0	4,5	16,2	1989,3	0,0
2013	0,0	4,5	16,2	1989,3	0,0
2014	0,0	29,4	33,2	3403,6	0,0
2015	0,0	29,4	33,2	3403,6	0,0
2016	0,0	0,5	178,3	4097,7	0,0
2017	0,0	0,5	178,3	4097,7	0,0
2018	0,0	7,0	662,2	7596,3	0,0

Año	4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras				
	BSCH	BSHIRP	BSHC	BHRO	Estrato Palmar
2019	0,0	7,0	662,2	7596,3	0,0
2020	0,0	6,8	352,7	4564,4	0,0
2021	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 6-30.

Otras tierras: superficie de cambio de uso de la tierra por estrato para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en otras tierras* (hectáreas), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

La Figura 6-30 presenta la superficie de cambio de uso de la tierra para la subcategoría de *tierras forestales convertidas en otras tierras*. Se evidencia que no fueron registrados cambios hasta el año 2012, alcanzando un pico significativo en 2019. Sin embargo, en 2021 no se registran cambios. La gráfica también muestra que el estrato de BHRO es el que más contribuye a estas conversiones.

6.9.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión utilizados en la categoría de *otras tierras* para las estimaciones de emisiones de CO₂ provienen de fuentes nacionales. A continuación, se procederá a explicar cada uno de estos elementos.

- Existencias de C en la biomasa antes de la conversión (B_{ANTES}): Los valores utilizados para el contenido de carbono en la biomasa de las tierras forestales, que incluyen a los bosques nativos y palmares, son específicos del país y provienen del Inventario Forestal Nacional de 2015. Estos valores se aplican a cada uno de los cinco estratos nativos citados anteriormente.
- Referencia de existencias de C (SOC_{REF}): Los valores de C en el suelo utilizados para cada uno de los estratos se basaron en datos ponderados a partir de valores de superficie del "Mapa de Regiones Climáticas del Paraguay", que fue desarrollado para reportes anteriores, y los valores por defecto del Cuadro 2.3 del *Refinamiento de 2019*, realizando un cruce entre los tipos de suelos y las regiones climáticas.

- Factores de cambio de existencia de carbono en el suelo (F_{LU} , F_{MG} , F_I): Los factores de ajuste se determinaron de acuerdo con lo estipulado en la sección 9.3.3 del capítulo 9, del volumen 4 de las *Directrices de IPCC de 2006*.

En la Tabla 6-44 se especifican los valores de los distintos factores de emisión utilizados.

Tabla 6-44.

Otras tierras: factores de emisión aplicados por fuente o sumidero de CO₂

4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras		
Fuente o sumidero de GEI	Valor	Unidad
Depósito: biomasa		
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSCH	38,6	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHIRP	71,8	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BSHC	65,1	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión BHRO	60,4	ton C ha ⁻¹
Existencias de C en la biomasa antes de la conversión Estrato Palmar	18,0	ton C ha ⁻¹
Depósito: suelos minerales		
Referencia de existencias de C BSCH	21,9	ton C ha ⁻¹
Referencia de existencias de C BSHIRP	40,2	ton C ha ⁻¹
Referencia de existencias de C BSHC	11,9	ton C ha ⁻¹
Referencia de existencias de C BHRO	33,5	ton C ha ⁻¹
Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra al último año del inventario	0,8	-
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión al último año del inventario	1,1	-
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica al último año del inventario	1,0	-
Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra al inicio del periodo del Inventario	1,0	-
Factor de cambio de existencias para el régimen de gestión al inicio del periodo del Inventario	1,0	-
Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica al inicio del periodo del Inventario	1,0	-

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

6.9.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Paraguay aplica flexibilidades a dos disposiciones de las MPGs, las cuales son las siguientes:

- Evaluación de la Incertidumbre:** En el párrafo 29 se establece que las partes deben estimar cuantitativa y cualitativamente la incertidumbre de las estimaciones para todas las categorías. Paraguay, al no contar con datos sobre incertidumbre y enfrentar algunas brechas en la metodología, presentará una discusión cualitativa sobre la incertidumbre para las categorías principales.
Paraguay buscará superar esta brecha en el próximo reporte, mediante la conformación de un equipo estadístico y generando espacios para el desarrollo de capacidades en materia de incertidumbre para los compiladores y generadores de datos.
- Año de Reporte:** El párrafo 58 indica que el año de reporte más reciente no debe ser más de dos años anterior a la presentación del informe. Paraguay presentará el informe para la serie temporal 1990-2021, es decir, tres años antes de la presentación, debido a que no se cuenta con datos de actividad actualizados hasta 2022 para todas las categorías del INGEI. Paraguay, en la medida de sus capacidades, aunarà esfuerzos para cumplir con lo dispuesto en las MPGs lo antes posible.

6.9.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Conforme a la flexibilidad permitida por el párrafo 29 de las MPGs, Paraguay ha optado por proporcionar una estimación cualitativa de la incertidumbre únicamente para aquellas categorías que han sido identificadas como principales.

6.9.5. AC/CC de la categoría

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, el Control de Calidad (CC) consiste en un conjunto de actividades técnicas rutinarias diseñadas para evaluar y mantener la calidad del inventario durante su compilación. Esto incluye controles de exactitud en la adquisición de datos y cálculos, así como procedimientos normalizados para la estimación de emisiones y absorciones. Para implementar estos procedimientos, se utilizó una lista de verificación detallada disponible en el Anexo IV, lo que garantizó revisiones uniformes y exhaustivas.

Por otro lado, la Garantía de Calidad (GC) implica un sistema de revisión planificado, realizado por personal ajeno al proceso de compilación del inventario. Estas revisiones aseguran el cumplimiento de objetivos mensurables y que el inventario refleje las mejores estimaciones de emisiones y absorciones, de acuerdo con el conocimiento científico actual y la disponibilidad de datos. Además, se cuenta con un plan de mejora basado en las recomendaciones de dicho proceso, el cual también se presenta en el Anexo IV.

6.9.6. Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos se aplicaron a toda la serie temporal 1990-2021, abarcando específicamente los años recalculados del período 1990-2019. Estos ajustes se llevaron a cabo debido a la incorporación de nuevos datos de actividad en el Inventario. Para los años 1990-1999, se utilizó una nueva fuente de datos para las superficies de cambio de uso de la tierra, reemplazando el artículo científico de Huang *et al.* (2009) por el "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002", manteniendo la coherencia con los demás mapas. En la Tabla 6-45, se presentan las diferencias observadas con respecto al reporte anterior.

Tabla 6-45.

Otras tierras: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI CCN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	790,7	1.890,5		
INGEI 1BTR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	836,5	2.056,9	1.340,4	243,5
Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-45,8	-166,4		
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,8%	8,8%		
Efecto en total neto %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,8%	8,8%		

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

6.9.7. Mejoras planificadas para la categoría

Es fundamental destacar las siguientes oportunidades de mejora que se buscarán abordar en el próximo ciclo para el sector UTCUTS:

1. Desarrollo de un sistema de compilación de datos: El INFONA, como entidad responsable de compilar datos del sector, tiene como objetivo desarrollar un sistema que garantice la recopilación eficiente de datos de actividad y otros parámetros. Este sistema buscará

asegurar la coherencia y una desagregación lo más específica posible de los datos, lo que impactará directamente en la precisión de las estimaciones.

2. Coherencia y consistencia en la clasificación de uso de la tierra: Llevar a cabo un proceso de actualización de los mapas de uso de la tierra, asegurando que las clasificaciones sean coherentes y consistentes a lo largo de toda la serie temporal. Esto implica establecer estándares claros para la categorización de usos, así como métodos que garanticen la precisión y la consistencia de los datos.

6.10. Productos de madera recolectada (CRT 4.G)

Categoría no estimada.

6.11. Otros (especificar) (CRT 4.H)

No aplica.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

7

CAPÍTULO

SECTOR RESIDUOS



Capítulo 7. RESIDUOS (CRT 5)

7.1. Panorama general del sector

7.1.1. Descripción del sector

El sector *residuos* incluye las emisiones de GEI producidas por la *disposición de residuos sólidos*, el *tratamiento biológico de residuos*, la *incineración y quema abierta de residuos* y el *tratamiento y descarga de aguas residuales*. (IPCC, 2006).

Las categorías y subcategorías incluidas junto con los GEI que resultan de las mismas son las siguientes:

- 5.A. Disposición de residuos sólidos
 - 5.A.1. Sitios disposición de residuos gestionados (CH₄)
 - 5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados (CH₄)
 - 5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados (CH₄)
- 5.C. Incineración y quema abierta de residuos
 - 5.C.1. Incineración de residuos (CO₂ y N₂O)
 - 5.C.2. Quema abierta de residuos (CO₂, CH₄ y N₂O)
- 5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales
 - 5.D.1. Aguas residuales domésticas (CH₄ y N₂O)
 - 5.D.2. Aguas residuales industriales (CH₄ y N₂O)

El sector *residuos* en Paraguay se caracteriza por una gran debilidad por parte de las instituciones competentes para abocarse a una gestión adecuada. La responsabilidad de la gestión de los residuos sólidos urbanos corresponde a las municipalidades del país, las cuales trabajan de forma poco planificada y con recursos limitados, a lo cual se suma la ausencia de una coordinación efectiva en la formulación de planes, programas y proyectos a nivel nacional, departamental y municipal. En las últimas décadas, ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el enfoque de “recolección y disposición final” dejando rezagados el aprovechamiento, valorización, reciclaje y tratamiento de estos.

En cuanto a la gestión de aguas residuales, tanto domésticas como industriales, existe una limitada infraestructura de redes de alcantarillado sanitario y aún son escasos los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

7.1.2. Tendencia de los GEI del sector

Residuos es uno de los sectores emisores de GEI en el país, con un total de 2.542,3 kt CO₂ eq en el año 2021, representando el 7,1 % del total de emisiones nacionales. En la Tabla 7-1 se presenta las emisiones correspondientes al año 2021 por gas, categoría y subcategoría.



Tabla 7-1.

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

Código	Categorías de fuente de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO _x (kt)	Total de GEI (kt CO ₂ eq)
5.	Residuos	1,7	89,7	0,1	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NE, NO	NE, NO	2.542,3
5.A.	Disposición de residuos sólidos		49,43		NA	NA	NE		1.384,0
5.A.1.	Sitios de disposición de residuos gestionados		17,9		NA	NA	NE		501,1
5.A.2.	Sitios de disposición de residuos no gestionados		3,0		NA	NA	NE		83,4
5.A.3.	Sitios de disposición de residuos no categorizados		28,6		NA	NA	NE		799,5
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE	NE	NE	NE		NE
5.B.1.	Compostaje		NE	NE	NE	NE	NE		NE
5.B.2.	Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás		NE	NE	NE	NE	NE		NE
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	1,7	0,9	0,0	NE	NE	NE	NE	29,3
5.C.1.	Incineración de residuos	0,4	NE	0,0	NE	NE	NE	NE	0,4
5.C.2.	Quema de residuos	1,3	0,9	0,0	NE	NE	NE	NE	28,9
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		39,4	0,1	NA, NE	NA, NE	NE		1.129,0
5.D.1.	Aguas residuales domésticas		31,6	0,0	NA	NA	NE		894,0
5.D.2.	Aguas residuales industriales		7,7	0,1	NA	NA	NE		235,0
5.D.3.	Otros (especificar)		NE	NE	NE	NE	NE		NE
5.E.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Elementos informativos								
5.F.1.	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	NO							NO
5.F.1.a.	Cambio anual en el total del almacenamiento a largo plazo de C	NO							NO
5.F.1.b.	Cambio anual en el total del almacenamiento a largo plazo de C en residuos de PMR	NO							NO

Referencias: NE = no estimada; NA = no aplicable; NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Algunas fuentes de emisiones dentro del sector *residuos* no ocurren en el país (NO), otras por falta de metodología no fueron estimadas (NE).

La contribución porcentual del sector *residuos* en el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) pasó del 1,8 % en el año 1990 a un 3,4 % en el año 2019, representando un 7,1 % en el año 2021.

Desde 1990 a 2021 las emisiones de GEI del sector se han incrementado en un 177,5 % y de 2019 a 2021 hubo un aumento del 5,2 %. La principal causa del incremento en la serie temporal 1990-2021 ha sido el aumento de la población, lo cual incide directamente en las emisiones generadas por la *disposición de los residuos sólidos* y las *aguas residuales domésticas*. En el año 2021, las emisiones correspondientes a la categoría *tratamiento y la disposición de los residuos sólidos* un 54,4 %, las *descargas de las aguas residuales* representaron el 44,4 % del total del sector y las de *incineración y quema abierta de residuos* fueron del 1,2 %. Esto se presenta en la Tabla 7-2 y en la Figura 7-1.

Tabla 7-2.

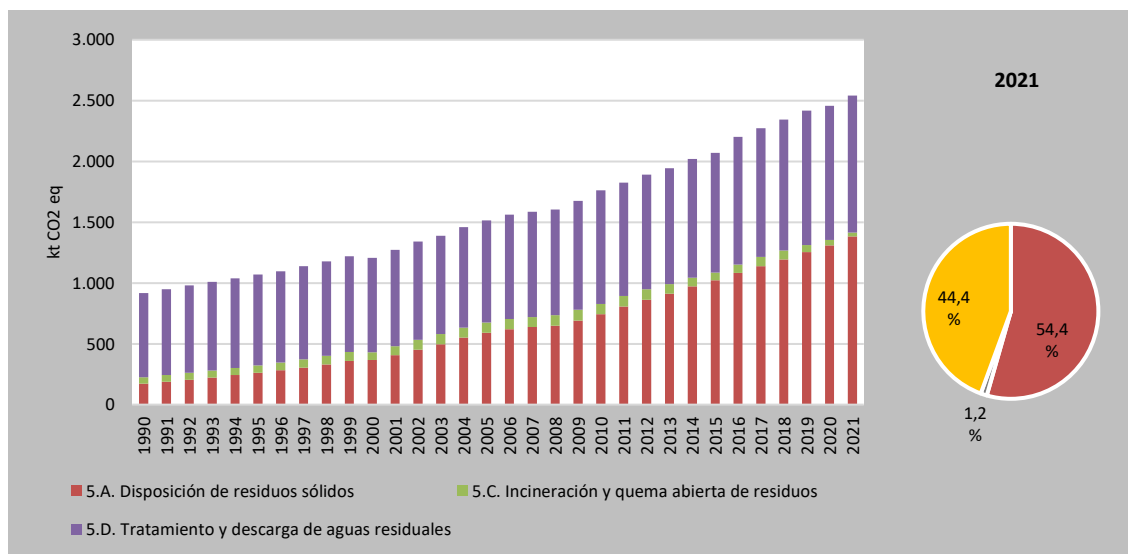
Sector *Residuos*: total de GEI por categoría (kt CO₂ eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
5.A. Disposición de residuos sólidos	172,5	262,9	368,3	589,8	743,8	1.021,5	1.252,9	1.310,4	1.384,0
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	53,1	59,3	63,0	84,3	83,4	63,6	57,7	43,4	29,3
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	690,7	747,7	774,2	841,8	935,6	983,6	1.107,0	1.102,0	1.129,0
Total	916,2	1.069,8	1.205,5	1.515,9	1.762,8	2.068,7	2.417,6	2.455,8	2.542,3

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEl del MADES.

Figura 7-1.

Sector *Residuos*: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEl del MADES.

En cuanto a las subcategorías más relevantes en el año 2021, se encuentra en primer lugar la correspondiente a *tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas* con el 35,2 % de contribución de emisiones, siguiéndole los sitios de *disposición de residuos no categorizados* con el 31,4 %.

Con respecto a los GEI resultantes de las actividades del sector, como se observa en la Tabla 7-3 y en la Figura 7-2, el CH₄ es el gas que más influye en el total de emisiones representando el 98,8 % en el año 2021, siguiendo el N₂O con el 1,2 % y por último el CO₂ con el 0,1 %. El CO₂ producido se debe a la *incineración y quema abierta de residuos*, el N₂O a la *quema abierta de residuos* y al *tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas e industriales*, mientras que el CH₄ se produce principalmente por el *tratamiento y descarga de aguas residuales* y la *disposición de los residuos sólidos*.

En cuanto a la variación de emisiones entre el año 2021 y el año base del inventario, el CH₄ tuvo un incremento del 180,2 % debido principalmente a las emisiones del *tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas* y a los sitios de eliminación de residuos. En cuanto al N₂O se tuvo un incremento del 109,9 %, mientras que para el CO₂ se presenta una disminución del 72,1 % debido a la disminución de la quema de residuos a cielo abierto. El aumento de las emisiones de CH₄ en el último año del inventario con respecto al año 2019 fue del 5,3 %, y una disminución del 2,6 % para el N₂O y del 54,8 % para el CO₂.

Tabla 7-3.

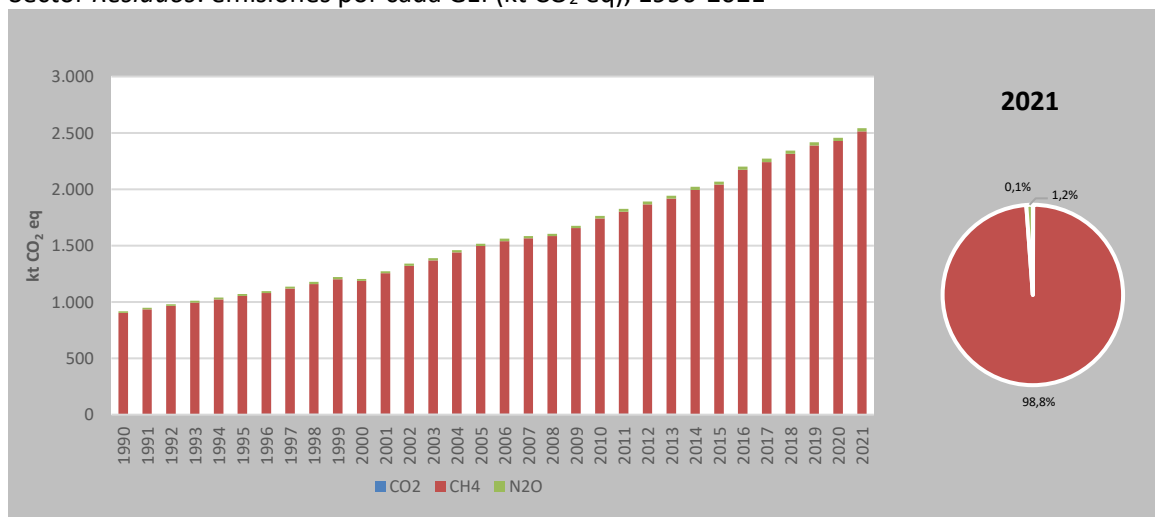
Sector Residuos: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
CO ₂	6,1	7,0	7,1	9,4	8,5	6,1	3,7	2,6	1,7
CH ₄	896,1	1.046,2	1.180,9	1.486,8	1.731,7	2.037,2	2.383,6	2.424,5	2.511,1
N ₂ O	14,0	16,7	17,4	19,8	22,6	25,5	30,2	28,7	29,5
Total	916,2	1.069,8	1.205,5	1.515,9	1.762,8	2.068,7	2.417,6	2.455,8	2.542,3

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 7-2.

Sector Residuos: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

7.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para la estimación de emisiones de GEI del sector *residuos* se aplicaron métodos de Nivel 1 y Nivel 2 establecidos por las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento 2019*, utilizando como instrumento de cálculo el IPCC Inventory Software, versión 2.93.

No fue posible estimar las emisiones correspondientes a la categoría *tratamiento biológico de residuos sólidos*, debido a la falta de datos accesibles relacionados a dicha actividad.

En la Tabla 7-4 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por GEI.

Tabla 7-4.

Sector Residuos: resumen de métodos aplicados por categoría

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5. Residuos	T2a, NA, NO	D, NA, NO	T1, T2, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
5.A. Disposición de residuos sólidos	NA	NA	T2	D		
5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos			NE	NE	NE	NE
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	T2a	D	T1, NE	D, NE	T1	D
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales			T1	D	T1	D
5.E. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Referencias: T1 = Nivel 1; T2 = Nivel 2; T2a = Nivel 2a; D = Por defecto; NE = No estimada; NA = No aplicable; NO = No ocurre.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En el sector *residuos* los datos de actividad (DA) están relacionados principalmente con estadísticas públicas por tratarse de datos relacionados con la población (residuos generados, aguas residuales generadas, etc.), estos indicadores fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE)⁴². También se recurrió a datos publicados en el Balance Energético Nacional (BEN)⁴³ y solicitado a municipios. Además de ello, muchos otros datos debieron ser recopilados de las instituciones sectoriales, tal como es el caso de agua y saneamiento como el ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN) y Dirección de Agua Potable y Saneamiento (DAPSAN) del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). En algunos casos también se recurrió a empresas del sector privado, como los datos de residuos incinerados. Los datos correspondientes a la disposición de los residuos sólidos fueron aportados mayormente por un experto local con amplia experiencia en el sector. También fueron utilizados datos de fuentes internacionales, en este caso de la FAO, IICA y United States Department of Agriculture sobre la producción de sectores industriales utilizados en la estimación de emisiones generadas en el tratamiento de aguas residuales industriales. Y por último, el llenado de vacíos de información por método estadístico, mencionados en la tabla 7-5 abajo.

⁴² Disponible en <https://www.ine.gov.py/microdatos/index.php?cant=99&tema=TODO>

⁴³ Disponible en https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1805

Tabla 7-5.

Sector residuos: resumen de método estadísticos aplicados por categoría y método

Categoría	Dato		Unidad	Método
5.A. Disposición de Residuos Sólidos	Tasa de Generación Per cápita Anual		Kg/hab/año	1. Tendencia Lineal 2. Tasa Compuesta
	Recolección de RSU %		Porcentaje (%)	
	Manejo Anaeróbico Manejo de manera no eficiente semi-aeróbico No gestionado poco profundo No categorizado		Porcentaje (%)	
	No gestionado profundo		Porcentaje (%)	1. Extrapolación de tendencia
	Manejo Anaeróbico Manejo de manera no eficiente semi-aeróbico No gestionado profundo No gestionado poco profundo No categorizado		Porcentaje (%)	1.Tendencia Lineal
	Alimento Jardinería Papel Textil		Porcentaje (%)	1. Tasa Compuesta
	Otros, residuos inertes		Porcentaje (%)	1. Extrapolación de tendencia
	5.C.2. Quema abierta de residuos	Hogares por año, según área de residencia y disposición de la basura: Quema (urbano y rural)		Fracción
5.D.1. Aguas residuales domésticas	Suministro medio de proteínas		g/persona/día	1.Tendencia Lineal 2.Interpolación Lineal
	Con arrastre de agua, red de alcantarillado sanitario (Cloaca) Con arrastre de agua, cámara séptica y pozo ciego(absorbente) Con arrastre de agua con pozo ciego(absorbente) Otro No disponible	Total País, Urbano, Rural	Porcentaje (%)	1. Extrapolación de tendencia
	Alcantarillado con tratamiento 2% (lagunas anaeróbicas poco profundas)	Urbano, Rural	Porcentaje (%)	1. Extrapolación de tendencia
	Alcantarillado sin tratamiento 98% (ríos, etc.)			
	Sistemas sépticos (cámara séptica + pozo ciego)			
	Letrina (clima húmedo, tipo familiar)			
	Población con alcantarillado			
	Población con alcantarillado con tratamiento (laguna)			
	Población con alcantarillado sin tratamiento (río, lago)			
	Población urbana sin alcantarillado con sistema séptico			
	Población rural sin alcantarillado con letrina			
	5.D.2. Aguas residuales industriales	Producción de Aceite de Colza		Toneladas (Tn)
Producción de Aceite de Maíz				

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Adicionalmente, los criterios generales para la selección del método estadístico utilizados fueron determinados considerando aspectos técnicos tanto estadísticos como el conocimiento de las circunstancias nacionales, basados en los siguientes puntos:

- La naturaleza de los datos faltantes: Se evaluó si los vacíos correspondían a series continuas o puntos específicos dentro de la serie temporal.
- La cantidad y calidad de los datos disponibles: Esto determinó si era posible realizar estimaciones robustas con un método específico.
- La coherencia con las estadísticas nacionales: Se priorizó mantener consistencia con los patrones reportados nacionalmente.
- La complejidad de la categoría: En categorías donde los datos tienen mayor heterogeneidad, se priorizaron métodos más sofisticados.

El detalle de los DA utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada categoría.

Con respecto a los factores de emisión (FE) utilizados, los mismos corresponden a valores por defecto extraídos de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019*.

7.2. Disposición de residuos sólidos (CRT 5.A)

7.2.1. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

El tratamiento y disposición de los residuos sólidos municipales, industriales, hospitalarios, entre otros, producen cantidades significativas de CH₄. Además, los sitios de disposición de residuos sólidos (SDRS) producen también dióxido de carbono biogénico (CO₂), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso (N₂O).

La descomposición de la materia orgánica derivada de las fuentes de biomasa (p. ej., cultivos, madera, etc.) es la fuente principal de liberación de CO₂ a partir de residuos. Estas emisiones de CO₂ no están incluidas en los totales nacionales de este sector porque el carbono es de origen biogénico y las emisiones netas se contabilizan en el sector AFOLU.

De acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019* fueron consideradas las fuentes correspondientes a los sitios de *disposición de residuos sólidos*, las cuales son los *sitios de disposición de residuos gestionados, no gestionados y no categorizados*.

La *disposición de residuos sólidos* es la principal categoría emisora de GEI del sector *residuos*, representando el 52,9 % de las emisiones de GEI del sector para el año 2021, alcanzando las emisiones de GEI un total de 1.384,0 kt CO₂ eq, con un incremento del 702,5 % desde 1990 y en un 10,5 % respecto al año 2019.

El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es el crecimiento poblacional y, por lo tanto, la generación de residuos. También está determinada por las variaciones en las diferentes formas de disposición final de los residuos sólidos urbanos, lo cual fue cambiando a lo largo del tiempo.

Respecto a las subcategorías, como se observa en la Tabla 7-6 y Figura 7-3, en el año 2021 la de mayor relevancia es *sitios de disposición de residuos no categorizados* con un 57,8 % de las emisiones de la categoría, seguida de *sitios de disposición de residuos gestionados* con un 36,2 % y por último *sitios de disposición de residuos no gestionados* con un 6,0 %.

Tabla 7-6.

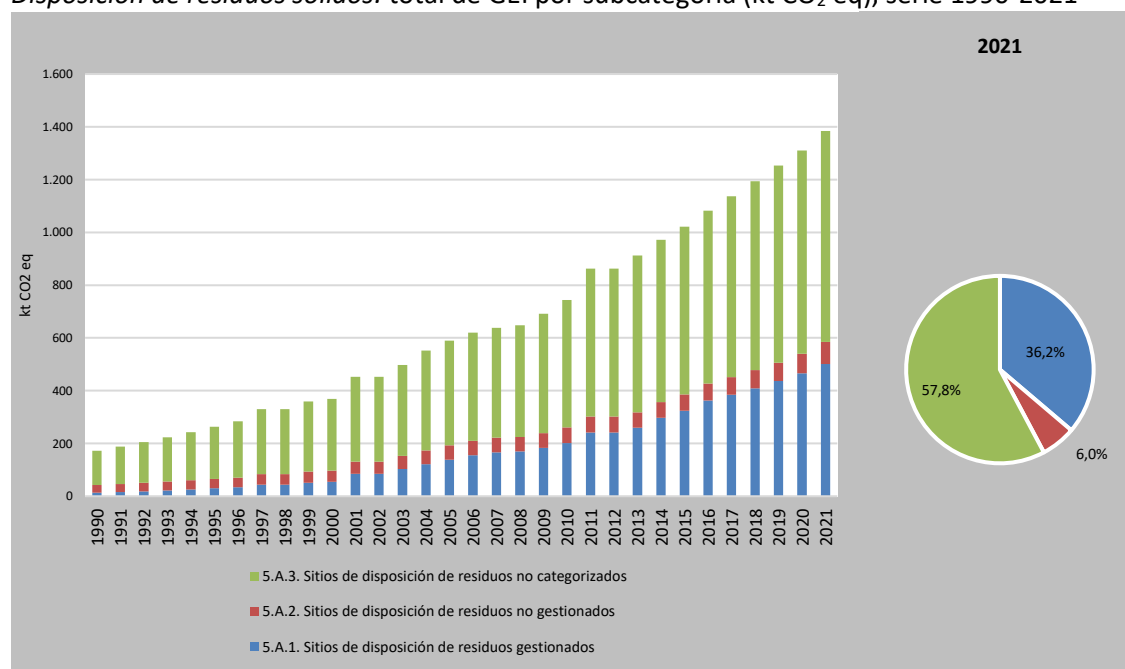
Disposición de residuos sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
5.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	13,1	29,9	54,8	138,1	201,2	324,1	436,9	465,4	501,1
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	29,5	36,1	42,4	55,2	59,2	62,3	69,4	74,0	83,4
5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	129,9	196,9	271,2	396,5	483,4	635,0	746,6	771,0	799,5
Total	172,5	262,9	368,3	589,8	743,8	1.021,5	1.252,9	1.310,4	1.384,0

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 7-3.

Disposición de residuos sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq), serie 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

7.2.2. Aspectos metodológicos de la categoría

En la siguiente tabla se puede ver un resumen con los niveles metodológicos aplicados en la presente categoría.

Tabla 7-6.

Disposición de residuos sólidos: resumen de métodos aplicados por subcategoría

Subcategoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.A. Disposición de residuos sólidos	NA	NA	T2	D		
5.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	NA	NA	T2	D		
5.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	NA	NA	T2	D		
5.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	NA	NA	T2	D		

Referencias: T2 = nivel 2; D = por defecto; NA = no aplicable.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Para el cálculo de emisiones de CH₄, se utilizó el método de Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019*, considerando que es una categoría principal (según IBA3), la aplicación del método de descomposición de primer orden (FOD, del inglés, First Order Decay) con algunos parámetros por defecto, pero con datos de actividad específicos del país, basados en estadísticas nacionales provistos por un experto en residuos.

La metodología de las *Directrices del IPCC de 2006* para estimar las emisiones de CH₄ provenientes de los SDRS se basa en el método FOD. En este método se formula la hipótesis de que el carbono orgánico degradable (COD) de los residuos se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas, durante las cuales se forman el CH₄ y el CO₂. Si las condiciones permanecen constantes, el índice de producción del CH₄ depende únicamente de la cantidad de carbono restante en los residuos. De aquí resulta que las emisiones de CH₄ generadas por los residuos depositados en un vertedero son las más altas durante los primeros años siguientes a la eliminación y que, luego, éstas decaen a medida que el carbono degradable de los residuos es consumido por las bacterias responsables de la descomposición. La transformación de la materia degradable de los SDRS en CH₄ se produce a través de una cadena de reacciones paralelas. Un modelo completo tiende a ser muy complejo y varía con las condiciones prevalecientes en los SDRS. Sin embargo, los datos de las observaciones de laboratorio y de campo sobre la generación de CH₄ sugieren que el proceso global de descomposición puede aproximarse por una cinética de primer orden, y esto ha sido ampliamente aceptado. El IPCC ha adoptado, por lo tanto, el modelo FOD como base para la estimación de las emisiones de CH₄ generadas por los SDRS.

Ecuación 7-1

CH₄ emitido desde los SDRS

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[\sum_x CH_4\ generado_{x,T} - R_T \right] \cdot (1 - OX_T)$$

Fuente: Ecuación 3.1; Capítulo 3; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisiones_{CH₄} = CH₄ emitido durante el año T, Gg

T = año del inventario

x = categoría o tipo de residuo y/o material

R_T = CH₄ recuperado durante el año T, Gg

OX_T = factor de oxidación durante el año T, (fracción)

Ecuación 7-2

COD disuelto a partir de los datos sobre eliminación de residuos

$$DDOC_m = W \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot MCF$$

Fuente: Ecuación 3.2; Capítulo 3; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

DDOC_m = masa del DDOC depositado, Gg

W = masa de los residuos depositados, Gg

DOC = carbono orgánico degradable durante el año de deposición, fracción, Gg de C/Gg de residuos.

DOC_f = Fracción de DDOC que puede descomponerse (fracción)

MCF = Factor de corrección de CH₄ para la descomposición aeróbica durante el año de disposición (fracción).

Ecuación 7-3

Transformación de DDOCm en L_0

$$L_0 = DDOCm \cdot F \cdot 16 / 12$$

Fuente: Ecuación 3.3; Capítulo 3; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

L_0 = potencial de generación de CH_4 , Gg de CH_4

DDOCm = masa del DOC disuelto depositado, Gg

F = fracción de CH_4 en el gas de vertedero generado (fracción de volumen)

16/12 = cociente de pesos moleculares CH_4/C (cociente)

Ecuación 7-4

DDOCm acumulado en los SDRS al término del año T

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} \cdot e^{-k})$$

Fuente: Ecuación 3.4; Capítulo 3; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Ecuación 7-5

DDOCm acumulado en los SDRS al término del año T

$$DDOCm_{descomp_T} = DDOCma_{T-1} \cdot (1 - e^{-k})$$

Fuente: Ecuación 3.5; Capítulo 3; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

T = año del inventario

DDOCma_T = DDOCm acumulado en los SDRS al final del año T, Gg

DDOCma_{T-1} = DDOCm acumulado en los SDRS al final del año (T-1), Gg

DDOCmd_T = DDOCm depositado en los SDRS durante el año T, Gg

DDOCm descomp_T = DDOCm descompuesto en los SDRS durante el año T, Gg

k = constante de reacción, $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (años⁻¹)

$t_{1/2}$ = vida media (años)

Ecuación 7-6

CH_4 generado a partir de los DDOCm en descomposición

$$CH_4 \text{ generado}_T = DDOCm_{descomp_T} \cdot F \cdot 16 / 12$$

Fuente: Ecuación 3.6; Capítulo 3; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

CH_4 generado_T = cantidad CH_4 generado a partir del material en descomposición

DDOCm descomp_T = CH_4 descompuesto durante el año T, Gg

F = fracción volumétrica de CH_4 en el gas de vertedero generado (fracción)

16/12 = cociente de pesos moleculares CH_4/C (cociente)

Con las ecuaciones mostradas arriba se estiman las emisiones de CH_4 procedentes de la disposición de residuos sólidos durante un solo año. El CH_4 se genera como resultado de la descomposición de materias orgánicas bajo condiciones anaeróbicas. Una parte del CH_4 generado se oxida en la cubierta de los SDRS o puede recuperarse para obtener energía o la quema en antorcha. La cantidad de CH_4 realmente emitido a partir de los SDRS será, por lo tanto, inferior a la cantidad generada.

El CH_4 recuperado debe restarse de la cantidad de CH_4 generada. Sólo la fracción de CH_4 que no se recupera está sujeta a la oxidación en la capa de la cubierta de los SDRS.

En el caso de Paraguay, no se tiene información de recuperación de CH₄ en los sitios, por lo cual todo el CH₄ generado se considera emitido a la atmósfera.

7.2.2.1. Datos de actividad de la categoría

Los DA incluyen la generación de residuos en general, por componente de residuos y la fracción de los residuos eliminados en los SDRS. La generación de residuos es el producto del índice de generación de residuos per cápita (kilogramos/habitante/año) para cada componente por la población (habitante).

El método FOD requiere datos sobre la disposición de residuos sólidos (cantidades y composición) que se recopilan por defecto para 50 años, para lo cual se tomó como año base 1950.

Los DA recabados se basan en diversas fuentes, entre ellas las estadísticas oficiales proporcionadas por el INE, estudios sectoriales, informaciones proporcionadas por el especialista en residuos y los llenados de vacíos de información con métodos estadísticos. Las mismas tienen como fuentes diversos estudios sectoriales relacionados a la gestión de los residuos sólidos urbanos, entre los que podemos mencionar:

- Estudio de la gestión de los residuos sólidos en el Paraguay (JICA, 1994)
- Planes de manejo comunales de la región oriental de Paraguay (STP, 2004)
- Implementación de planes de manejo para comunidades rurales (SENASA, 2017)
- Estudio de caracterización de los residuos sólidos en Asunción (Proyecto Asunción Sustentable, Municipalidad de Asunción - MADES - PNUD, 2019-2020).

Además, al realizar la homologación de la clasificación original de la composición de los residuos sólidos que son los siguientes: alimento; jardinería y madera; papel; textil; plásticos, vidrios, metales y otros inertes, queda así siguiendo las *Directrices del IPCC 2006* y su *Refinamiento 2019*: alimento; jardinería y madera; papel; textil; otros inertes respectivamente.

Entre los datos recabados que se utilizaron para realizar los cálculos del periodo 1950-2021, se obtuvieron los siguientes:

- Tasa de generación de residuos por habitante, en áreas urbanas y rurales
- Tasa de recolección de residuos sólidos municipales, en áreas urbanas y rurales
- Fracción de distribución por sitios de disposición de residuos sólidos
- Distribución por composición de residuos a nivel país

A continuación, se presenta en la Tabla 7-7 y Figura 7-4 el resumen de datos de la serie temporal 1950-2021 que permiten visualizar la evolución temporal.

Tabla 7-7.
Disposición de residuos sólidos: parámetros de datos de actividad utilizados

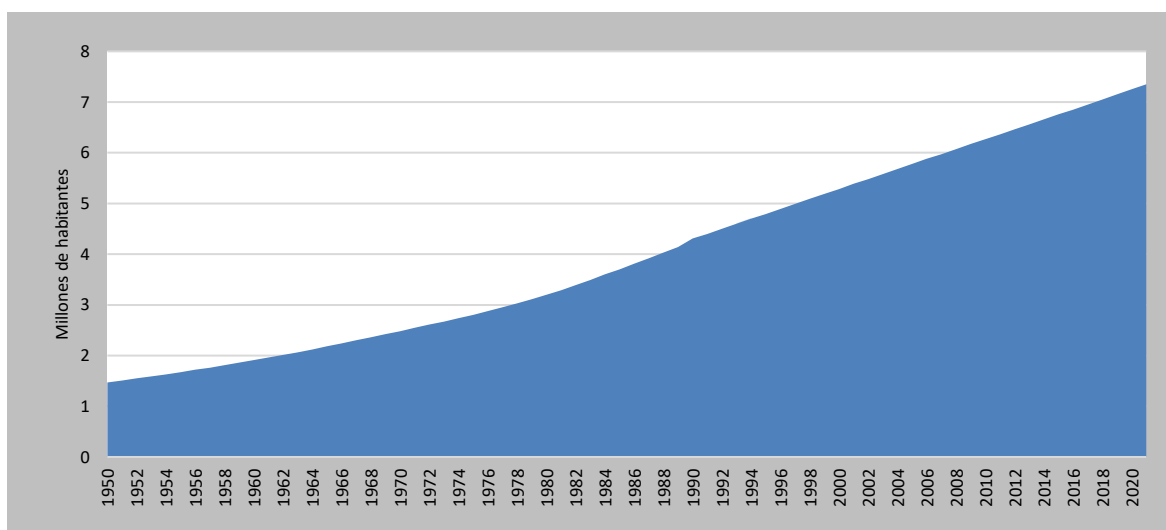
Año	Población total país	Generación per cápita total país	Recolección de RSM total país	Sitios de eliminación de residuos sólidos total país					Composición de los residuos sólidos total país				
				Manejado anaeróbico	Manejado de manera no eficiente semi- aeróbico	No gestionado profundo	No gestionado poco profundo	No categorizado	Alimento	Jardinería	Papel	Textil	Otros, residuos inertes
	Millones de habitantes	kg/hab/año	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1950	1,5	116,0	3,7%	0,0%	0,0%	0,0%	42,7%	57,4%	73,5%	3,4%	10,6%	2,0%	10,5%
1951	1,5	119,0	3,7%	0,0%	0,0%	0,0%	41,9%	58,1%	72,4%	3,5%	10,6%	2,0%	11,5%
1952	1,6	121,0	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	41,1%	58,9%	71,3%	3,7%	10,6%	2,0%	12,5%
1953	1,6	124,0	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	40,4%	59,6%	70,2%	3,8%	10,6%	2,0%	13,5%
1954	1,6	126,0	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	39,6%	60,4%	69,1%	4,0%	10,6%	1,9%	14,4%
1955	1,7	129,0	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	38,9%	61,1%	68,1%	4,1%	10,6%	1,9%	15,3%
1956	1,7	131,0	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	38,2%	61,8%	67,0%	4,3%	10,6%	1,9%	16,2%
1957	1,8	134,0	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	37,6%	62,4%	66,0%	4,5%	10,6%	1,9%	17,1%
1958	1,8	136,0	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	36,9%	63,1%	65,0%	4,7%	10,6%	1,9%	18,0%
1959	1,9	138,0	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	36,2%	63,8%	64,0%	4,8%	10,5%	1,8%	18,8%
1960	1,9	141,0	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	35,5%	64,5%	63,0%	5,0%	10,5%	1,8%	19,6%
1961	2,0	143,0	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	35,0%	65,1%	62,1%	5,2%	10,5%	1,8%	20,4%
1962	2,0	144,0	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	34,4%	65,7%	61,1%	5,4%	10,5%	1,8%	21,2%
1963	2,1	146,0	4,7%	0,0%	0,0%	0,0%	33,8%	66,3%	60,2%	5,7%	10,5%	1,7%	21,9%
1964	2,1	149,0	5,5%	0,0%	0,0%	0,0%	33,1%	66,9%	59,3%	5,9%	10,5%	1,7%	22,6%
1965	2,2	151,0	6,4%	0,0%	0,0%	0,0%	32,5%	67,5%	58,4%	6,1%	10,5%	1,7%	23,3%
1966	2,2	153,0	7,3%	0,0%	0,0%	0,0%	32,0%	68,1%	57,5%	6,4%	10,5%	1,7%	24,0%
1967	2,3	155,0	8,1%	0,0%	0,0%	0,0%	31,4%	68,6%	56,6%	6,6%	10,5%	1,7%	24,6%
1968	2,4	157,0	9,0%	0,0%	0,0%	0,0%	30,8%	69,2%	55,7%	6,9%	10,5%	1,6%	25,2%
1969	2,4	159,0	9,9%	0,0%	0,0%	0,0%	32,4%	67,6%	54,9%	7,2%	10,5%	1,6%	25,8%
1970	2,5	161,0	10,8%	0,0%	0,0%	0,0%	31,9%	68,1%	54,1%	7,5%	10,5%	1,6%	26,4%
1971	2,6	163,0	11,6%	0,0%	0,0%	0,0%	31,5%	68,6%	53,2%	7,8%	10,5%	1,6%	27,0%
1972	2,6	166,0	12,5%	0,0%	0,0%	2,5%	28,5%	69,0%	52,4%	8,1%	10,5%	1,6%	27,5%
1973	2,7	168,0	13,4%	0,0%	0,0%	2,6%	29,0%	68,5%	51,6%	8,4%	10,4%	1,5%	28,0%
1974	2,7	171,0	14,4%	0,0%	0,0%	2,6%	28,5%	68,8%	50,8%	8,7%	10,4%	1,5%	28,5%
1975	2,8	174,0	15,3%	0,0%	0,0%	2,7%	28,0%	69,2%	50,1%	9,1%	10,4%	1,5%	28,9%
1976	2,9	177,0	16,2%	0,0%	0,0%	3,1%	27,7%	69,2%	49,3%	9,5%	10,4%	1,5%	29,3%
1977	3,0	180,0	17,2%	0,0%	0,0%	3,4%	28,1%	68,5%	48,6%	9,8%	10,4%	1,5%	29,7%
1978	3,0	183,0	18,1%	0,0%	0,0%	3,8%	27,5%	68,8%	47,8%	10,2%	10,4%	1,5%	30,1%
1979	3,1	186,0	19,1%	0,0%	0,0%	4,1%	26,9%	69,0%	47,1%	10,6%	10,4%	1,4%	30,4%
1980	3,2	190,0	20,0%	0,0%	0,0%	4,5%	26,2%	69,3%	46,4%	11,1%	10,4%	1,4%	30,8%
1981	3,3	193,0	21,0%	0,0%	0,0%	4,9%	25,6%	69,5%	45,7%	11,5%	10,4%	1,4%	31,0%
1982	3,4	197,0	22,0%	0,0%	0,0%	5,2%	25,0%	69,7%	45,0%	12,0%	10,4%	1,4%	31,3%
1983	3,5	200,0	23,0%	0,0%	0,0%	5,6%	24,4%	70,0%	44,3%	12,5%	10,4%	1,4%	31,5%
1984	3,6	204,0	24,0%	0,0%	0,0%	6,0%	23,8%	70,2%	43,6%	13,0%	10,4%	1,4%	31,7%
1985	3,7	208,0	25,0%	0,0%	7,1%	0,0%	23,2%	69,7%	42,9%	13,5%	10,4%	1,3%	31,9%
1986	3,8	212,0	26,0%	0,0%	7,2%	0,0%	22,5%	70,3%	42,3%	14,0%	10,4%	1,3%	32,0%
1987	3,9	216,0	27,0%	0,0%	7,3%	0,0%	21,9%	70,8%	41,6%	14,6%	10,4%	1,3%	32,1%
1988	4,0	219,0	28,0%	0,0%	7,4%	0,0%	21,4%	71,2%	41,0%	15,2%	10,3%	1,3%	32,2%
1989	4,1	223,0	29,1%	0,0%	7,8%	0,0%	20,9%	71,3%	40,4%	15,8%	10,3%	1,3%	32,3%
1990	4,3	227,0	30,1%	0,0%	8,2%	0,0%	20,4%	71,3%	39,8%	16,4%	10,3%	1,3%	32,2%
1991	4,4	231,0	31,1%	0,0%	8,7%	0,0%	20,0%	71,4%	39,2%	17,1%	10,3%	1,2%	32,2%
1992	4,5	234,0	32,1%	1,1%	9,1%	0,0%	18,4%	71,4%	38,6%	17,8%	10,3%	1,2%	32,1%
1993	4,6	239,0	33,2%	1,1%	9,1%	0,0%	17,9%	71,9%	38,0%	18,5%	10,3%	1,2%	32,0%
1994	4,7	243,0	34,2%	1,2%	9,1%	0,0%	17,4%	72,3%	37,4%	19,2%	10,3%	1,2%	31,9%
1995	4,8	247,0	35,3%	1,3%	9,2%	0,0%	16,9%	72,7%	36,8%	19,9%	10,3%	1,2%	31,8%
1996	4,9	251,0	35,6%	1,3%	10,7%	0,0%	16,4%	71,6%	36,3%	20,7%	10,3%	1,2%	31,6%
1997	5,0	255,0	37,5%	1,4%	10,7%	0,0%	15,9%	72,0%	35,7%	21,5%	10,3%	1,2%	31,4%
1998	5,1	260,0	39,4%	1,4%	12,2%	0,0%	15,4%	70,9%	35,1%	22,3%	10,3%	1,1%	31,1%
1999	5,2	264,0	33,2%	1,5%	12,3%	0,0%	14,9%	71,3%	34,6%	23,2%	10,3%	1,1%	30,8%
2000	5,3	268,0	42,3%	1,5%	13,8%	0,0%	12,7%	72,0%	34,1%	24,1%	10,3%	1,1%	30,5%
2001	5,4	272,0	45,1%	1,6%	19,9%	0,0%	13,2%	65,4%	33,5%	25,0%	10,3%	1,1%	30,1%
2002	5,5	276,0	47,0%	1,7%	19,6%	0,0%	13,7%	65,1%	33,0%	26,0%	10,3%	1,1%	29,7%
2003	5,6	278,0	51,5%	1,7%	19,3%	0,0%	12,6%	66,4%	32,5%	27,0%	10,2%	1,1%	29,2%
2004	5,7	281,0	47,0%	6,4%	15,5%	0,0%	13,2%	64,9%	32,0%	28,1%	10,2%	1,1%	28,7%
2005	5,8	283,0	44,4%	11,5%	11,0%	0,0%	12,0%	65,5%	31,5%	29,1%	10,2%	1,1%	28,1%
2006	5,9	286,0	40,8%	13,4%	8,7%	0,0%	11,7%	66,3%	31,0%	30,3%	10,2%	1,0%	27,5%
2007	6,0	288,0	38,1%	13,5%	5,7%	0,0%	11,4%	69,4%	30,5%	31,4%	10,2%	1,0%	26,8%
2008	6,1	290,0	45,3%	13,5%	6,3%	0,0%	11,1%	69,1%	30,1%	32,6%	10,2%	1,0%	26,1%
2009	6,2	293,0	48,1%	13,6%	7,0%	0,0%	12,0%	67,4%	29,6%	33,9%	10,2%	1,0%	25,3%
2010	6,3	295,0	51,4%	13,6%	7,6%	0,0%	10,6%	68,2%	28,8%	35,6%	9,9%	1,0%	24,8%
2011	6,4	290,0	52,2%	13,7%	7,9%	0,0%	8,0%	70,4%	28,0%	37,3%	9,6%	0,9%	24,1%
2012	6,5	285,0	52,9%	13,7%	8,3%	0,0%	7,3%	70,7%	27,2%	39,2%	9,3%	0,9%	23,4%
2013	6,6	281,0	54,9%	19,0%	8,6%	0,0%	8,4%	64,0%	26,5%	41,1%	9,1%	0,8%	22,5%
2014	6,7	276,0	55,4%	17,4%	9,0%	0,0%	9,5%	64,2%	25,7%	43,2%	8,8%	0,8%	21,5%

2015	6,8	272,0	57,7%	20,3%	9,2%	0,0%	8,6%	61,8%	25,0%	45,3%	8,6%	0,8%	20,3%
2016	6,9	275,0	58,1%	16,6%	9,6%	0,0%	9,1%	64,8%	24,3%	47,6%	8,3%	0,7%	19,1%
2017	7,0	272,0	59,1%	17,1%	9,8%	0,0%	8,9%	64,2%	23,7%	49,9%	8,1%	0,7%	17,7%
2018	7,1	269,0	59,6%	18,2%	9,7%	0,0%	7,7%	64,4%	23,0%	52,4%	7,8%	0,7%	16,1%
2019	7,2	266,0	60,3%	18,6%	9,7%	0,0%	9,8%	61,9%	22,4%	55,0%	7,6%	0,6%	14,4%
2020	7,3	269,2	62,8%	19,1%	9,6%	0,0%	11,9%	59,4%	22,0%	57,2%	7,6%	0,6%	12,6%
2021	7,4	272,5	65,4%	19,5%	9,6%	0,0%	14,0%	56,9%	21,6%	59,6%	7,5%	0,6%	10,6%

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 7-4.

Disposición de residuos sólidos: población total país (millones de habitantes), serie 1950-2021

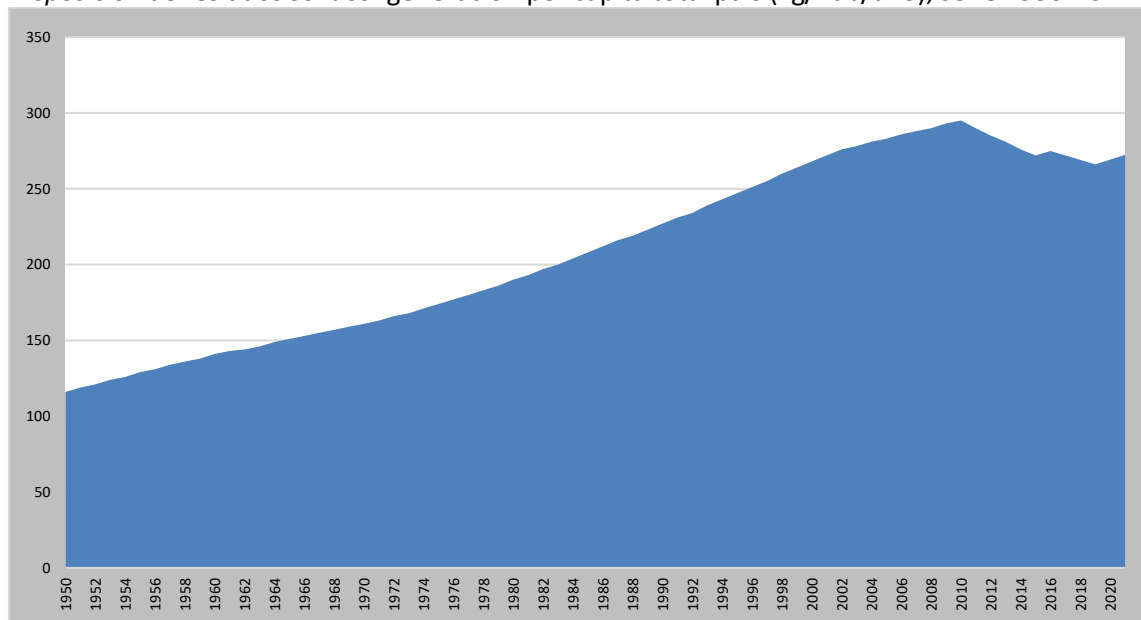


Fuente: INE.

Es de resaltar el comportamiento de la tasa de generación per cápita observada en la Figura 7-5, la cual tiene una inflexión a partir del año 2010 aproximadamente, con un ligero descenso. Esto se podría explicar por ciertos cambios de hábitos de la población que se reflejan en esta ligera disminución del peso de los residuos generados, lo cual se detecta en estudios posteriores y se confirma con el último estudio del Proyecto Asunción Sustentable (Municipalidad de Asunción - MADES - PNUD) realizado en el año 2019.

Figura 7-5.

Disposición de residuos sólidos: generación per cápita total país (kg/hab/año), serie 1950-2021



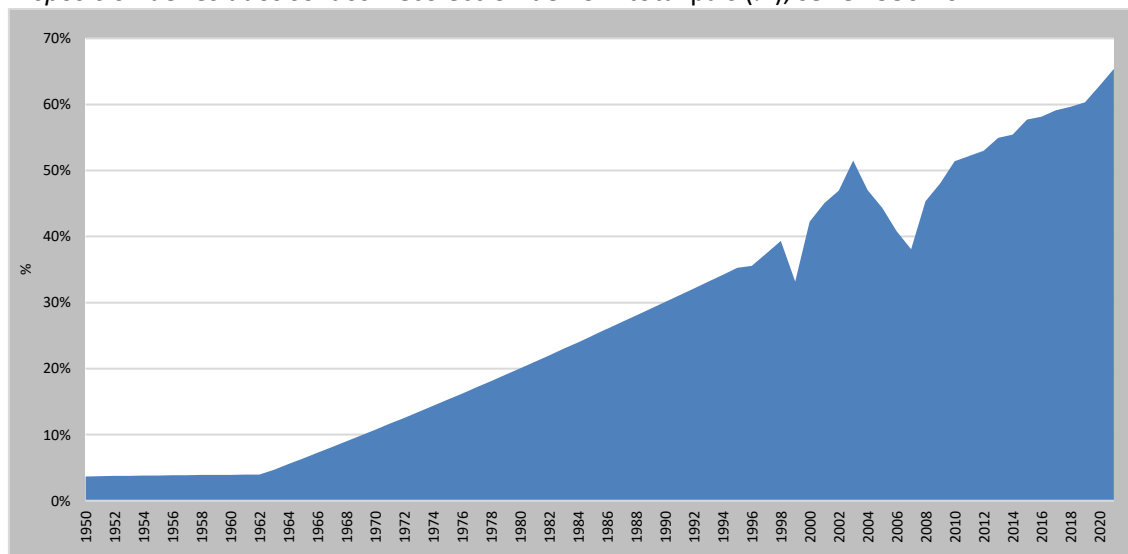
Fuente: Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

En 1962 Asunción solo tenía recolección en lugares públicos o según pedidos, ya en 1968 se implementa la recolección en el microcentro de Asunción, y en 1970 la recolección en otras ciudades. Hubo un crecimiento lineal por la expansión del servicio alrededor de Asunción y Encarnación con la implementación de la recolección alrededor de los años 1978/1980, Ciudad del Este (CDE) por su parte no contaba con servicio hasta 1974.

En 1998 hubo un repunte que hizo saltar el pico de recolección, coincidiendo con la donación de 810 vehículos recolectores, en 1999 empiezan a utilizarse dichos vehículos distribuidos en 12 municipios de Asunción y el Área Metropolitana de Asunción (AMA), abarcando 1.200.000 personas representadas por casi el 50 % de la población urbana, en 2007 hubo un quiebre debido a que dichos vehículos llegaron a su vida útil y no fue renovada la flota, ya en 2007 Asunción recolectaba en 10 vehículos con 20 años de antigüedad abarcando apenas al 20 % de la población, llegando a abarcar en el 2017 alrededor del 60 % o más de municipalidades en el país.

Figura 7-6.

Disposición de residuos sólidos: recolección de RSM total país (%), serie 1950-2021



Fuente: Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

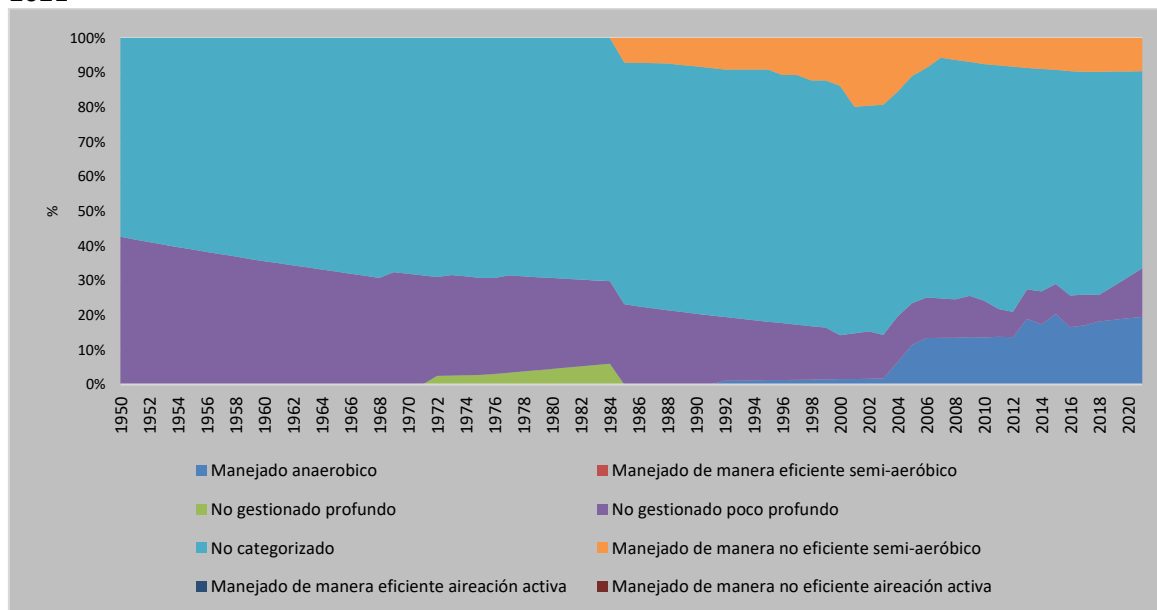
En cuanto a las fracciones correspondientes a los sitios de disposición final se observa una predominancia en toda la serie de los sitios no categorizados, lo que refleja la falta de una gestión planificada de los residuos por parte de las municipalidades en la mayor parte del país. En las décadas de los años 1950 y 1960, solo eran gestionados una parte de los residuos de la ciudad de Asunción y en el resto de los centros urbanos se enterraban en hoyos sanitarios, mientras que en las áreas rurales se disponían en sitios no gestionados poco profundos y en sitios no categorizados.

En el año 1972 se inicia en Asunción y otras ciudades de su área metropolitana, la práctica de disposición final de los residuos en zanjas no gestionadas profundas localizadas en las periferias urbanas como una forma de rellenar zonas bajas o depresiones del terreno. En 1985 se habilita en Asunción el vertedero de Cateura como un sitio manejado de forma semi-aeróbica, en donde se disponen también los residuos urbanos de los principales municipios cercanos a Asunción. Es de resaltar un aumento, desde el año 2002, en esta modalidad de disposición de residuos debido a la adquisición de una gran cantidad de camiones recolectores por parte de la Asociación de Municipalidades del Área Metropolitana (AMUAM) los cuales depositaban los residuos en el vertedero de Cateura y una disminución a partir del año 2007, lo cual coincide con el fin del tiempo de vida útil de dichos camiones y la falta de inversiones en repuestos para mantener operativa la flota.

En cuanto a los sitios manejados de forma anaeróbica, en 1992 se habilita en Ciudad del Este un relleno sanitario anaeróbico de 8 metros de profundidad, el cual va aumentando su capacidad de forma gradual mediante la habilitación de módulos sucesivos. Entre los años 2004/2005 entra en operación el vertedero El Farol, localizado en Villa Hayes, donde se disponen la mayor parte de los residuos urbanos de los municipios del AMA y a partir de 2013 también de Asunción.

Figura 7-8.

Disposición de residuos sólidos: sitios de eliminación de residuos sólidos total país (%), serie 1950-2021



Fuente: Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

7.2.2.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para los FE se utilizaron parámetros promedios por defecto, extraídos del Volumen 5, Capítulo 2, Sección 2.3.2, 2.4 de las *Directrices del IPCC de 2006* y Capítulo 3, Sección 3.2.3, Cuadro 3.0, Cuadro 3.1, Cuadro 3.2, Cuadro 3.3 y Cuadro 3.4 del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*. Los parámetros utilizados son los siguientes, cuyos valores se presentan en la tabla 7-8:

- fracción del carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf)
- factor de corrección para el metano (MCF)
- fracción de CH₄ en el gas de vertedero generado (F)
- factor de oxidación (OX)
- vida media (t 1/2)
- tiempo de retardo
- índice de generación de metano (K)
- contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en % de residuos húmedos

Tabla 7- 8.

Disposición de residuos sólidos: parámetros de factor de emisión aplicados

Parámetros		FE - CH ₄	
		Valor	Unidad
Carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf)	Pañales, Papel, Textil	0,5	1/%
	Alimentos, Jardinería/Parques	0,7	
	Inertes	0	
Factor de corrección para el metano (MCF)	Gestionado – Manejo anaeróbico	1	1/%
	Gestionado – Manejo de manera eficiente semi-aeróbico	0,5	
	Gestionado – Manejo de manera no eficiente semi-aeróbico	0,7	
	Gestionado – Manejo de manera eficiente aireación activa	0,4	
	Gestionado – Manejo de manera no eficiente aireación activa	0,7	
	No gestionado – profundo	0,8	
	No gestionado – poco profundo	0,4	
	No categorizado	0,6	
CH ₄ en el gas de vertedero generado (F)		0,5	1/%
Factor de oxidación (OX) para SDRS gestionados, no gestionados y no categorizados		0	
Tiempo de retardo		6	Meses
Recuperación de metano (R)		0	Gg
Vida media (t 1/2) - húmedo y seco	Papel/textil	10	Años
	Madera/paja	20	
	Otros residuos orgánicos (no alimentarios) putrescibles / Residuos de jardinería y parque	4	
	Residuos de comida/Lodos de aguas residuales	2	
Índice de generación de metano (K) - Zona tropical	Papel/cartón	0,07	1/año
	Textiles	0,07	
	Residuos de alimentos	0,4	
	Madera	0,035	
	Otros residuos orgánicos (no alimentarios) putrescibles / Residuos de jardinería y parque	0,17	
	Residuos de comida/Lodos de aguas residuales	0,4	
Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en % de desechos húmedos	Papel/cartón	40	%
	Textiles	24	
	Residuos de alimentos	15	
	Madera	43	
	Residuos de jardinería y parques	20	
	Pañales	24	

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019.

7.2.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

7.2.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

7.2.4.1 Incertidumbre específica de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que la disposición de residuos sólidos se considera una categoría principal según las evaluaciones de nivel (conforme a la CCN), se detalla que dicha categoría presenta una alta incertidumbre. Esto se debe, en parte, a la falta de información para toda la serie temporal de los datos de actividad como la clasificación de los residuos sólidos y los sitios de disposición. Así también, los parámetros utilizados son por defecto, lo que sugiere la necesidad de incluir parámetros específicos del país.

7.2.4.2. Coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie se podría considerar parcialmente consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando el mismo método para los años 1950 a 2019 y para los años 2020-2021 se utilizaron los métodos estadísticos de tendencia lineal y tasa compuesta (Nivel 2).

Con respecto a la fuente de datos, fueron utilizados diferentes fuentes según la disponibilidad de datos para abarcar toda la serie temporal, mas no fue posible segregar por regiones geográficas representativas del país por falta de información, quedando como una opción de mejora para futuros inventarios. Los vacíos de información según tipo de dato fueron llenados mediante métodos estadísticos.

7.2.5. AC/CC de la categoría

7.2.5.2. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019* para la categoría y las actividades propias del equipo técnico INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen de estas.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeo cruzado de los datos entregados por las instituciones versus la información pública nacional.
- Chequeo cruzado de los datos entregados por el experto en residuos versus la información parcial pública nacional.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Consolidación de datos mediante vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de minigráficos.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Tablas reportes generadas por la herramienta ETF mediante archivo JSON y verificadas posteriormente con las tablas CRT elaboradas por la RedINGEI y transportadas al documento de informe.

- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

Verificación de la documentación

- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

7.2.5.3. Garantía de la calidad

7.2.6. Nuevos cálculos de la categoría

En el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, se modificaron los parámetros correspondientes al Factor de Corrección de Metano (MCF) y al Carbono Orgánico Degradable que se Descompone (DOCf). Esta modificación genera una diferencia entre el inventario anterior y el actual.

Tabla 7-9.

Disposición de residuos sólidos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	128,6	194,7	271,2	425,0	549,6	753,3	918,2		
INGEI actual	172,5	262,9	368,3	589,8	743,8	1021,5	1252,9	1310,4	1384,0
Diferencia	43,9	68,2	97,1	164,7	194,2	268,2	334,7		
Diferencia %	25,5%	25,9%	26,4%	27,9%	26,1%	26,3%	26,7%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEl del MADES.

7.2.7. Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEl de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejora de la categoría para los futuros inventarios:

- Relevar datos sobre la gestión de los residuos sólidos domésticos en municipios de todo el país y actualizar la información de los vertederos existentes a fin de mejorar la clasificación de los sitios.

- Realizar esfuerzos para regionalizar las emisiones de GEI correspondiente a la presente categoría.
- Promover líneas de investigación con universidades y/o centros de investigación para realizar estudios sectoriales que generen informaciones correspondientes a DA.
- Incrementar la transparencia de información obtenida mediante la contratación del experto en residuos sólidos que detalle los procesos llevados a cabo y suposiciones realizadas para obtención de información, recopile todo tipo de documentación utilizada, realice dictamen de experto, detalle métodos estadísticos utilizados, y otras informaciones útiles para el inventario.
- Coordinar con el Departamento de Residuos Sólidos de la Dirección de Calidad Ambiental y con la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental del MADES para obtener datos específicos sobre los sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos de todo el país, correspondiente a proceso de licenciamiento ambiental de auditorías ambientales (Ley 294/93).
- Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

7.3. Tratamiento biológico de residuos sólidos (CRT 5.B)

Las emisiones relacionadas al *tratamiento biológico de los residuos sólidos* están relacionadas a las actividades de compostaje y generación de biogás, pero las mismas no fueron estimadas por falta de información.

Como plan de mejora para llegar a estimar esta categoría como punto de partida se plantea obtener un dictamen de experto sobre la distribución por tipo de tratamiento de los residuos sólidos, y una vez obtenido esto, pasar a utilizar valores regionales por defecto de las Directrices, sobre generación y tratamiento de los residuos sólidos municipales.

7.4. Incineración y quema abierta de residuos (CRT 5.C)

7.4.4. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Esta categoría incluye las emisiones de GEI que resultan de la combustión de residuos sólidos y líquidos sin recuperación de energía, abarcando la *incineración de residuos* y la *quema abierta de residuos*.

La *incineración* se define como la combustión de los residuos sólidos y líquidos en instalaciones de incineración controladas. Los incineradores modernos de desperdicios poseen cámaras de combustión especialmente diseñadas que producen altas temperaturas de combustión, tiempos largos de residencia y agitación eficiente de los residuos al tiempo que introducen aire para una combustión más completa. Los tipos de residuos incinerados incluyen los residuos sólidos municipales (RSM), residuos industriales, residuos peligrosos, residuos hospitalarios y lodos de aguas servidas. La práctica de la incineración de los RSM es actualmente más común en los países desarrollados, mientras que la incineración de los residuos hospitalarios es común tanto en los países desarrollados y en desarrollo.

La *quema abierta de residuos* puede definirse como la combustión de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, residuos de aceites y otros residuos al aire libre o en vertederos abiertos, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea o columna. Cabe señalar que, de acuerdo a la normativa nacional, la quema abierta de residuos es una práctica ilegal en el país.

En esta categoría se presentan emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O resultantes de la combustión de residuos, alcanzando un valor de 29,3 kt CO₂ eq en el año 2021, lo que representa un 1,1 % del total del sector, con una disminución del 44,8 % con respecto al año 1990 y del 49,2 % con relación al año 2019. El comportamiento observado de las emisiones se debe a variaciones en las prácticas de quema a cielo abierto de los residuos sólidos domésticos, las cuales están a su vez relacionadas principalmente con la cobertura de los sistemas de recolección municipal y con las medidas legales de prohibición de quema de residuos.

Respecto a las subcategorías, como se observa en la Tabla 7-10 y Figura 7-8, en el año 2021 la de mayor relevancia es la *quema abierta de residuos* con un 98,6 % de las emisiones de la categoría, mientras que la *incineración de residuos* representa el 1,4 %.

Tabla 7-10.

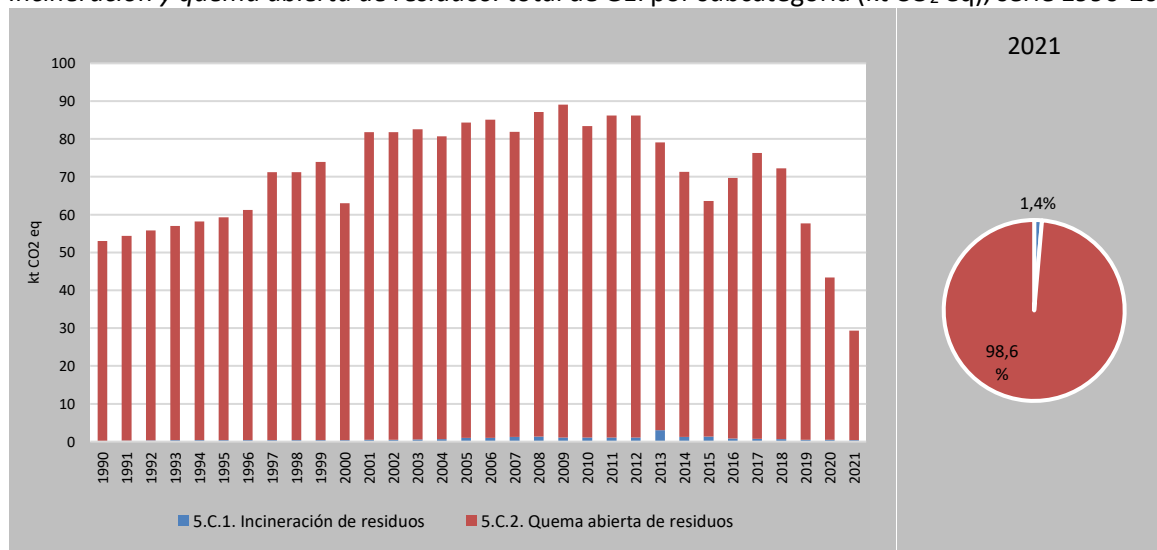
Incineración y quema abierta de residuos: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
5.C.1. Incineración de residuos	0,1	0,4	0,4	1,0	1,1	1,4	0,5	0,5	0,4
5.C.2. Quema abierta de residuos	53,0	58,9	62,6	83,3	82,3	62,3	57,2	43,0	28,9
Total	53,1	59,3	63,0	84,3	83,4	63,6	57,7	43,4	29,3

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 7-8.

Incineración y quema abierta de residuos: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq), serie 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la serie temporal se observa un comportamiento variable de las emisiones, lo cual se debe principalmente a las actividades de quema a cielo abierto cuyos datos provienen de los censos y encuestas reportados por el INE.

7.4.5. Aspectos metodológicos de la categoría

En la siguiente tabla se puede ver un resumen con los niveles metodológicos aplicados en la presente categoría.

Tabla 7. 11.

Incineración y quema abierta de residuos: resumen de métodos aplicados por subcategoría

Categoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	T2a	D	T1, NE	D, NE	T1	D
5.C.1. Incineración de residuos	T2a	D	NE	NE	T1	D
5.C.2. Quema abierta de residuos	T2a	D	T1	D	T1	D

Referencias: T1 = nivel 1; T2a = nivel 2a; D = por defecto; NA = no aplicable; NE = no estimada.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Los métodos para estimar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O provenientes de la *incineración y quema abierta de residuos* que varían en función de los diferentes factores que influyen en los niveles de emisión. La estimación de la cantidad de carbono fósil contenido en los residuos incinerados es el factor más importante para determinar las emisiones de CO₂. Las otras emisiones, aparte del CO₂, dependen más de la tecnología y de las condiciones predominantes durante el proceso de incineración.

El enfoque general para calcular las emisiones de GEI provenientes de la *incineración y quema abierta de residuos* consiste en obtener la cantidad del peso en seco de los residuos incinerados o quemados por quema abierta (preferentemente diferenciados por tipo de residuo) e investigar los FE de los GEI relacionados (preferentemente a partir de información específica del país sobre el contenido de carbono y sobre la fracción de carbono fósil).

Emisiones de CO₂

El método común para estimar las emisiones de CO₂ provenientes de la *incineración y quema abierta de residuos* se basa en una estimación del contenido de carbono fósil en los residuos quemados, multiplicado por el factor de oxidación, y en una conversión del producto (cantidad de carbono fósil oxidado) en CO₂. Los DA son las entradas de residuos en el incinerador o la cantidad de residuos que se quema al aire libre y los FE se basan en el contenido de carbono oxidado de los residuos que son de origen fósil. Entre los datos pertinentes se cuentan la cantidad y composición de los residuos, el contenido de materia seca, el contenido de carbono total, la fracción de carbono fósil y el factor de oxidación.

Para el caso específico de estimación de emisiones de CO₂ fue aplicada la metodología de Nivel 2a, basada en datos específicos del país relacionados con la generación, composición y las prácticas de gestión de los residuos.

El cálculo de las emisiones de CO₂ se basa en una estimación de la cantidad de residuos (peso húmedo) incinerados o quemados por quema abierta tomando en cuenta el contenido de materia seca, el contenido de carbono total, la fracción de carbono fósil y el factor de oxidación. El método basado en la cantidad total de residuos quemados se plantea en la siguiente ecuación:

Ecuación 7-7

Estimación de las emisiones de CO₂ basada en la cantidad total de residuos quemados

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (SW_i \cdot dm_i \cdot CF_i \cdot FCF_i \cdot OF_i) \cdot 44/12$$

Fuente: Ecuación 5.1; Capítulo 5; Volumen 5; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisiones CO₂ = emisiones de CO₂ durante el año del inventario, Gg/año

SW_i = cantidad total de residuos sólidos de tipo *i* (peso húmedo) incinerados o quemados por quema abierta, Gg/año

dm_i = contenido de materia seca en los residuos (peso húmedo) incinerados o quemados a cielo abierto, (fracción)

CF_i = fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)

FCF_i = fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)

OF_i = factor de oxidación, (fracción)

44/12 = factor de conversión de C en CO₂

i = tipo de residuo incinerado/quemado al aire libre especificado de la manera siguiente: RSM: residuo sólido municipal, ISW: residuo sólido industrial, SS: lodo de aguas servidas, HW: residuo peligroso, CW: residuo hospitalario, otros (que deben especificarse)

Para el caso de la *quema abierta de residuos*, el cálculo de las emisiones de CO₂ se realiza en base a los tipos de residuos por tipo de material (como papel, plásticos, textil, alimentos, jardinería, etc.), según la Ecuación 7.8.

Ecuación 7-8

Estimación de las emisiones de CO₂ basada en la composición de los RSM

$$Emisiones\ de\ CO_2 = DSM \cdot \sum_j (WF_j \cdot dm_j \cdot CF_j \cdot FCF_j \cdot OF_j) \cdot 44/12$$

Fuente: Ecuación 5.2; Capítulo 5; Volumen 5; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ durante el año del inventario, Gg/año

DSM = cantidad total de residuos sólidos municipales en peso húmedo incinerados o quemados por quema abierta, Gg/año

WF_j = fracción de tipo/material de residuos del componente *j* en los DSM (en peso húmedo incinerados o quemados a cielo abierto)

dm_j = contenido de materia seca en el componente *j* de los DSM incinerados o quemados a cielo abierto, (fracción)

CF_j = fracción de carbono en la materia seca (es decir, contenido de carbono) del componente *j*, (fracción)

FCF_j = fracción de carbono fósil en el carbono total del componente *j*

OF_j = factor de oxidación, (fracción)

44/12 = factor de conversión de C en CO₂ con: $1 = \sum_j WF_j$

j = componente de los DSM incinerado/sometido a quema abierta, como papel/cartón, textiles, residuo de alimentos, madera, residuo de jardines y parques, pañales desechables, caucho y cuero, plásticos, metal, vidrio, otros residuos inertes.

Emisiones de CH₄

Las emisiones de CH₄ provenientes de la *incineración* y *quema abierta de residuos* son el resultado de una combustión incompleta. Los factores importantes que afectan las emisiones son la temperatura, el tiempo de residencia y proporción de aire (es decir, el volumen de aire en relación con la cantidad de residuos). Las emisiones de CH₄ son particularmente pertinentes para la quema abierta, donde una gran proporción del carbono contenido en los residuos no se oxida. Las condiciones pueden variar en gran medida, pues los residuos son muy heterogéneos y combustibles de baja calidad por su valor calórico.

De esta forma, al no contar con datos de actividad de incineración completa, se reporta como No estimado para incineración. El cálculo de las emisiones de CH₄ de quema abierta se basa en la cantidad de residuos quemados a cielo abierto y en el FE por defecto, correspondiendo entonces al Nivel 1, según la siguiente ecuación:

Ecuación 7-9

Estimación de las emisiones de CH₄ basada en la cantidad total de residuos quemados

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}$$

Fuente: Ecuación 5.4; Capítulo 5; Volumen 5; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisiones CH₄= emisiones de CH₄ durante el año del inventario, Gg/año

IW_i= cantidad de residuos sólidos de tipo *i* incinerados o quemados a cielo abierto, Gg/año

EF_i= factor de emisión de CH₄ agregado, kg. de CH₄/Gg de residuos

10⁻⁶= factor de conversión de kilogramos en gigagramos

i= categoría o tipo de residuo incinerado/quemado al aire libre especificado de la manera siguiente:

RSM: residuos sólidos municipales, ISW: residuo sólido industrial, HW: residuos peligrosos, CW: residuos hospitalarios: lodos cloacales, otros (que deben especificarse).

Emisiones de N₂O

El N₂O se emite en los procesos de combustión a temperaturas de combustión relativamente bajas, entre 500 y 950 °C. Otros factores importantes que influyen en las emisiones son el tipo de dispositivos de control de los contaminantes del aire, el tipo y el contenido de nitrógeno de los residuos y la fracción de aire en exceso.

Los cálculos de las emisiones de N₂O se basan en la entrada de residuos a los incineradores o en la cantidad de residuos quemados a cielo abierto y en un FE por defecto, correspondiendo a un Nivel 1. La relación se presenta a continuación:

Ecuación 7-10

Estimación de las emisiones de N₂O basada en la entrada de residuos a los incineradores

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}$$

Fuente: Ecuación 5.5; Capítulo 5; Volumen 5; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisiones N₂O= emisiones de N₂O durante el año del inventario, Gg/año

IW_i= cantidad de residuos de tipo *i* incinerados o quemados a cielo abierto, Gg/año

EF_i= factor de emisión de N₂O (kg. de N₂O/Gg de residuos) para residuos de tipo *i*

10⁻⁶= factor de conversión de kilogramos en gigagramos

i= categoría o tipo de residuo incinerado/quemado al aire libre especificado de la manera siguiente:

RSM: residuos sólidos municipales, ISW: residuo sólido industrial, HW: residuo peligroso, CW: residuos hospitalarios: lodos cloacales, otros (que deben especificarse)

Para la estimación de las emisiones provenientes de la *quema abierta de residuos* se utilizaron datos provenientes de censos y encuestas nacionales⁴⁴ referentes a la cantidad de residuos quemados a

⁴⁴ Disponible en <https://www.ine.gov.py/microdatos/index.php?cant=99&tema=TODO>

cielo abierto, provenientes de la fracción de residuos domiciliarios no recolectados por los municipios, tanto a nivel urbano como rural, los cuales son quemados en los propios hogares.

7.4.5.2. Datos de actividad de la categoría

Para la *incineración de residuos*, se relevaron informaciones de diversas fuentes como los datos proporcionados por el experto nacional sobre procesos de incineración controlada de residuos patológicos en la ciudad de Asunción y área metropolitana desde el año 1998 a través de una empresa privada, concesionada por la Municipalidad de Asunción. También, datos en el periodo 1999-2006 sobre la incineración de residuos en equipos instalados en el predio del Hospital Nacional de Itauguá, bajo la supervisión del SENASA del MSPyBS, y desde el año 2005 operaciones de incineración de otra empresa privada cuyos datos fueron proporcionadas desde 2012, concesionada por la Municipalidad de Asunción y la Dirección de Gestión Ambiental (DIGESA) del MSPyBS. En lo que respecta a los dos últimos años, se utilizó el llenado de vacíos por medio de método estadístico de tendencia lineal y tasa compuesta.

De la integración de los datos mencionados se construyó la serie 1990-2021 sobre las cantidades de residuos incinerados. Las variaciones de las cantidades incineradas anualmente varían, considerando que en el país se utilizan también equipos de autoclave para la esterilización de los residuos patológicos, los cuales han ido en aumento en los últimos años, determinando una tendencia decreciente al final de la serie.

Para la *quema abierta de residuos* se utilizaron los datos generados por el software IPCC a partir de los parámetros requeridos, basados en datos nacionales de población, fracción de la población que quema sus residuos, tasa de generación per cápita y fracción de residuos que se quema sobre el total de residuos tratados. Los resultados arrojados de los residuos quemados a cielo abierto fueron procesados manualmente y distribuidos según datos de composición de los residuos (alimentos, jardinería, papel, textil, otros inertes) para ser cargada nuevamente al software y estimar así las emisiones de la presente subcategoría.

Los datos y fuentes utilizados fueron los siguientes:

- Población: se parten de datos de los censos de población proporcionados por el INE.
- Fracción de la población que quema sus residuos: estos datos fueron proporcionados por el INE (1997/2019) y complementados por el experto en residuos y por llenado de vacíos de información por medio del método estadístico media geométrica.
- Tasa de generación per cápita: estos datos fueron proporcionados por el experto en residuos y por llenado de vacíos de información por medio del método estadístico media geométrica.
- Fracción de residuos que se quema sobre el total de residuos tratados: se adoptó por defecto el valor 0,60 mencionado en las Directrices del IPCC de 2006 para la quema en vertederos abiertos.
- Composición de residuo: estos datos fueron proporcionados por el experto en residuos y por llenado de vacíos de información por medio del método estadístico de tasa compuesta.

En las siguientes tablas y figuras se presentan de forma resumida los datos de la cantidad de residuos incinerados, de acuerdo con las características de estos.

Tabla 7- 12.

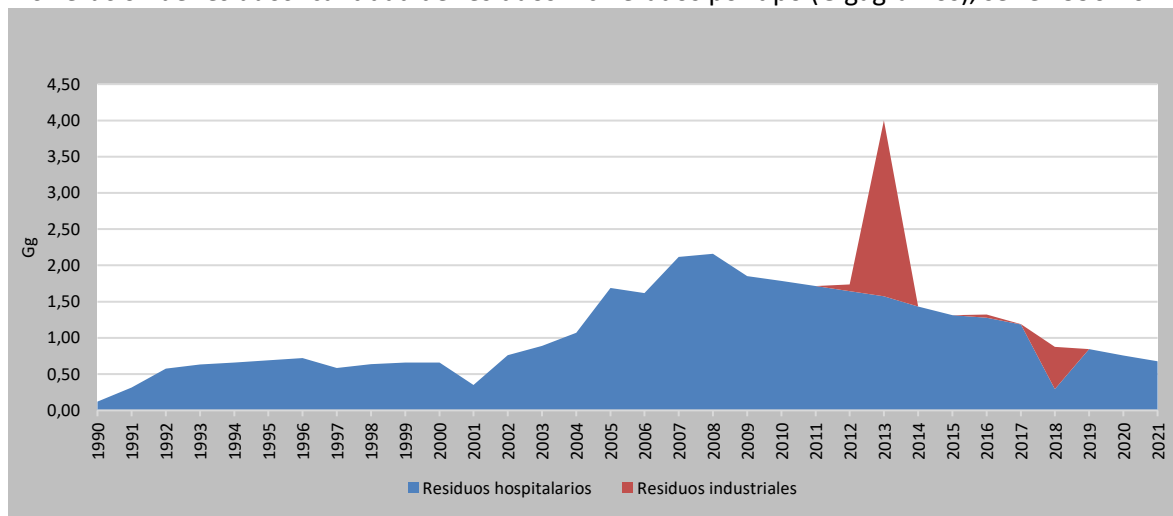
Incineración de residuos: cantidad de residuos incinerados por tipo (Gigagramos)

Año	5.C.1. Incineración de residuos	
	Cantidad de residuos incinerados por tipo	
	Residuos hospitalarios	Residuos industriales, agroquímicos, otros
	Gg	Gg
1990	0,1	
1991	0,3	
1992	0,6	
1993	0,6	
1994	0,7	
1995	0,7	
1996	0,7	
1997	0,6	
1998	0,6	
1999	0,7	
2000	0,7	
2001	0,4	
2002	0,8	
2003	0,9	
2004	1,1	
2005	1,7	
2006	1,6	
2007	2,1	
2008	2,2	
2009	1,9	
2010	1,8	
2011	1,7	
2012	1,6	0,1
2013	1,6	2,4
2014	1,4	0,4
2015	1,3	0,7
2016	1,3	0,0
2017	1,2	0,0
2018	0,3	0,6
2019	0,8	
2020	0,8	
2021	0,7	

Fuente: Empresa privada, Municipalidad de Asunción, Especialista en residuos sólido y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7- 1.

Incineración de residuos: cantidad de residuos incinerados por tipo (Gigagramos), serie 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Tabla 7-13.

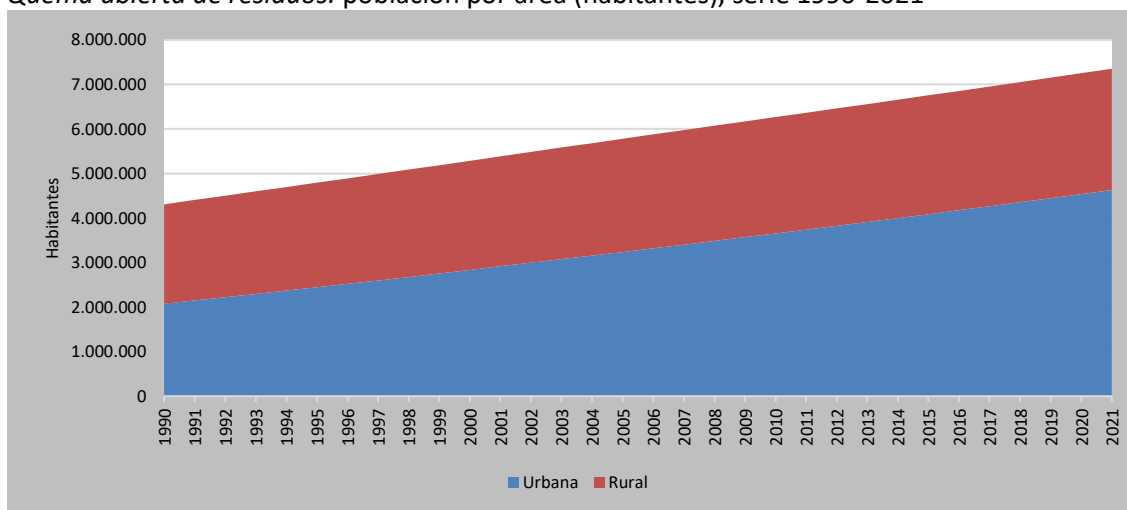
Quema abierta de residuos: parámetros de datos de actividad utilizados

Año	5.C.2. Quema abierta de residuos											
	Población por área		Generación per cápita por área		Población que quema sus residuos por área		Composición de los residuos sólidos total país					*Residuos que se quema sobre el total de residuos tratados
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Alimento	Jardinería	Papel	Textil	Otros inertes	
	Habitantes	Habitantes	kg/hab/día	kg/hab/día	1/%	1/%	%	%	%	%	%	
1990	2.074.997,0	2.233.344,0	1,1	0,2	0,3	0,8	39,7%	16,4%	10,3%	1,3%	32,2%	0,6
1991	2.147.306,0	2.257.589,0	1,1	0,2	0,3	0,8	39,2%	17,1%	10,3%	1,2%	32,2%	0,6
1992	2.220.558,0	2.281.216,0	1,1	0,2	0,3	0,8	38,6%	17,8%	10,3%	1,2%	32,1%	0,6
1993	2.294.697,0	2.304.230,0	1,1	0,2	0,3	0,8	38,0%	18,5%	10,3%	1,2%	32,0%	0,6
1994	2.369.669,0	2.326.637,0	1,1	0,2	0,3	0,8	37,4%	19,2%	10,3%	1,2%	31,9%	0,6
1995	2.445.425,0	2.348.443,0	1,1	0,2	0,3	0,8	36,8%	19,9%	10,3%	1,2%	31,8%	0,6
1996	2.521.921,0	2.369.652,0	1,1	0,2	0,3	0,8	36,3%	20,7%	10,3%	1,2%	31,6%	0,6
1997	2.599.113,0	2.390.272,0	1,1	0,2	0,4	0,7	35,7%	21,5%	10,3%	1,2%	31,4%	0,6
1998	2.676.965,0	2.410.307,0	1,1	0,2	0,4	0,8	35,1%	22,3%	10,3%	1,1%	31,1%	0,6
1999	2.755.441,0	2.429.763,0	1,1	0,2	0,4	0,8	34,6%	23,2%	10,3%	1,1%	30,8%	0,6
2000	2.835.331,0	2.449.149,0	1,2	0,2	0,3	0,8	34,1%	24,1%	10,3%	1,1%	30,5%	0,6
2001	2.916.547,0	2.468.454,0	1,2	0,2	0,3	0,8	33,5%	25,0%	10,3%	1,1%	30,1%	0,6
2002	2.997.281,0	2.487.329,0	1,2	0,2	0,4	0,7	33,0%	26,0%	10,3%	1,1%	29,7%	0,6
2003	3.077.618,0	2.505.866,0	1,2	0,2	0,4	0,8	32,5%	27,0%	10,2%	1,1%	29,2%	0,6
2004	3.157.686,0	2.524.186,0	1,2	0,2	0,3	0,8	32,0%	28,1%	10,2%	1,1%	28,7%	0,6
2005	3.237.475,0	2.542.294,0	1,2	0,2	0,3	0,8	31,5%	29,1%	10,2%	1,1%	28,1%	0,6
2006	3.320.704,0	2.556.619,0	1,2	0,2	0,3	0,8	31,0%	30,3%	10,2%	1,0%	27,5%	0,6
2007	3.403.819,0	2.570.847,0	1,2	0,2	0,3	0,8	30,5%	31,4%	10,2%	1,0%	26,8%	0,6
2008	3.486.807,0	2.584.974,0	1,2	0,2	0,3	0,8	30,1%	32,6%	10,2%	1,0%	26,1%	0,6
2009	3.569.718,0	2.599.039,0	1,2	0,2	0,3	0,8	29,6%	33,9%	10,2%	1,0%	25,3%	0,6
2010	3.652.713,0	2.613.163,0	1,3	0,2	0,3	0,8	28,8%	35,6%	9,9%	1,0%	24,8%	0,6
2011	3.738.905,0	2.624.371,0	1,2	0,2	0,3	0,8	28,0%	37,3%	9,6%	0,9%	24,1%	0,6
2012	3.825.311,0	2.635.730,0	1,2	0,2	0,3	0,9	27,2%	39,2%	9,3%	0,9%	23,4%	0,6
2013	3.911.850,0	2.647.177,0	1,2	0,2	0,3	0,8	26,5%	41,1%	9,1%	0,8%	22,5%	0,6
2014	3.998.524,0	2.658.708,0	1,2	0,2	0,2	0,8	25,7%	43,2%	8,8%	0,8%	21,5%	0,6
2015	4.085.396,0	2.670.360,0	1,1	0,2	0,2	0,7	25,0%	45,3%	8,6%	0,8%	20,3%	0,6
2016	4.174.834,0	2.679.702,0	1,1	0,2	0,2	0,8	24,3%	47,6%	8,3%	0,7%	19,1%	0,6
2017	4.264.473,0	2.689.173,0	1,1	0,2	0,3	0,8	23,7%	49,9%	8,1%	0,7%	17,7%	0,6
2018	4.354.253,0	2.698.730,0	1,1	0,2	0,2	0,8	23,0%	52,4%	7,8%	0,7%	16,1%	0,6
2019	4.444.274,0	2.708.428,0	1,1	0,2	0,2	0,7	22,4%	55,0%	7,6%	0,6%	14,4%	0,6
2020	4.534.458,0	2.718.214,0	1,0	0,2	0,1	0,7	22,0%	57,2%	7,6%	0,6%	12,6%	0,6
2021	4.626.820,0	2.726.219,0	1,0	0,2	0,1	0,6	21,6%	59,6%	7,5%	0,6%	10,6%	0,6

Fuente: INE, *Directrices del IPCC de 2006, Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7-2.

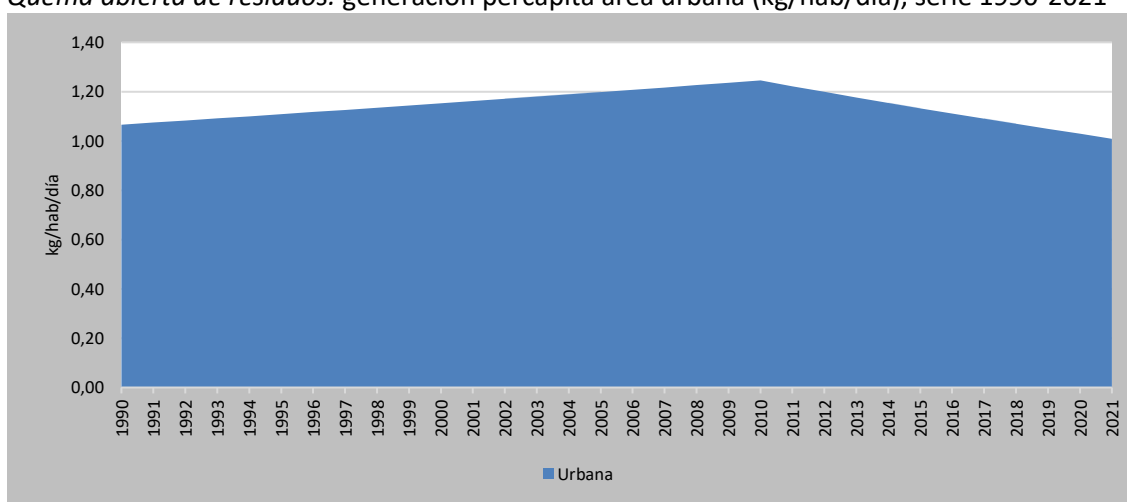
Quema abierta de residuos: población por área (habitantes), serie 1990-2021



Fuente: INE.

Figura 7-3.

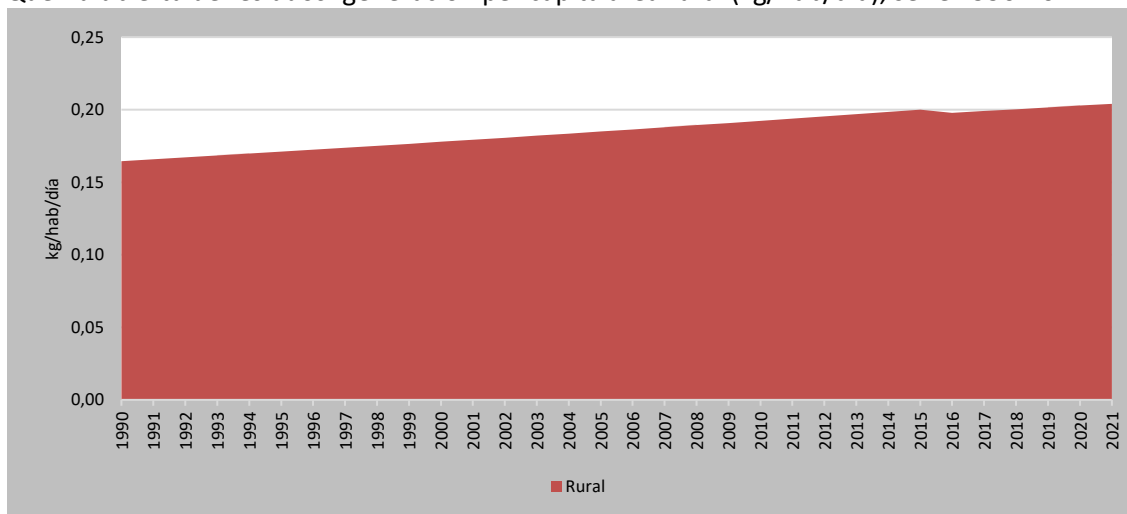
Quema abierta de residuos: generación percápita área urbana (kg/hab/día), serie 1990-2021



Fuente: Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7-4.

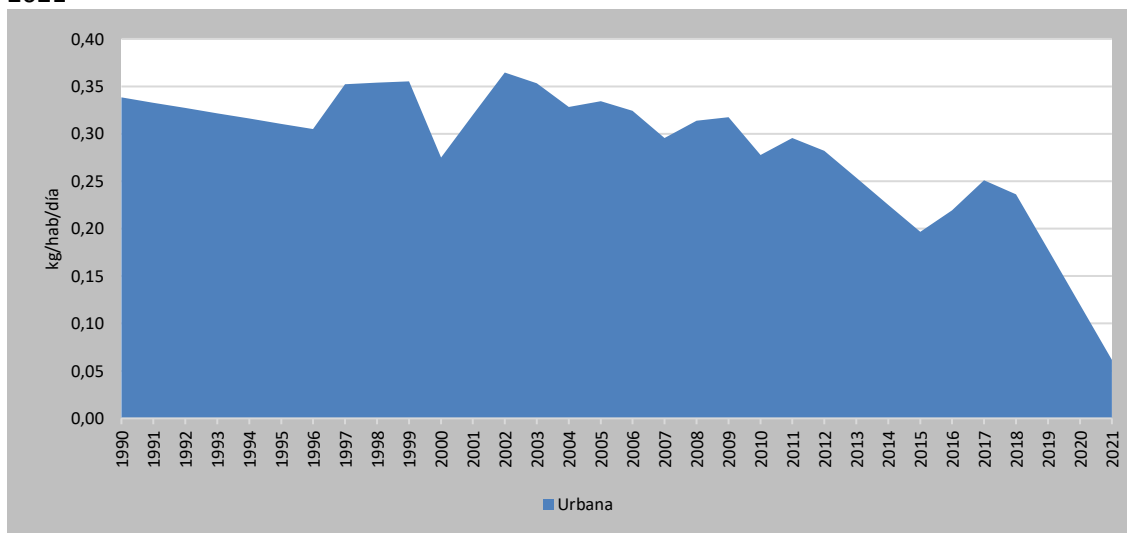
Quema abierta de residuos: generación per cápita área rural (kg/hab/día), serie 1990-2021



Fuente: Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7-5.

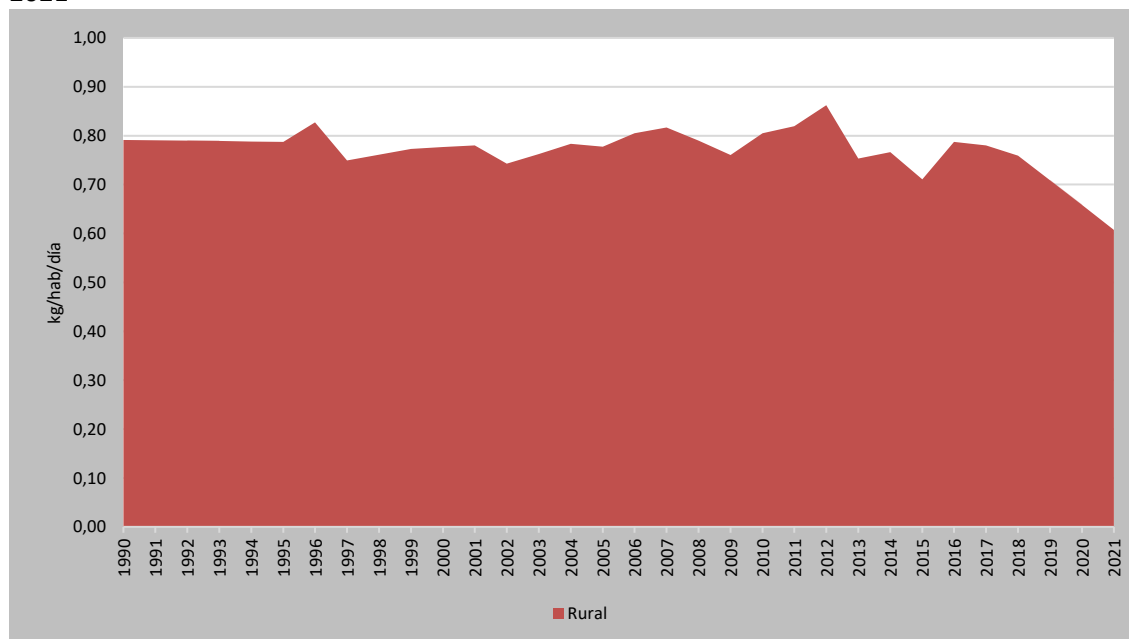
Quema abierta de residuos: población que quema sus residuos área urbana (habitantes), serie 1990-2021



Fuente: INE, Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7-14.

Quema abierta de residuos: población que quema sus residuos área rural (habitantes), serie 1990-2021



Fuente: INE, Especialista en residuos sólidos y llenado de vacíos de información mediante estadística.

7.4.5.3. Factores de emisión aplicados en la categoría

En *incineración de residuos*, para la estimación de emisiones de CO₂ se utilizaron como FE parámetros promedios por defecto, extraídos del Volumen 5, Capítulo 5, Cuadro 5.2 y la Sección 5.3.3 del *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, los valores de contenido de materia seca en % del peso húmedo fueron proporcionados por expertos sectoriales, mientras que el FE utilizado para N₂O se obtuvo del Volumen 5, Capítulo 5, Cuadro 5.6 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

En la *quema abierta de residuos*, los FE utilizados fueron extraídos de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019*, para estimar las emisiones de CO₂ se utilizaron parámetros promedios por defecto del Volumen 5, Capítulo 2, Cuadro 2.4 y Capítulos 5, Cuadro 5.2. Para el CH₄ el FE fue tomado del Volumen 5, Capítulo 5, Sección 5.4.2, mientras que el FE para estimar las emisiones de N₂O fue tomado del Volumen 5, Capítulo 5.4.3, Cuadro 5.6.

Los parámetros considerados para la estimación de emisiones CO₂ son los siguientes, cuyos valores se presentan en la Tabla 7-14 y 7-15:

- contenido de carbono total en % del peso en seco
- fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total
- factor de oxidación en % de la entrada de carbono
- contenido de materia seca en % del peso húmedo

Tabla 7-14.

Incineración de residuos: parámetros de factor de emisión aplicados por subcategoría

Parámetros		FE - CO ₂		FE - N ₂ O	
		Valor	Unidad	Valor	Unidad
Residuos industriales	Contenido de carbono total en % del peso en seco	0,5	1/%		
	Fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total	0,9	1/%		
	Factor de oxidación en % de la entrada de carbono	1,0	1/%		
	Contenido de materia seca en % del peso húmedo	*0,5	1/%		
Residuos hospitalarios	Contenido de carbono total en % del peso en seco	0,6	1/%		
	Fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total	0,4	1/%		
	Factor de oxidación en % de la entrada de carbono	1,0	1/%		
	Contenido de materia seca en % del peso húmedo	**0,6	1/%		
Factor de emisión (obs.: industrial y clínico)				100,0	kg N ₂ O/Gg residuos incinerados

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, *Especialista en residuos sólidos, **Empresa privada,

Tabla 7-15.

Quema abierta de residuos: parámetros de factor de emisión aplicados por subcategoría

Parámetros		FE - CO ₂		FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
		Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Contenido de materia seca en % del peso húmedo	Alimento	0,4	1/%				
	Jardinería	0,4					
	Papel	0,9					
	Textil	0,8					
	Otros residuos inertes	0,9					
Contenido de carbono total en % del peso en seco	Alimento	0,38	1/%				
	Jardinería	0,49					
	Papel	0,46					
	Textil	0,5					
	Otros residuos inertes	0,03					
Fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total	Alimento	0	1/%				
	Jardinería	0					
	Papel	0,01					
	Textil	0,2					
	Otros residuos inertes	1					
Factor de oxidación en % de la entrada de carbono	Alimento	0,71	1/%				
	Jardinería	0,71					
	Papel	0,71					
	Textil	0,71					
	Otros residuos inertes	0,71					
Factor de emisión				6.500,0	kg CH ₄ /Gg residuos húmedos		
Factor de emisión						150	kg N ₂ O/Gg residuos húmedos

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019.

7.4.6. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

7.4.7. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

7.4.4.1. Incertidumbre de la serie temporal de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que esta categoría no contiene fuentes de emisión pertenecientes a las categorías principales, no se incluye dicho análisis.

7.4.4.2. Coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie se podría considerar parcialmente consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 2a para CO₂ y Nivel 1 para CH₄ y N₂O), mientras que los datos de *incineración de residuos* fueron obtenidos de tres diferentes fuentes (Empresa privada, Municipalidad de Asunción, Especialista en residuos) y llenado de vacíos de información por medio de los métodos estadísticos de MCMC y tendencia lineal. Para *quema abierta de residuos* se utilizaron datos dos diferentes fuentes (INE, Especialista en residuos) y también el llenado de vacío de información por medio de los métodos estadísticos de tasa compuesta y media geométrica.

7.4.5. AC/CC de la categoría

7.4.5.1. Control de Calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la categoría y las actividades propias del equipo técnico INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad específica de esta categoría, son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen del mismo por cada subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeo cruzado de los datos integrados por las instituciones versus la información pública nacional.
- Chequeo cruzado de los datos entregados por el experto en residuos versus los datos entregados por las instituciones.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Consolidación de datos mediante vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.

- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de minigráficos.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Tablas reportes generadas por la herramienta ETF mediante archivo JSON y verificadas posteriormente con las tablas CRT elaboradas por la RedINGEI y transportadas al documento de informe.
- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

Verificación de la documentación

- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

7.4.2.2. Garantía de la calidad

7.4.6. Nuevos cálculos de la categoría

En el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, se actualizaron los factores de emisión para la sub-categoría de *quema abierta de residuos*. Así también para el cálculo de las estimaciones de las emisiones se introdujeron métodos más detallados y precisos teniendo en cuenta los tipos de residuos incinerados.

Tabla 7-16.

Incineración y quema abierta de residuos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	94,3	103,8	106,5	132,3	117,2	74,5	49,8		
INGEI actual	53,1	59,3	63,0	84,3	83,4	63,6	57,7	43,4	29,3
Diferencia	-41,2	-44,4	-43,5	-48,0	-33,9	-10,9	7,9		
Diferencia %	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	0,1		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

7.4.7. Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la categoría para los futuros inventarios:

- Identificar todos los tipos de residuos incinerados en el país (cremación, servicio antidroga, etc.) y recopilar los datos de actividad requeridos para estimar y reportar las emisiones de GEI de cada uno de ellos.
- Coordinar con el Departamento de Residuos Sólidos de la Dirección de Calidad Ambiental y con la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental del MADES para obtener datos específicos sobre las plantas incineradoras de residuos del país, correspondiente a proceso de licenciamiento ambiental de auditorías ambientales (Ley 294/93).
- Relevar informaciones para mejorar calidad de los datos de quema a cielo abierto en cuanto a las características de los residuos como la composición y estimar emisiones separadas de biogénicos y no biogénicos para determinar la cantidad de carbono fósil contenida por tipo de residuo quemado.
- Relevar datos sobre la gestión de los residuos sólidos dispuestos en los sitios y quemados a cielo abierto a fin de mejorar la clasificación por categoría.
- Incrementar la transparencia de información obtenida mediante la contratación del experto en residuos sólidos que detalle los procesos llevados a cabo y suposiciones realizadas para obtención de información, recopile todo tipo de documentación utilizada, realice dictamen de experto, detalle métodos estadísticos utilizados, y otras informaciones útiles para el inventario.
- Promover líneas de investigación con universidades y/o centros de investigación para realizar estudios sectoriales que generen informaciones correspondientes a datos de actividades.

7.5. Tratamiento y descarga de aguas residuales (CRT 5.D)

7.5.4. Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Las aguas residuales representan una fuente de CH₄ cuando se las trata o elimina en medio anaeróbico, siendo también una fuente de emisiones de N₂O la descarga en ríos, mares. Las emisiones de CO₂ procedentes de las aguas residuales no se consideran en las Directrices del IPCC porque son de origen biogénico y no se incluyen en el total nacional de emisiones.

Las aguas residuales se originan en una variedad de fuentes domésticas, comerciales e industriales y pueden tratarse in situ (no recolectadas), transferirse por alcantarillado a una instalación central (recolectadas), o eliminarse sin tratamiento en las cercanías o por medio de desagües. Se entiende por aguas residuales domésticas (o aguas servidas) los residuos de aguas utilizadas en los hogares, mientras que las aguas residuales industriales derivan exclusivamente de las prácticas industriales.

- La estimación del potencial de producción de CH₄ derivado de los flujos de las aguas residuales industriales se basa en la concentración de materia orgánica degradable en el agua residual, en el volumen de ésta, y en la propensión del sector industrial a tratar sus aguas residuales en sistemas anaeróbicos. Utilizando estos criterios, las fuentes más importantes de agua residual industrial con alto potencial de producción de gas CH₄, son entre otras las siguientes actividades:
- manufactura de la pulpa y el papel

- procesamiento de carne y aves (mataderos)
- producción de alcohol, cerveza, almidón
- producción de sustancias químicas orgánicas
- otros procesamientos de alimentos y bebidas (productos lecheros, aceite vegetal, frutas y verduras, envasadoras, fabricación de jugos, etc.)

Esta categoría incluye las subcategorías de *tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas e industriales*.

En esta categoría se presentan emisiones de CH₄ y N₂O resultantes del tratamiento y/o descarga de las aguas residuales, alcanzando un valor de 1.129,0 kt CO₂ eq en el año 2021, lo que representa un 44,4 % del total del sector, con un incremento del 63,5 % con respecto al año 1990 y del 2,0 % con relación al 2019.

Respecto a las subcategorías, como se observa en la Tabla 7-17 y Figura 7-16, en el año 2021 la de mayor relevancia corresponde a las *aguas residuales domésticas* con un 79,2 % de las emisiones de la categoría, mientras que las *aguas residuales industriales* representan el 20,8 %. Las variaciones correspondientes a *aguas residuales domésticas* están relacionadas con el crecimiento poblacional mientras que las de *aguas residuales industriales* se deben a las variaciones de la producción anual en los sectores industriales considerados.

Tabla 7-17.

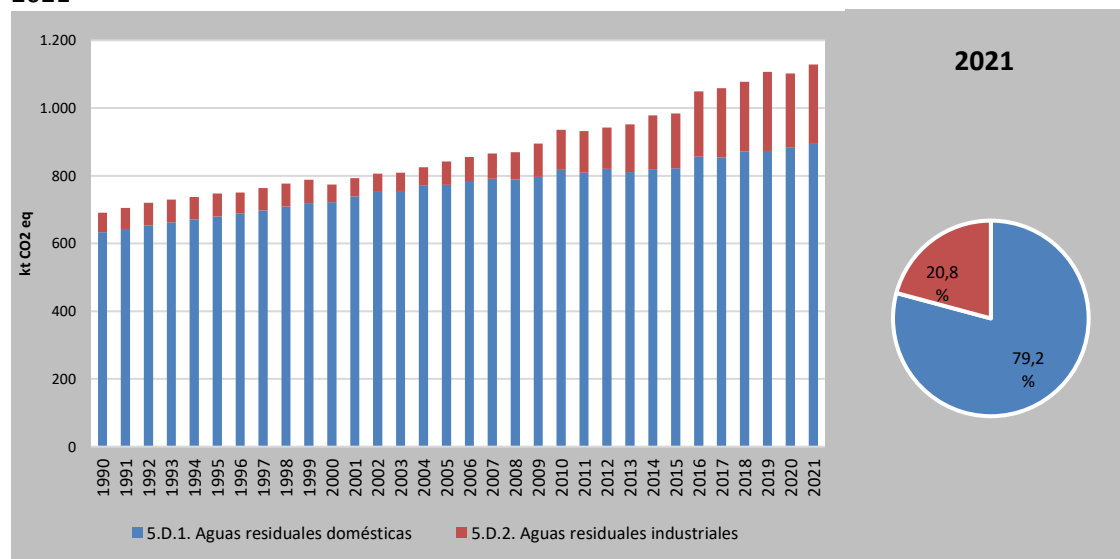
Tratamiento y descarga de aguas residuales: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
5.D.1. Aguas residuales domésticas	680,3	737,9	783,5	834,4	878,5	887,2	947,3	954,4	966,0
5.D.2. Aguas residuales industriales	57,6	67,8	52,0	68,5	118,0	161,5	233,5	219,3	235,0
Total	737,9	805,7	835,5	902,8	996,5	1.048,7	1.180,8	1.173,7	1.200,9

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 7-16.

Tratamiento y descarga de aguas residuales: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq), serie 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

7.5.5. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de CH₄ y N₂O de esta categoría se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* y su *Refinamiento de 2019*, usando FE por defecto, así como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 7-18.

Tratamiento y descarga de aguas residuales: resumen de métodos aplicados por subcategoría

Subcategoría	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales			T1	D	T1	D
5.D.1. Aguas residuales domésticas			T1	D	T1	D
5.D.2. Aguas residuales industriales			T1	D	T1	D

Referencias: T1 = nivel 1; D = por defecto.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Emisiones de CH₄

Las emisiones de CH₄ dependen de la cantidad de residuos orgánicos generados y de un FE que caracteriza la proporción en la que estos residuos generan CH₄. El método de Nivel 1 aplica valores por defecto para el FE y para los parámetros de la actividad.

La ecuación general para estimar las emisiones de CH₄ derivadas de aguas servidas domésticas, es la siguiente:

Ecuación 7-11

Emisiones totales de CH₄ procedentes de las aguas residuales domésticas

$$CH_4 \text{ Emissions}_j = \left[(TOW_j - S_j) \bullet EF_j - R_j \right]$$

Fuente: Ecuación 6.1; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisiones CH₄= emisiones de CH₄ durante el año del inventario, kg. de CH₄/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

j= cada vía o sistema de tratamiento/eliminación

EF_j= factor de emisión, kg. de CH₄/kg. de DBO

R_j= cantidad de CH₄ recuperada durante el año del inventario, kg. de CH₄/año

Para el caso de las *aguas residuales industriales*, la estimación del potencial de producción de CH₄ derivado de los flujos de aguas residuales se basa en la concentración de materia orgánica degradable en el agua residual, en el volumen de ésta, y en la propensión del sector industrial a tratar sus aguas residuales en sistemas anaeróbicos.

El método para la estimación de emisiones procedentes de las *aguas residuales industriales* es similar al utilizado para las aguas servidas domésticas.

La ecuación general para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de las *aguas residuales industriales* es la siguiente:

Ecuación 7-12

Emisiones totales de CH₄ procedentes de las aguas residuales industriales

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i]$$

Fuente: Ecuación 6.4; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisiones CH₄= emisiones de CH₄ durante el año del inventario, kg. de CH₄/año

TOW= total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria *i* durante el año del inventario, kg. de DQO/año

i = sector industrial

S_i= componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg. de DQO/año

EF_i= factor de emisión para la industria *i*, kg. de CH₄/kg. de DQO para la vía o sistema(s) de tratamiento y/o eliminación utilizada(s) en el año del inventario

S_i en una industria se utiliza más de una práctica de tratamiento, este factor debe corresponder a un promedio ponderado.

R_i= cantidad de CH₄ recuperada durante el año del inventario, kg. de CH₄/año

Emisiones de N₂O

Las emisiones de N₂O pueden producirse como emisiones directas provenientes de las plantas de tratamiento o como emisiones indirectas provenientes de las aguas residuales después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar.

Ecuación 7-13

Emisiones de N₂O provenientes de plantas de tratamientos de las aguas residuales domésticas

$$N_2O\ Plants_{DOM} = \left[\sum_{i,j} (U_i \cdot T_{ij} \cdot EF_j) \right] \cdot TN_{DOM} \cdot \frac{44}{28}$$

Fuente: Ecuación 6.9; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

N₂O Plants_{dom}= emisiones de N₂O de las plantas de tratamientos de aguas residuales domésticas durante el año del inventario, kg. de N₂O/año

TN_{DOM}= nitrógeno total en aguas residuales domésticas en el año del inventario, kg. de N/ año

T_{ij}= grado de utilización del camino o sistema de tratamiento/descarga *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 sistema de tratamiento/descarga

EF_j= factor de emisión para el camino o sistema de tratamiento/descarga *j*, kg. de N₂O/kg N

El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg. de N₂O-N en kg. de N₂O.

Ecuación 7-14

Emisiones de N₂O provenientes de efluentes de las aguas residuales domésticas

$$N_2O_{EFFLUENT,DOM} = N_{EFFLUENT,DOM} \cdot EF_{EFFLUENT} \cdot \frac{44}{28}$$

Fuente: Ecuación 6.7; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

N₂O_{EFFLUENT,DOM}= emisiones de N₂O de los efluentes de aguas residuales domésticas durante el año del inventario, kg. de N₂O/año

N_{EFFLUENT,DOM}= nitrógeno en el efluente descargado a ambientes acuáticos, kg. de N/ año

EF_j= factor de emisión para el camino o sistema de tratamiento/descarga *j*, kg. de N₂O/kg N

El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg. de N₂O-N en kg. de N₂O.

Ecuación 7-15

Emisiones totales de N₂O provenientes de efluentes de las aguas residuales domésticas

$$N_{EFFLUENT,DOM} = \sum_j \left[(TN_{DOM} \cdot T_j) \cdot (1 - N_{REM,j}) \right]$$

Fuente: Ecuación 6.8; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

$N_{EFFLUENT,DOM}$ = emisiones de N₂O de los efluentes de aguas residuales domésticas durante el año del inventario, kg. de N₂O/año

TN_{DOM} = nitrógeno total en aguas residuales domésticas en el año del inventario, kg. de N/ año

T_{ij} = grado de utilización del camino o sistema de tratamiento/descarga j, para cada fracción de grupo de ingresos i en el año del inventario.

j = cada sistema de tratamiento/descarga

$N_{REM,j}$ = fracción del nitrógeno total de las aguas residuales eliminado durante el tratamiento de aguas residuales por tipo de tratamiento j

Ecuación 7-16

Emisiones de N₂O provenientes de plantas de tratamientos de las aguas residuales industriales

$$N_2O_{Plants_{IND}} = \left[\sum_i (T_{i,j} \cdot EF_j \cdot TN_{IND,i}) \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Fuente: Ecuación 6.11; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

$N_2O_{Plants_{IND}}$ = emisiones de N₂O de las plantas de tratamientos de aguas residuales industriales durante el año del inventario, kg. de N₂O/año

TN_{IND} = nitrógeno total en aguas residuales industriales en el año del inventario, kg. de N/ año

T_{ij} = grado de utilización del camino o sistema de tratamiento/descarga j, para cada fracción de grupo de ingresos i en el año del inventario.

i = industria

j = cada sistema de tratamiento/descarga

EF_j = factor de emisión para el camino o sistema de tratamiento/descarga j, kg. de N₂O/kg N

El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg. de N₂O-N en kg. de N₂O.

Ecuación 7-17

Emisiones totales de N₂O provenientes de aguas residuales industriales

$$TN_{IND,i} = P_i \cdot W_i \cdot TN_i$$

Fuente: Ecuación 6.13; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

TN_{IND} = nitrógeno total en aguas residuales industriales en el año del inventario, kg. de N/ año

P_i = producción industrial total para el sector industrial i, t/año

j = cada sistema de tratamiento/descarga

W_i = aguas residuales generadas para el sector industrial i, m³/t de producto

i = industria

TN_i = nitrógeno total en aguas residuales sin tratar para el sector industrial i, kg TN/m³

Ecuación 7-18

Emisiones totales de N₂O provenientes de efluentes de las aguas residuales domésticas

$$N_{EFFLUENT,IND} = \sum_j \left[TN_{IND,i} \cdot T_j \cdot (1 - N_{REM,j}) \right]$$

Fuente: Ecuación 6.14; Capítulo 6; Volumen 5; Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

$N_{2O\ EFFLUENT,IND}$ = emisiones de N₂O de los efluentes de aguas residuales industriales durante el año del inventario, kg. de N₂O/año

$TN_{IND,i}$ = nitrógeno total en aguas residuales que ingresan al tratamiento para la industria i, kg TN/año

T_j = grado de utilización del sistema de tratamiento j en el año de inventario.

j = cada sistema de tratamiento/descarga

$N_{REM,j}$ = fracción del nitrógeno total de las aguas residuales eliminado durante el tratamiento de aguas residuales por tipo de tratamiento j

7.5.5.1. Datos de actividad de la categoría

Aguas residuales domésticas

Los DA requeridos para realizar los cálculos y sus respectivas fuentes para *aguas residuales domésticas* fueron los siguientes:

- población por área
- tipo de tratamiento o descarga de aguas residuales domésticas por área
- suministro medio de proteínas a nivel país
- fracción de Nitrógeno en la proteína
- fracción de proteína no consumida
- fracción de protección de descarga industrial y comercial
- componente orgánico degradable
- factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas

En cuanto a la fracción de población urbana/rural por tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas, para obtener datos se recurrieron a informaciones oficiales de los censos y encuestas de hogares, proporcionados por el INE. También se tuvieron en consideración informaciones proporcionadas por los organismos competentes en esta temática, representados por ERSSAN y DAPSAN-MOPC⁴⁵.

A partir de los datos proporcionados por ERSSAN con respecto a la infraestructura de alcantarillado sanitario a nivel nacional y de las informaciones proporcionadas por las estadísticas nacionales de los censos y encuestas de hogares, se estimaron las fracciones de los sistemas de tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas, tanto a nivel urbano como rural, no pudiendo llegar a la discriminación por tipo de ingresos.

Los resultados obtenidos se limitan al periodo de 1997 a 2019, y teniendo en cuenta la falta de datos estadísticos de censos y encuestas de hogares en los años previos se aplicó el método estadístico de tasa compuesta, método de tendencia lineal y media geométrica.

⁴⁵ Disponible en https://www.ine.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/documento/eec9_Compendio%20Estadistico%20Ambiental%202019.pdf

Tabla 7-19.

Aguas residuales domésticas: parámetros de datos de actividad utilizados

Año	5.D.1. Aguas residuales domésticas									
	Población			Tipo de tratamiento o descarga de aguas residuales domésticas por área						
	Total país	Urbana	Rural	Urbano				Rural		
				Alcantarillado con tratamiento 2% (lagunas anaeróbicas poco profundas)	Alcantarillado sin tratamiento 98% (ríos, etc.)	Sistemas sépticos (cámara séptica + pozo ciego)	Letrina (clima húmedo, tipo familiar)	Alcantarillado sin tratamiento (ríos, etc.)	Sistemas sépticos (cámara séptica + pozo ciego)	Letrina (clima húmedo, tipo familiar)
				1/%	1/%	1/%	1/%	1/%	1/%	1/%
1990	4.308.340,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	4.404.894,9	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
1992	4.501.774,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,9	0,8	0,8
1993	4.598.926,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
1994	4.696.305,9	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
1995	4.793.867,9	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,8	0,8
1996	4.891.573,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0
1997	4.989.385,2	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
1998	5.087.271,8	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,8	0,8
1999	5.185.204,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
2000	5.284.480,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2
2001	5.385.001,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,9	0,8	0,8
2002	5.484.610,1	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2003	5.583.483,7	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
2004	5.681.872,0	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,9	0,8	0,8
2005	5.779.768,8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
2006	5.877.323,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
2007	5.974.665,9	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,8	0,8
2008	6.071.781,0	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0
2009	6.168.757,5	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
2010	6.265.876,7	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,8	0,8
2011	6.363.276,5	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
2012	6.461.040,9	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2
2013	6.559.027,1	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,9	0,8	0,8
2014	6.657.232,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	6.755.756,0	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
2016	6.854.535,8	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,9	0,8	0,8
2017	6.953.646,0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
2018	7.052.983,2	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
2019	7.152.703,0	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,8	0,8
2020	7.252.672,0	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0
2021	7.353.039,0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2

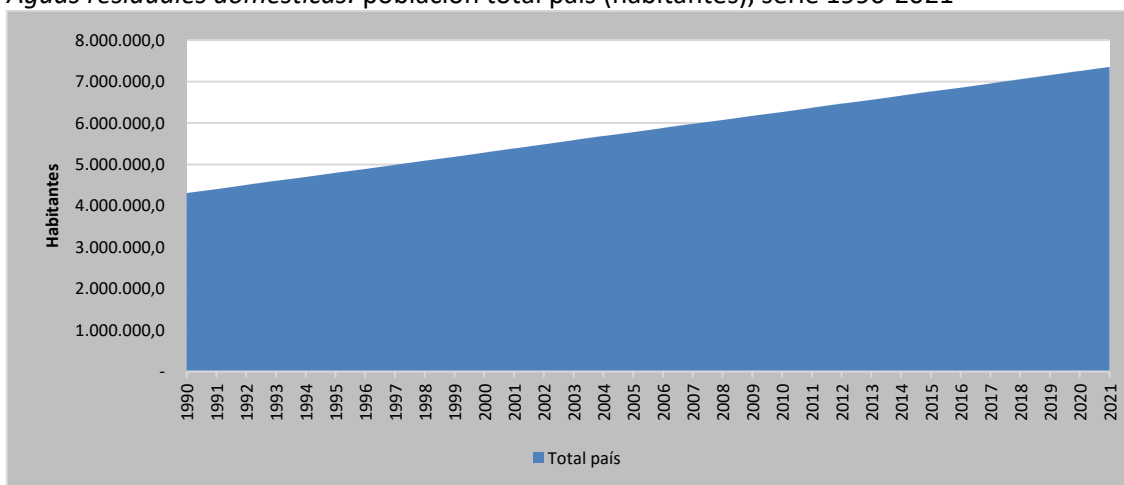
Año	5.D.1. Aguas residuales domésticas					
	Suministro medio de proteínas a nivel país	Fracción de Nitrógeno en la proteína	Fracción de proteína no consumida	Fracción de protección de descarga industrial y comercial	Componente orgánico degradable	Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas
	kg/hab/año	kg N/kg proteína			kg DBO per cápita/año	
1990	25,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1991	25,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1992	25,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1993	26,5	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1994	27,5	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1995	28,5	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1996	28,5	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1997	28,5	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1998	28,2	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
1999	28,0	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2000	27,7	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2001	28,2	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2002	27,7	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2003	26,3	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2004	25,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2005	25,2	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2006	24,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2007	23,8	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2008	23,1	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2009	23,4	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2010	23,0	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2011	23,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2012	23,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2013	24,0	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2014	23,7	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2015	24,1	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2016	24,7	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2017	24,7	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2018	24,7	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2019	24,7	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2020	29,6	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0
2021	30,8	0,2	1,1	1,3	14,6	1,0

Referencias: Sombreado en gris = métodos estadísticos aplicados.

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en información proporcionada por el INE, ERSSAN, DAPSAN, datos obtenidos de FAO y de las Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019.

Figura 7-17.

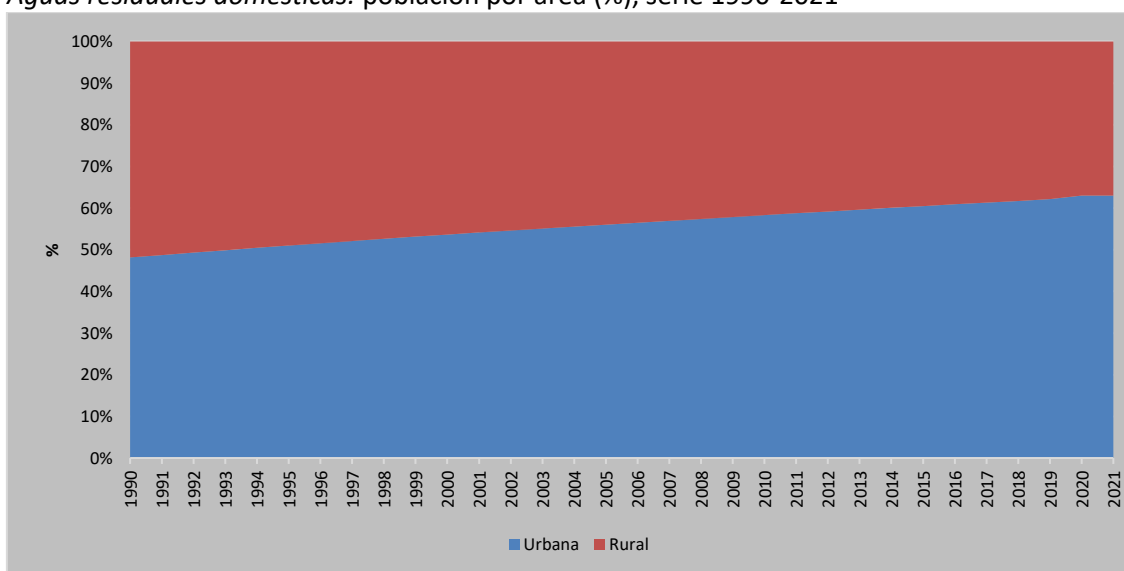
Aguas residuales domésticas: población total país (habitantes), serie 1990-2021



Fuente: INE y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7-18.

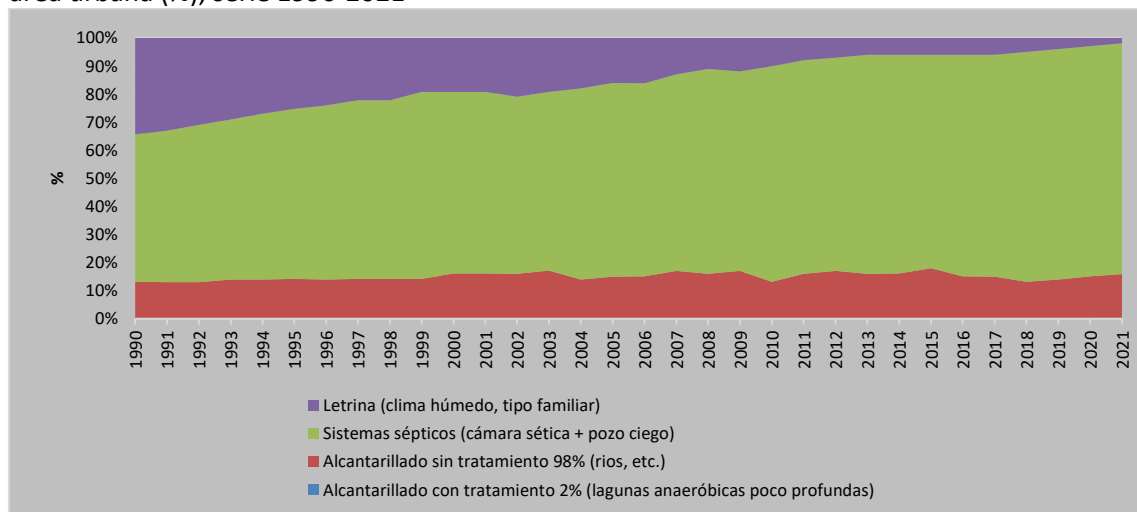
Aguas residuales domésticas: población por área (%), serie 1990-2021



Fuente: INE y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7-19.

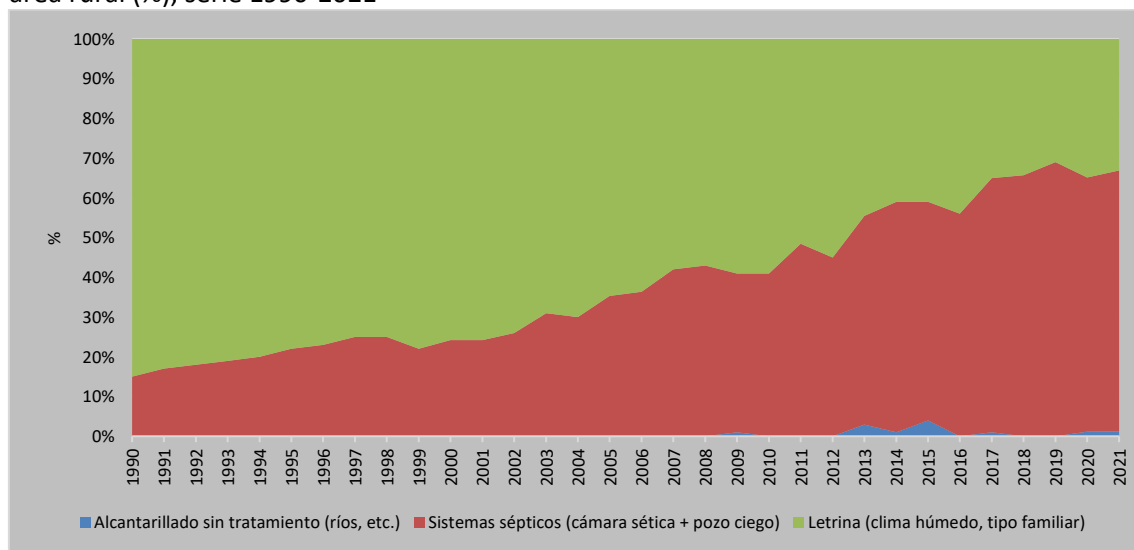
Aguas residuales domésticas: tipo de tratamiento o descarga de aguas residuales domésticas en área urbana (%), serie 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES con base en información proporcionada por el INE, ERSSAN y DAPSAN y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Figura 7-20.

Aguas residuales domésticas: tipo de tratamiento o descarga de aguas residuales domésticas en área rural (%), serie 1990-2021

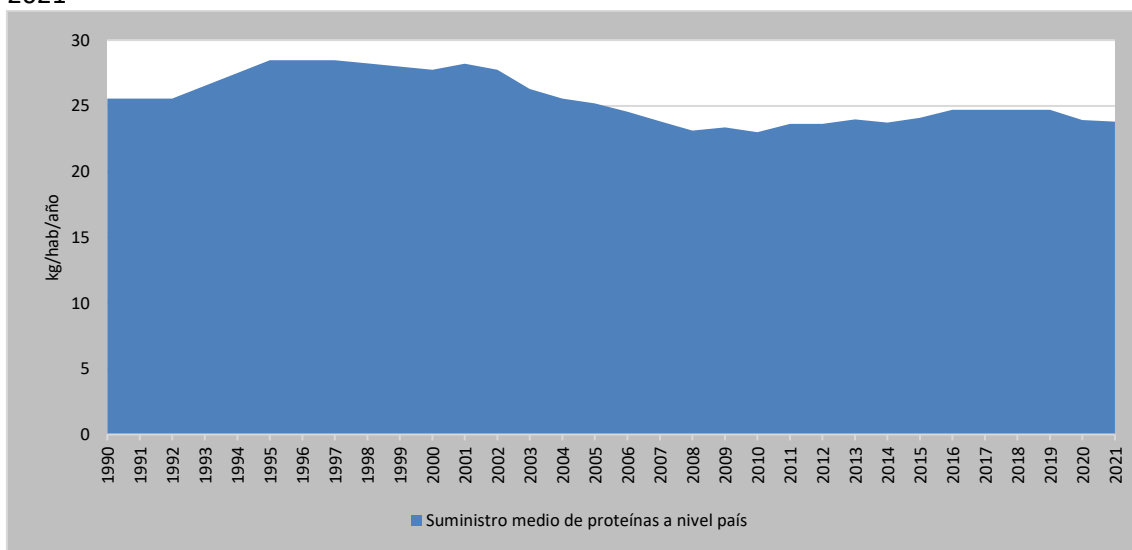


Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES base en la información proporcionada por el INE, ERSSAN y DAPSAN y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Para los cálculos de emisiones de N_2O se utilizaron datos del consumo de proteínas por habitante del Paraguay, obtenidos de la Dirección de estadística de la FAO (fuente internacional) donde se presentan datos específicos por país, aplicando el método estadístico de interpolación para los años donde no se disponían de datos, de manera a cubrir toda la serie temporal. Los datos utilizados se presentan en la Figura 7-21.

Figura 7-21.

Aguas residuales domésticas: suministro medio de proteínas a nivel país (kg/hab/año), serie 1990-2021



Fuente: FAO y llenado de vacíos de información mediante estadística.

Aguas Residuales Industriales

Para las *aguas residuales industriales*, fueron considerados los principales sectores productivos de la industria para los cuales se determinaron las cantidades producidas anualmente, a partir de diversas fuentes de información. Los datos presentados representan valores de producción basados en estadísticas internacionales principalmente y otras nacionales. Se observa una tendencia creciente con notorias variaciones, las cuales podrían explicarse por fluctuaciones en la economía, variaciones en la demanda de los mercados, disponibilidad de materia prima, etc.

Para la presente subcategoría se han considerado la producción nacional de etanol, azúcar, leche, cerveza, carnes (vacuna, porcina, avícola) y aceites (soja, colza, maní, girasol, palma, maíz, almendra de palma, algodón).

Los vacíos de información encontrados en la producción de aceite (1990-2017) fueron llenados mediante el método estadístico de tasa compuesta.

A continuación, se presentan dichos datos en la Tabla 7-20 y Figura 7-22.

Tabla 7-20.

Aguas residuales industriales: parámetros de datos de actividad utilizados

Año	Cantidad de producción por sector industrial					
	Leche (vacuno)	Carne (vacuno, cerdo, pollo)	Cerveza	Aceite (soja, colza, maní, girasol, palma, maíz, almendra de palma, algodón)	Etanol	Azúcar
	ton	ton	ton	ton	ton	ton
1990	225.790,0	330.908,0	107.583,0	106.800,4	28.980,8	89.000,0
1991	240.466,0	356.991,0	113.933,0	139.169,6	32.384,5	110.000,0
1992	255.281,0	378.485,0	114.144,0	148.959,1	35.269,2	110.000,0
1993	288.074,0	371.778,2	171.216,0	149.167,4	33.269,3	95.000,0
1994	290.954,0	388.606,9	172.928,0	184.881,5	23.480,7	105.000,0
1995	357.873,0	396.523,3	194.890,0	171.796,8	19.173,1	110.000,0
1996	403.824,0	385.584,3	185.000,0	191.817,8	14.634,6	105.000,0
1997	444.206,0	408.292,3	182.000,0	160.519,3	5.769,2	120.000,0
1998	445.000,0	417.610,0	230.000,0	164.942,8	4.318,1	125.000,0
1999	368.132,3	414.594,0	225.000,0	183.951,7	13.577,0	112.000,0
2000	329.800,0	306.694,5	220.000,0	193.122,1	2.297,8	85.000,0
2001	331.000,0	310.073,0	260.000,0	223.674,4	835,6	100.000,0
2002	375.127,0	303.350,0	237.000,0	255.973,7	957,4	120.000,0
2003	380.000,0	302.313,0	242.979,0	282.544,7	957,4	115.000,0
2004	362.040,0	294.445,0	244.660,0	318.653,3	496,9	119.000,0
2005	372.380,0	327.271,0	239.550,0	297.982,7	32.368,3	120.000,0
2006	392.000,0	378.379,0	150.000,0	298.476,0	31.171,3	120.000,0
2007	417.000,0	324.474,0	150.000,0	353.325,1	51.607,2	120.000,0
2008	442.000,0	357.732,0	150.000,0	360.204,9	55.641,8	120.000,0
2009	467.000,0	378.479,0	140.000,0	387.151,4	102.571,6	120.000,0
2010	490.350,0	411.176,0	150.000,0	454.500,0	138.477,1	120.000,0
2011	512.000,0	418.132,0	150.000,0	468.000,0	146.976,0	120.000,0
2012	515.000,0	374.082,0	150.000,0	266.600,0	157.720,0	120.000,0
2013	518.000,0	458.605,0	150.000,0	654.100,0	182.181,3	120.000,0
2014	525.000,0	555.888,0	145.000,0	720.697,9	202.352,8	120.000,0
2015	515.000,0	541.328,0	250.000,0	837.477,0	239.711,4	135.000,0
2016	510.000,0	576.820,0	290.000,0	793.679,9	281.055,5	140.000,0
2017	459.808,0	645.932,0	299.000,0	824.104,4	290.936,5	140.000,0
2018	473.947,0	619.330,0	299.500,0	814.899,2	317.500,1	140.000,0
2019	480.093,0	614.238,0	303.000,0	771.866,2	375.651,1	145.000,0
2020	541.033,0	653.919,0	303.000,0	754.694,4	322.945,4	145.000,0
2021	536.808,0	664.730,0	265.000,0	667.418,0	386.714,9	145.000,0

Año	Promedio de aguas residuales generadas por sector industrial						COD por sector industrial					
	Carne	Leche	Etanol	Cerveza	Aceite	Azúcar (promedio)	Carne	Leche	Etanol	Cerveza	Aceite	Azúcar (promedio)
	m³/t	m³/t	m³/t	m³/t	m³/t	m³/t	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
1990	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1991	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1992	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1993	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1994	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1995	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1996	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1997	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1998	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
1999	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2000	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2001	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2002	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2003	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2004	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2005	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2006	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2007	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2008	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2009	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2010	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2011	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2012	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2

2013	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2014	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2015	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2016	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2017	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2018	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2019	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2020	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2
2021	13,0	7,0	24,0	6,3	3,1	11,0	4,1	2,7	11,0	2,9	0,9	3,2

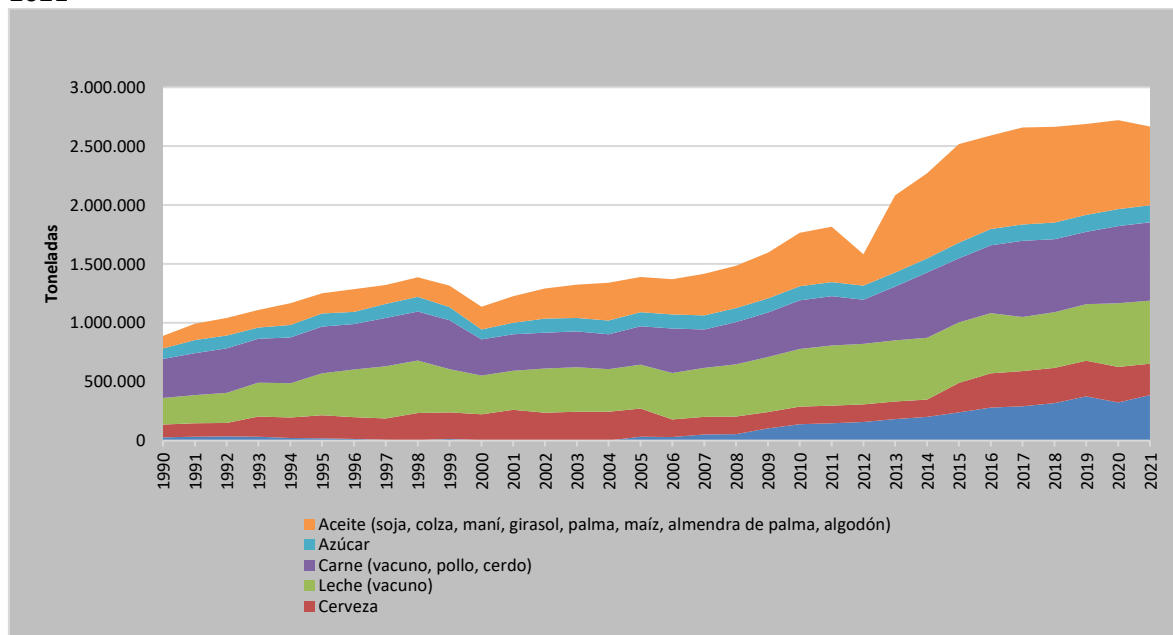
Año	Tipo de tratamiento o descarga por sector industrial															
	Laguna anaeróbica poco profunda						Planta de tratamiento aeróbico (lodo activado)				Eliminación en río, lago y mar					
	Carne	Leche	Etanol	Cerveza	Aceite	Azúcar	Carne	Leche	Cerveza	Aceite	Carne	Leche	Etanol	Cerveza	Aceite	Azúcar
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1990	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1991	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1992	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1993	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1994	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1995	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1996	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1997	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1998	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
1999	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2000	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2001	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2002	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2003	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2004	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2005	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2006	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2007	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2008	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2009	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2010	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2011	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2012	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2013	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2014	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2015	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2016	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2017	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2018	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2019	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2020	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2021	50,0	70,0	90,0	70,0	70,0	90,0	40,0	20,0	20,0	20,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Referencias: Sombreado en gris = métodos estadísticos aplicados.

Fuente: FAO, IICA, BEN, United States Department of Agriculture, llenado de vacíos de información mediante estadística, *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019 y **Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 7-22

Aguas residuales industriales: cantidad de producción por sector industrial (toneladas), serie 1990-2021



Fuente: FAO, IICA, BEN/SIEN/VMME, United States Department of Agriculture, Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019 y llenado de vacíos de información mediante estadística.

7.5.5.2. Factores de emisión aplicados en la categoría

Para los FE se utilizaron parámetros promedios por defecto, extraídos del Volumen 5, Capítulo 6 de las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019*, Cuadro 6.2, 6.3. 6.8A y las Secciones 6.3.1.2 y 6.2.2.2 para aguas residuales domésticas y los Cuadros 6.8 y 6.8A y la Sección 6.2.3.2 para aguas residuales industriales.

Los parámetros considerados, cuyos valores se presentan en la Tabla 7-21, fueron los siguientes:

- factor de corrección de metano (MCF) para los diferentes tipos de tratamiento de las aguas residuales (eliminación en río, lago y mar, letrina, sistema séptico, laguna anaeróbica poco profunda, planta de tratamiento aeróbico)
- capacidad máxima de producción de metano
- factor de emisión de N₂O

Tabla 7-21.

Tratamiento y descarga de aguas residuales: parámetros de factores de emisión aplicados por subcategoría

Subcategoría	Parámetros		FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
			Valor	Unidad	Valor	Unidad
5.D.1. Aguas residuales domésticas	Factor de corrección para el metano (MCF)	Eliminación en río, lago y mar	0,10			
		Letrina con clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina	0,60			
		Sistema séptico	0,50			
		Laguna anaeróbica poco profunda	0,20			
	Capacidad máxima de producción de metano		0,25	kg CH ₄ /kg BOD		
5.D.2. Aguas residuales industriales	Factor de corrección para el metano (MCF)	Eliminación en río, lago y mar	0,10			
		Laguna anaeróbica poco profunda	0,20			
		Planta de tratamiento aeróbico	0,30			
		Capacidad máxima de producción de metano	0,25	kg CH ₄ /kg COD		
	Factor de emisión de N ₂ O				0,005	kg N ₂ O de efluentes con N/Kg N

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019.

7.5.6. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

La flexibilidad implementada se encuentra descrita en la Sección 1.9 y se aplica a todo el INGEI.

7.5.7. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

7.5.7.1. Incertidumbre específica de la categoría

Como país en desarrollo, se aplica la flexibilidad de presentar únicamente un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales. Dado que el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas se considera una subcategoría principal según las evaluaciones de nivel (conforme a la CCN), se detalla que dicha subcategoría presenta una alta incertidumbre. La incertidumbre en la estimación de emisiones de esta subcategoría está fuertemente influenciada por la falta de datos de actividad precisos para toda la serie temporal, dado que existe una disponibilidad limitada de información sobre el tipo de tratamientos que reciben las aguas residuales en los diferentes años dificulta, lo que dificulta la estimación de las emisiones a lo largo del tiempo.

7.5.7.2. Coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie se considera parcialmente consistente en el tiempo debido a que las estimaciones de emisiones de esta categoría fueron calculadas utilizando todos los años el mismo método (Nivel 1) y con las mismas fuentes de datos según el tipo de información (INE, FAO, BEN, United States Department of Agriculture, IICA), pero, para el caso de las aguas residuales industriales, fueron considerados los principales sectores industriales existentes en el país, quedando sin estimar otros sectores industriales por falta de disponibilidad de datos. Los vacíos de información por tipo de dato fueron llenados mediante un mismo método estadístico durante toda la serie temporal.

7.5.8. AC/CC de la categoría

7.5.8.1. Control de la calidad

Se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la categoría y las actividades propias del equipo técnico INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos

- Elaboración de plantillas metodológicas y un resumen del mismo por subcategoría.
- Revisión detallada de los datos obtenidos, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Elaboración de plantillas de datos que detallan los valores con sus respectivas unidades de medidas, referencias y otras informaciones, dispuestos en el formato requerido para ser transportado posteriormente en el software IPCC.
- Chequeo cruzado de los datos entregados por las instituciones versus la información pública nacional e internacional.
- Comparación de los datos utilizados en el inventario actual con las del inventario anterior.
- Consolidación de los datos mediante vínculos automatizados en las plantillas de DA con el formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual y posibles errores asociados.
- Chequeo de la importación de datos desde la base original a la planilla consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software IPCC.
- Creación de tabla de referencia en el Capítulo 3 Sector Energía con los factores de conversión de densidad y poder calórico neto utilizados.
- Plantillas de datos protegidas con contraseña.
- Plantillas de datos con verificación de ceros y uso de minigráficos.
- Verificación que los datos que se repiten en varios años sean consistentes.

Verificación de cálculos

- Tablas reportes generadas por la herramienta ETF mediante archivo JSON y verificadas posteriormente con las tablas CRT elaboradas por la RedINGEI y transportadas al documento de informe.
- Verificación que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada a través de la serie temporal.
- Comparación de emisiones de GEI entre el inventario actual y el inventario anterior.
- Verificación de cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.

Verificación del informe

- Verificar que las tablas y figuras correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar la exactitud y coherencia de los títulos de las tablas y figuras.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

Verificación de la documentación

- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.

7.5.8.2. Garantía de la calidad

7.5.9. Nuevos cálculos de la categoría

En el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*, se estiman las emisiones de N₂O del *tratamiento y descarga de las aguas residuales industriales*. Así también se actualizaron los datos de producción de carne, leche y cerveza con información obtenida de FAOSTAT para toda la serie y estadística actualizada de aceite en los años 1990 a 2017.

Tabla 7-22.

Tratamiento y descarga de aguas residuales: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	720,4	782,3	821,5	879,1	967,6	1005,9	1112,9		
INGEI actual	690,7	747,7	774,2	841,8	935,6	983,6	1107,0	1102,0	1129,0
Diferencia	-29,7	-34,7	-47,4	-37,3	-31,9	-22,3	-5,9		
Diferencia %	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

7.5.10. Mejoras planificadas para la categoría

A fin de mejorar la calidad del INGEI de Paraguay, se presentan las siguientes opciones de mejoría de la categoría para los futuros inventarios:

- Fortalecer vínculos con instituciones del sector agua y saneamiento (DAPSAN-MOPC, ERSSAN) para actualizar información sobre sistemas de tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas.
- Establecer vínculos con las principales industrias nacionales para obtener dictamen de experto o los parámetros de generación de efluente por unidad de producción y carga orgánica de los rubros industriales que ocurren en el país.
- Releva datos sobre la fracción removida como lodo para mejorar la exhaustividad y obtener una estimación adecuada y más representativa de la realidad del país mediante la verificación de la coherencia con las estimaciones de los lodos aplicados a suelos agrícolas, los lodos incinerados y los lodos depositados en los sitios de disposición de residuos sólidos.
- Acceder a informaciones del Sistema de Información Ambiental (SIAM) del MADES sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales de proponentes correspondiente a proceso de licenciamiento ambiental (Ley 294/93) a fin de identificar los tipos de tratamiento de efluentes existentes en el país.
- Promover líneas de investigación con universidades y/o centros de investigación para realizar estudios sectoriales que generen informaciones correspondientes a datos de actividades.
- Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.

7.6. Otros (especificar) (CRT 5.E)

No se identifican otras actividades en el país a considerar en la presente categoría.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

8

CAPÍTULO

OTROS SECTORES



Capítulo 8. OTRO SECTOR (CRT 6)

Las actividades contempladas en el NIR de Paraguay se encuentran en los sectores anteriores.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

9

CAPÍTULO

EMISIONES INDIRECTAS DE CO₂ y N₂O

Capítulo 9. EMISIONES INDIRECTAS DE CO₂ Y N₂O

Las emisiones indirectas de CO₂ resultantes de la oxidación atmosférica del CH₄, el CO y los COVDM y las emisiones indirectas de N₂O derivadas de fuentes distintas de los sectores Agricultura y Ganadería, y UTCUTS no fueron estimadas debido a que Paraguay aún no cuenta con las capacidades para realizar estas estimaciones.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

10

CAPÍTULO

NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS DEL INVENTARIO



Capítulo 10. NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS

10.1. Explicación y justificación de los nuevos cálculos

Paraguay reporta por cuarta vez sus emisiones y absorciones de GEI, serie temporal 1990-2021, para todos los sectores, los nuevos cálculos se aplican a los años inventariados en la Cuarta Comunicación Nacional (CCN) serie temporal 1990-2019, utilizando las *Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019* en los cinco sectores.

Las diferencias encontradas en la comparación entre el INGEI de la CCN y del 1BTR, en general, se encuentran reflejadas en:

-Adopción de metodologías basadas en el Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006: en particular influyó en la mejora de la precisión de las estimaciones, en la incorporación de categorías y subcategorías no contabilizadas, como emisiones fugitivas en *energía*, ferroaleaciones en *IPPU*, y segregación de emisiones biogénicas y fósiles en *residuos*. Asimismo, en la introducción de FE dinámicos y ajustados a condiciones locales en el sector de *agricultura y ganadería*.

-Incorporación de nuevos DA: Los datos utilizados en el 1BTR son más detallados y específicos. Se presentó una regionalización de actividades en el sector *agricultura y ganadería*, lo que permite reflejar mejor las características nacionales con respecto a las actividades agropecuarias; también se presentan nuevas fuentes de datos históricas y sectoriales, como por ejemplo, el Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002, la regionalización de las plantaciones forestales por finalidad y tipo de especie, y los mapas utilizados para los años 2020 y 2021 en el sector UTCUTS; y la actualización y corrección de vacíos históricos en sectores como energía e IPPU.

Mejoras en los niveles metodológicos: Adopción de metodologías tier 2 en *agricultura y ganadería* (*fermentación entérica y gestión del estiércol*) y la selección de FE específicos para plantaciones forestales y materiales industriales en *UTCUTS* e *IPPU*.

10.2. Implicancias para los niveles de emisiones y absorciones

En la Tabla 10-1 se presenta la comparación del total de emisiones netas del INGEI, serie temporal 1990-2019, elaborado en la CCN y el presente INGEI serie temporal 1990-2021 de la Primer Informe Bienal de Transparencia (1BTR).

Tabla 10-1.

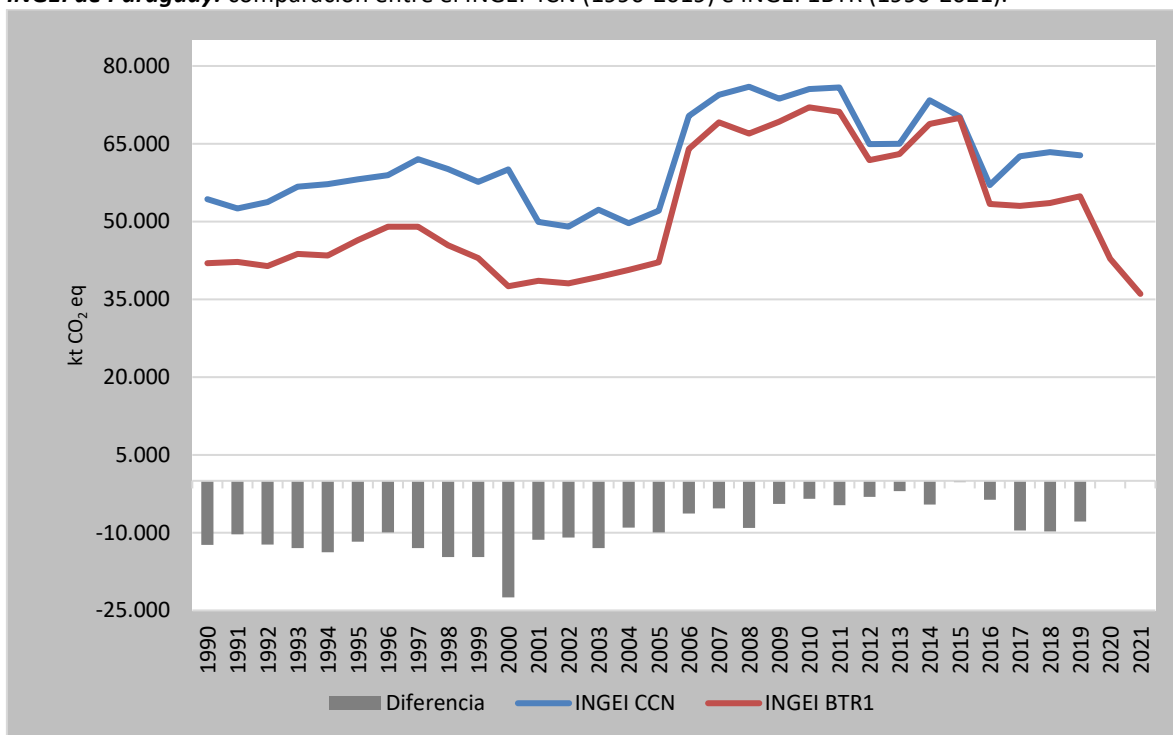
INGEI de Paraguay: comparación entre el INGEI CCN (1990-2019) e INGEI 1BTR (1990-2021).

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI CCN	54.323,8	58.168,2	60.026,2	52.097,6	75.522,0	70.242,2	62.744,2		
INGEI BTR1	41.890,1	46.359,5	37.488,1	42.107,1	71.962,6	69.926,8	54.809,9	42.763,1	35.971,8
Diferencia	-12.433,8	-11.808,7	-22.538,1	-9.990,5	-3.559,4	-315,4	-7.934,2		
Diferencia %	-22,9%	-20,3%	-37,5%	-19,2%	-4,7%	-0,4%	-12,6%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico del INGEI del MADES

Figura 10-1.

INGEI de Paraguay: comparación entre el INGEI 4CN (1990-2019) e INGEI 1BTR (1990-2021).



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico del INGEI del MADES.

En la Figura 10-1 se puede visualizar un descenso importante de emisiones a lo largo de toda la serie temporal, promediando en -16,8 % del total neto de GEI. Analizando las estimaciones de los cinco sectores *Energía*, *IPPU*, *Agricultura y Ganadería*, *UTCUTS*, y *Residuos*, junto con los valores del INGEI de la Cuarta Comunicación Nacional (CCN) y del Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR1), se observa un avance técnico y metodológico en la elaboración del INGEI de Paraguay.

El INGEI 1990-2021 del 1BTR de Paraguay, en comparación con el INGEI 1990-2019 reportado en la Cuarta Comunicación Nacional (CCN), evidencia un avance significativo en la calidad, exactitud y exhaustividad del inventario, alineándose con los principios de transparencia, consistencia, comparabilidad, exhaustividad y precisión, establecidos por las *Directrices del IPCC de 2006*. Este avance no solo mejora la calidad de las estimaciones de emisiones y absorciones de Paraguay, sino que también refuerza su compromiso con la transparencia climática y el cumplimiento de sus compromisos bajo el Acuerdo de París.

10.3. Áreas de mejora y fomento de la capacidad en respuesta a los procesos de examen

10.3.1. Sector Energía

En la Tabla 10-2 y Figura 10-2 se puede observar que existen diferencias significativas con respecto al INGEI previo. Esto se debe a que se realizaron mejoras en los datos, lo cual permitió obtener estimaciones más coherentes y comparables de las emisiones del sector además de mejorar la transparencia y exhaustividad de las informaciones presentadas.

A continuación, se citan las mejoras llevadas a cabo:

- Para el INGEI actual, se ajustaron los factores de conversión, incluyendo la densidad (de los siguientes combustibles: gasolina para motores, gasolina para la aviación, queroseno para motor a reacción, otro queroseno, gas/diésel oil, fuel oil residual) y los VCN (de los siguientes combustibles: gasolina para motores, queroseno para motor a reacción, otro queroseno, gas/diésel oil, fuel oil residual, GLP, coque de petróleo, antracita, madera/desechos de madera, otra biomasa sólida primaria, carbón vegetal, otros biocombustibles líquidos).
- Se revisaron las distribuciones de consumo de combustibles en *otros sectores*, por tipo de fuente (*residencial y comercial/institucional*).
- Se actualizaron los valores de llenado de vacíos de información mediante métodos estadísticos aplicados según la fuente y el tipo de combustible (por ejemplo: Para la *generación de electricidad*, se utilizó la imputación de valores perdidos para estimar el consumo de gas/diésel oil. En *industrias manufactureras y de la construcción*, este método también se aplicó a antracita y gasolina para motores, mientras que la tendencia lineal se utilizó para otro queroseno, y la tasa compuesta para gas/diésel oil, GLP y otros biocombustibles líquidos. En la *aviación civil*, se empleó el método MCMC para estimar el consumo de queroseno para motor a reacción, y la tasa compuesta para la gasolina de aviación. En *otros sectores* se aplicó la tendencia lineal para el fuelóleo residual, mientras que el MCMC se utilizó para otros biocombustibles líquidos, además se implementaron interpolaciones y extrapolaciones para el consumo de GLP, madera/desechos de madera y carbón vegetal). Los métodos se seleccionaron considerando de forma general la naturaleza de los datos faltantes, la calidad y cantidad de información disponible, la coherencia con las estadísticas nacionales y la complejidad de cada fuente.
- Se ajustó el FE de nafta a gasolina para motores en las fuentes de *refinación de petróleo e industrias manufactureras y de la construcción*.
- Se incorporaron nuevas estimaciones de *emisiones fugitivas* provenientes tanto de la *producción de carbón vegetal* (CH₄ y N₂O), del *transporte* (CH₄) y la *refinación* de petróleo crudo (CO₂ y N₂O), utilizando por primera vez el *Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006*.

Tabla 10-2.

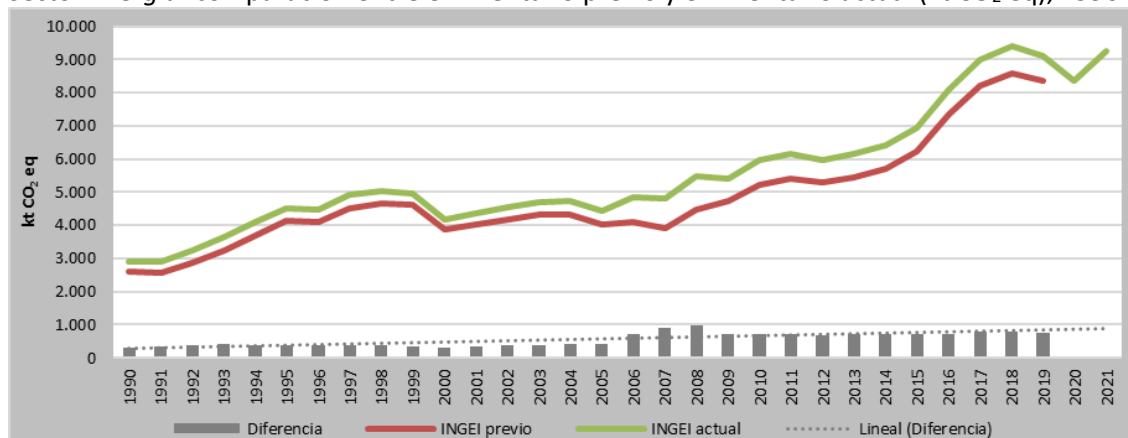
Sector Energía: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	2.590,3	4.141,8	3.868,7	4.031,1	5.223,8	6.225,8	8.342,7		
INGEI actual	2.902,5	4.525,3	4.181,7	4.432,3	5.952,7	6.930,7	9.091,7	8.376,6	9.239,8
Diferencia	312,2	383,5	313,0	401,3	728,9	705,0	749,1		
Diferencia %	10,8%	8,5%	7,5%	9,1%	12,2%	10,2%	8,2%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 10-2.

Sector Energía: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la Tabla 10-3 se presentan las esferas susceptibles de mejora identificadas por Paraguay y el equipo de expertos encargado del proceso de aseguramiento de la calidad de este NIR, en lo referente a la aplicación del artículo 13 del Acuerdo de París.

Tabla 10-3.

Resumen de las áreas susceptibles de mejora identificadas y su abordaje por parte del país

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
Energía	Generalidades	Exactitud. Avanzar en la aplicación de métodos de nivel superior para las categorías principales.	País/Revisión	Con el apoyo de los proyectos Transporte público de cero emisiones en el AMA y CBIT Paraguay se han generado consultorías con el objetivo de implementar un método de nivel superior en los cálculos de emisiones del transporte terrestre, proceso que actualmente se encuentra en etapa de adjudicación.	3BTR
Energía	Generalidades	Exhaustividad. Realizar una mayor segregación de datos de actividad en las categorías del inventario.	País/Revisión	La consultoría de CBIT Paraguay tiene entre sus objetivos excluir los consumos de combustibles que, aunque están registrados dentro del transporte terrestre, no corresponden a esta. Posteriormente, buscará desagregar los consumos propiamente dichos del transporte terrestre según sus fuentes. El MADES, como miembro del Comité de Estadísticas Energéticas (CEE), participa en los procesos de elaboración de los balances energéticos que, bajo la nueva metodología IRES, presentan una mayor desagregación industrial, alineados parcialmente con el IPCC. Se solicitó información a diversas industrias privadas e instituciones pertinentes, obteniendo respuestas de algunas, mientras que la solicitud a otras aún está pendiente.	4BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
Energía	Generalidades	Apoyar y participar en las acciones que viene desarrollando el VMME/MOPC a través del proceso de armonización del lenguaje a nivel nacional en el subsistema de energía conforme a las recomendaciones de Naciones Unidas y alineados a los requerimientos del INGEI y unificar criterios de elección de factores de conversión en el proceso de elaboración de los balances energéticos.	País	El MADES, como miembro del Comité de Estadísticas Energéticas (CEE), participa en los procesos de elaboración de los balances energéticos que, bajo la nueva metodología IRES, presentan una mayor desagregación industrial, alineados parcialmente con el IPCC. Además, se ha logrado un primer avance en los ajustes de factores de conversión en el balance energético del 2023.	4BTR
Energía	Generalidades	Coordinar con la Dirección de Evaluación de impacto ambiental (EviA) del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de licencias ambientales y realización de auditorías ambientales.	País	A través del apoyo al proceso de elaboración del Sistema de Información Ambiental (SIAM) del MADES, se busca obtener datos relevantes para el inventario, aprovechando la información generada en dichos procesos.	4BTR
Energía	Generalidades	Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.	País	En reuniones con las instituciones proveedoras de datos, se ha destacado la importancia de calcular la incertidumbre, alentándolas a determinar las incertidumbres asociadas a los DA.	4BTR
Energía	Generalidades	Estimar las emisiones de gases precursores (CO, NOx, COVDM y SOx).	País/Revisión	Se han identificado metodologías y FE del EMEP/EEA 2019.	3BTR
Energía	Generalidades	Desglosar el consumo de combustibles y biocombustibles.	País	El VMME/MOPC y el MIC han realizado el ejercicio de separar dichos consumos en los últimos años quedando pendiente para el equipo técnico INGEI su análisis y proyección para toda la serie temporal.	3BTR
Energía	Generalidades	Realizar mesas de trabajo con los organismos competentes (MOPC, Universidades, etc.) a los efectos de relevar informaciones referentes a la biomasa.	País	Las reuniones con los proveedores de datos han facilitado la discusión sobre los ajustes en la densidad de la madera en los últimos años de los balances energéticos, así como la posibilidad de ajustar esta información en toda la serie temporal, conforme al consenso que hubiere entre los expertos.	3BTR
Energía	Industrias de la energía	Relevar datos históricos de combustibles utilizados por la ANDE en sus centrales termoeléctricas y por PETROPAR para la refinación de petróleo, recurriendo a los registros de las instituciones.	País	Se solicitó información a dichas instituciones; sin embargo, la respuesta sigue pendiente.	3BTR
Energía	Industrias manufactureras y de la construcción	Establecer los vínculos necesarios con las organizaciones pertinentes (MIC, industrias privadas, etc.) a los efectos de posibilitar la desagregación del consumo de combustible por tipo de industria (hierro y acero; sustancias químicas; pulpa, papel e imprenta; procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco; minerales no metálicos; etc.) y extraer los incluidos dentro de transporte y de otros sectores.	País/Revisión	El MADES, como miembro del Comité de Estadísticas Energéticas (CEE), participa en los procesos de elaboración de los balances energéticos que, bajo la nueva metodología IRES, presentan una mayor desagregación industrial, alineados parcialmente con el IPCC. Se solicitó información a diversas industrias privadas e instituciones pertinentes, obteniendo respuestas de algunas, mientras que la solicitud a otras aún está pendiente. El VMME/MOPC ha avanzado en la elaboración del BNEU 2021 para el área comercial, lo que podría servir parcialmente como fuente para desagregar el consumo de combustible utilizado en la minería y la construcción. La consultoría de CBIT Paraguay tiene entre sus objetivos excluir los consumos de combustibles que, aunque están registrados dentro del transporte terrestre, no corresponden a esta, como es el caso	4BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/visión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
				del combustible consumido en la minería y la construcción. Es importante destacar que esta información será útil, en cierta medida, para separar los consumos de combustibles de las industrias. Sin embargo, su carácter es indirecto en lo que respecta a minería y construcción, proporcionando únicamente datos parciales, no definitivos.	
Energía	Aviación civil	Establecer acciones pertinentes con la DINAC y/o propiciar las condiciones para la creación de registros desagregados del consumo de combustibles en la aviación entre vuelos nacionales e internacionales, a fin de complementar esta acción, realizar un dictamen de expertos que mejore la estimación utilizada actualmente sobre la fracción de combustibles en vuelos nacionales e internacionales en la serie temporal y transparentar la definición de nacional e internacional considerada por las partes suministradoras de DA, y realizar los ajustes pertinentes, de modo a demostrar la coherencia con la definición de las <i>Directrices del IPCC de 2006</i> .	País/Revisión	La DINAC ha indicado que algunas compañías cuentan con registros que incluyen información sobre el origen y destino de vuelos para ciertos años. Se solicitó información a dicha institución, pero no se obtuvo información adicional para el inventario actual debido a la participación de nuevos representantes en las mesas sectoriales, lo que impidió dar continuidad al proceso. El MADES, como miembro del Comité de Estadísticas Energéticas (CEE), participa en los procesos de elaboración de los balances energéticos que, bajo la nueva metodología IRES, presentan una mayor desagregación del combustible consumido en vuelos internacionales (88,6 %), asignado como bunker en los balances energéticos, y como transporte el combustible consumido en vuelos nacionales (11,4 %). Estos porcentajes oficiales, establecidos en los balances energéticos desde 2020, se aplicaron a toda la serie temporal.	4BTR
Energía	Transporte terrestre	Realizar análisis laboratorial de muestras representativas de los combustibles utilizados en el transporte terrestre del país, con el fin de obtener parámetros que construyan los factores de emisión específicos.	País/Revisión	Con el apoyo de los proyectos Transporte público de cero emisiones en el AMA y CBIT Paraguay se han generado consultorías con el objetivo de implementar un método de nivel superior en los cálculos de emisiones del transporte terrestre, proceso que actualmente se encuentra en etapa de adjudicación.	3BTR
Energía	Transporte terrestre	Establecer los vínculos necesarios con las organizaciones pertinentes (VMT/MOPC, DNIT, Dirección del Registro de Automotores, entre otras) a los efectos de posibilitar la desagregación del consumo de combustible por tipo de transporte (automóviles, camiones para servicio ligero y pesado, motocicletas, etc.), tecnología, antigüedad, etc.	País	La consultoría de CBIT Paraguay tiene entre sus objetivos excluir los consumos de combustibles que, aunque están registrados dentro del transporte terrestre, no corresponden a esta. Posteriormente, buscará desagregar los consumos propiamente dichos del transporte terrestre según sus fuentes.	3BTR
Energía	Transporte terrestre	Relevar datos de consumo de lubricantes en motores de dos tiempos.	País	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis. Sin embargo, se podría solicitar a la consultoría del proyecto CBIT Paraguay que incluya, en la medida de las posibilidades, esta información en sus resultados.	4BTR
Energía	Navegación marítima y fluvial	Relevar el consumo de combustibles en la navegación nacional e internacional a través de estrategia conjunta con actores involucrados (VMME y VMT del MOPC, MIC, entre otros) y extraerlos de transporte terrestre donde están siendo incluidos.	País/Revisión	El VMME/MOPC ha avanzado en la estimación de información sobre la navegación fluvial internacional en sus balances energéticos desde 2020, registrándose como búnker, mediante la nueva metodología IRES, dicho dato puntual deberá ser analizado con expertos del área para su consideración en toda la serie temporal, además deberá construirse información del consumo nacional. La consultoría de CBIT Paraguay tiene entre sus objetivos excluir los consumos de combustibles que, aunque están registrados dentro del transporte terrestre, no corresponden a esta, como es el caso	4BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
				del combustible consumido en la navegación nacional e internacional. Es importante destacar que esta información será útil, en cierta medida, para separar los consumos de combustibles de transporte terrestre. Sin embargo, su carácter es indirecto en lo que respecta a la navegación nacional e internacional, proporcionando únicamente datos parciales, no definitivos.	
Energía	Otro transporte	Establecer vínculos con los organismos competentes (públicos y privados) a los efectos de relevar datos de consumo de combustibles utilizados en actividades de otro transporte los cuales están siendo incluidos dentro de transporte terrestre.	País	La consultoría de CBIT Paraguay tiene entre sus objetivos excluir los consumos de combustibles que, aunque están registrados dentro del transporte terrestre, no corresponden a esta, como es el caso del combustible consumido en otro transporte. Es importante destacar que esta información será útil, en cierta medida, para separar los consumos de combustibles de transporte terrestre. Sin embargo, su carácter es indirecto en lo que respecta a otro transporte, proporcionando únicamente datos parciales, no definitivos.	4BTR
Energía	Ferrocarriles	Relevar información del servicio ferroviario que opera entre las ciudades de Posadas (Argentina) y Encarnación (Paraguay).	País	Se ha identificado al VMT/MOPC y a FEPASA como posibles nexos para obtener información.	4BTR
Energía	Agricultura/silvicultura/pesca	Establecer vínculos con los organismos competentes (públicos y privados) a los efectos de relevar datos de consumo de combustibles utilizados en actividades de agricultura/silvicultura/pesca los cuales están siendo incluidos dentro de transporte y de otros sectores.	País	La consultoría de CBIT Paraguay tiene entre sus objetivos excluir los consumos de combustibles que, aunque están registrados dentro del transporte terrestre, no corresponden a esta, como es el caso del combustible consumido en la agricultura/silvicultura/pesca. El VMME/MOPC por otra parte ha avanzado en la elaboración del BNEU 2021 del área comercial. Es importante destacar que esta información será útil, en cierta medida, para separar los consumos de combustibles de transporte terrestre y comercial. Sin embargo, su carácter es indirecto en lo que respecta a agricultura/silvicultura/pesca, proporcionando únicamente datos parciales, no definitivos.	4BTR

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

10.3.2. Sector IPPU

En la Tabla 10-4 y en la Figura 10-3 se presenta la comparación entre las emisiones de GEI del sector IPPU del inventario reportado en el IBA3 y el inventario actual.

Tabla 10-4.

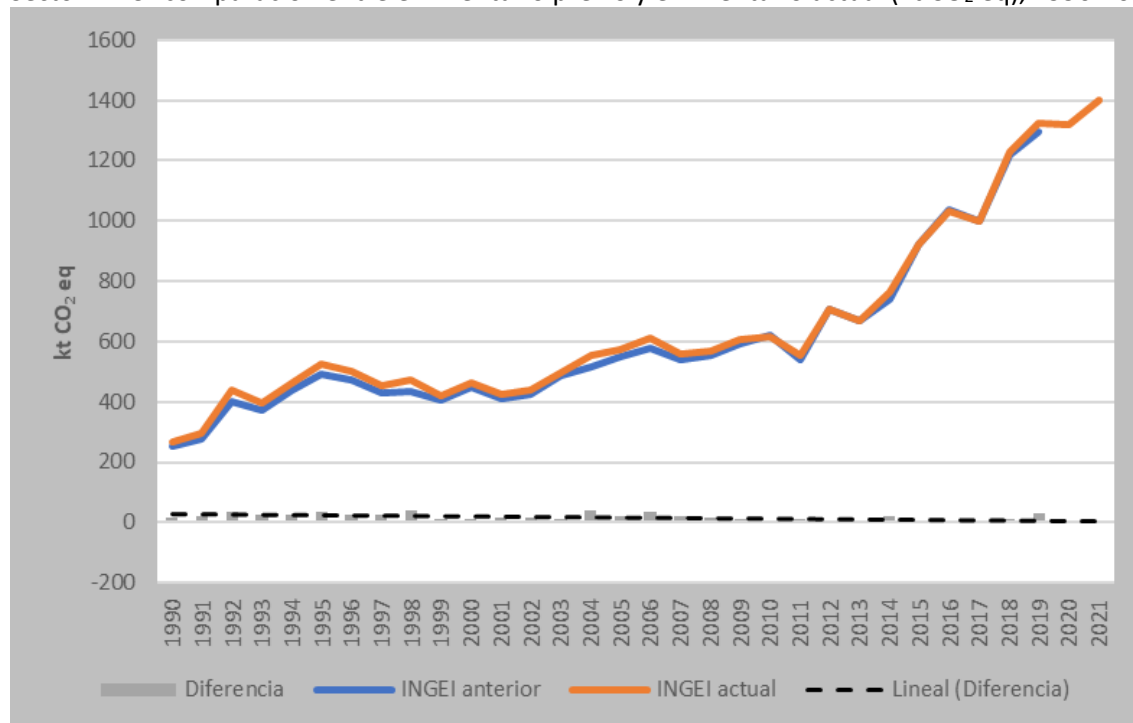
Sector IPPU: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq), 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	253,36	493,05	449,06	551,55	618,91	922,95	1294,94		
INGEI actual	268,43	526,57	461,68	572,41	618,52	921,64	1323,66	1320,83	1399,68
Diferencia	15,07	33,52	12,62	20,86	-0,39	-1,31	28,72		
Diferencia %	5,62%	6,37%	2,73%	3,64%	-0,06%	-0,14%	2,17%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 10-3.

Sector IPPU: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la Tabla 10-4 y Figura 10-3 se puede observar que existen pequeñas diferencias con respecto al INGEI anterior.

Esto se debe a que se realizaron mejoras presentadas a continuación:

- Ajustes en los datos de producción de cal para el período 1992-2021, basados en un relevamiento en la zona de Vallemí, información de dos industrias específicas y la actualización de proyecciones estadísticas.
- Ajuste de los datos de cerámica para los períodos 1990-2016 y 2020-2021, basado en nuevos datos de producción nacional obtenidos de la investigación de Fernando Wiens para los años 1990 y 1991, seguido de una actualización de la proyección estadística.
- Ajuste de los datos de la serie temporal completa de producción de hierro y acero debido a la actualización de los factores de emisión en el Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.
- Estimación de la nueva subcategoría de producción de ferroaleaciones, con la incorporación de datos para el período 2018-2021.

- Actualización de los datos de toda la serie temporal debido al ajuste de la fracción de SF6 utilizada por Paraguay en ITAIPU, considerando el 100% de la energía eléctrica generada en el país.

En la Tabla 10-5 se presentan las esferas susceptibles de mejora identificadas por Paraguay y el equipo de expertos encargado del proceso de aseguramiento de la calidad de este NIR, en lo referente a la aplicación del artículo 13 del Acuerdo de París.

Tabla 10-5.

Resumen de las áreas susceptibles de mejora identificadas y su abordaje por parte del país

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
PPU	Generalidades	Coordinar con el MIC y el INE una estrategia de relevamiento y registro de datos de actividades industriales.	País	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis.	4BTR
PPU	Generalidades	Promover líneas de investigación con universidades y centros de investigación para realizar estudios sectoriales que generen informaciones a ser utilizadas por el INGEI como datos de actividades, características de los procesos productivos y otras informaciones útiles para el inventario.	País	En base a los DA faltantes del sector, se harán propuestas de temas para la elaboración de tesis e investigaciones en las universidades.	4BTR
PPU	Generalidades	Coordinar con la Dirección de EvIA del MADES para obtener informaciones declaradas por empresas y/o actividades en el marco de la obtención de Licencias Ambientales y realización de Auditorías Ambientales.	País	Se ha consultado al MADES el listado de industrias habilitadas mas no se obtuvieron mayores informaciones.	3BTR
PPU	Generalidades	Alentar a las entidades proveedoras de información a implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.	País	En reuniones con las instituciones proveedoras de datos, se ha destacado la importancia de calcular la incertidumbre, alentándolas a determinar las incertidumbres asociadas a los DA.	3BTR
PPU	Generalidades	Realizar el esfuerzo necesario para transparentar criterios y suposiciones mediante dictamen de experto de los actores involucrados.	País	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis.	4BTR
PPU	Industria de los minerales	Establecer vínculo y solicitar información a la nueva empresa identificada de producción de cemento y cal.	País/revisión de GC	Se ha solicitado información a la empresa, sin embargo, no se ha obtenido respuesta. Se reiterará la solicitud para los siguientes reportes.	3BTR
PPU	Producción de cal	Investigar la representatividad de la producción de cal estimada en términos del total producido en el país.	País	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis.	4BTR
PPU	Producción de cal	Definir estrategia de relevamiento de datos del sector cal en el tiempo, considerando la informalidad existente, estableciendo vínculos directos con las principales empresas y asociaciones productoras de cal a fin de obtener datos de producción.	País	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis. Se solicitó información a diversas industrias privadas, sin embargo, no se ha obtenido respuesta. Se reiterará la solicitud para los siguientes reportes.	4BTR
PPU	Cerámicas	Establecer vínculos con la Cámara Paraguaya de la Industria Cerámica y con asociaciones de productores.	País	Se remitió la invitación a la Cámara Paraguaya de la Industria Cerámicas para su participación a las mesas sectoriales, sin embargo, no se ha obtenido respuesta. Se reiterará la solicitud para los siguientes reportes.	2BTR
PPU	Producción de carburo	Identificar el mercado de carburo en el país y establecer vínculos con industrias fabricantes de carburos.	País	Se solicitará información a la industria identificada.	2BTR
PPU	Producción de carburo	Deducir la cantidad de coque utilizada en la producción de carburo de la cantidad de coque utilizada en la categoría industrias manufactureras y de la construcción del sector Energía.	Revisión de GC	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis.	4BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
PPU	- Industria química - Industria de los metales -Manufactura y utilización de otros productos	Relevar datos para el reporte de las emisiones de la categoría Producción de negro de humo, uso de piedra caliza en la industria de hierro y acero, N2O para aplicaciones médicas.	País/revisión de GC	Se solicitó información a diversas industrias privadas e instituciones pertinentes, obteniendo respuestas de algunas, mientras que la solicitud a otras aún está pendiente.	3BTR
PPU	Producción de hierro y acero	Estimar emisiones de producción de hierro y acero en un nivel superior con el fin de extraer las emisiones de CO2 de la biomasa y del uso de piedra caliza que entra como materia prima en el proceso el cual ya está siendo estimado en categorías del sector Energía y en la categoría producción de cal del sector IPPU.	País/revisión de GC	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis.	4BTR
PPU	Producción de plomo	Identificar los centros de producción secundaria de plomo en el mercado local e incluir las emisiones procedentes a dicha actividad para toda la serie temporal.	País	Se ha solicitado información al MADES y al MIC, mas no se ha obtenido respuesta. Se reiterará la solicitud para siguientes reportes.	4BTR
PPU	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	Realizar un análisis exhaustivo de las partidas arancelarias de productos no energéticos específicos, considerando sus variaciones periódicas y aquellos productos que deben ser incluidos.	País	Se solicitará apoyo a través del programa de pasantías de la DNCC.	2BTR
PPU	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	Realizar un análisis exhaustivo de las partidas arancelarias de HFC considerando sus variaciones periódicas, con el fin de determinar el año correcto de ingreso al país.	País	Se tiene prevista una reunión con el dpto de Ozono del MADES para llevar a cabo dicho análisis.	2BTR
PPU	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	Realizar un análisis detallado de datos históricos para estimar las sub-aplicaciones, importaciones de sustitutos de las SAO, equipos que ingresan al país con HFC y de los gases que se eliminan en equipos de refrigeración, aire acondicionado, protección de incendios y agentes espumantes.	País	Se tiene prevista una reunión con el dpto de Ozono del MADES para llevar a cabo dicho análisis.	2BTR
PPU	Equipos eléctricos	Establecer una mesa de trabajo con la ANDE para el ajuste anual del consumo de SF6 para toda la serie temporal.	País	Se tiene prevista una mesa de trabajo con los representantes de dicha institución para el análisis de consumo de SF6 de toda la serie temporal.	2BTR
PPU	Equipos eléctricos	Relevar datos del consumo de SF6 en las fases de instalación y de eliminación de equipos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.	País	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente de análisis con las instituciones proveedoras de información.	4BTR
PPU	N2O de usos de productos	Investigar el uso de productos anestésicos que tienen emisiones de N2O.	País/revisión de GC	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis. Se solicitará al INE información acerca de la cantidad de camas para internación en todo el país.	2BTR

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

10.3.3. Sector Agricultura y Ganadería

Tal como se observa en la Tabla 10-6 y Figura 10-4 y fue descrito en la sección 5.1.3. del Capítulo del Sector Agricultura y Ganadería del presente DIN, las emisiones de los GEI presentaron una disminución significativa y acentuada en los últimos años de la serie temporal del INGEI con respecto a los reportes anteriores: 3 IBA (Tercer Informe Bienal de Actualización, 2021)⁴⁶ y la 4CN (2023)⁴⁷,

⁴⁶ Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/IBA3_MADES_pliegos.pdf

⁴⁷ Disponible en:

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Cuarta%20Comunicaci%C3%B3n%20Nacional%20de%20Paraguay_UNFCCC%5B1%5D.pdf

debido principalmente a las mejoras metodológicas realizadas en la categoría fermentación entérica del ganado, conforme a la información censal y sanitaria disponible.

Tabla 10-6.

Sector Agricultura y Ganadería: comparación de emisiones de GEI por reportes del país (kt CO₂ eq).

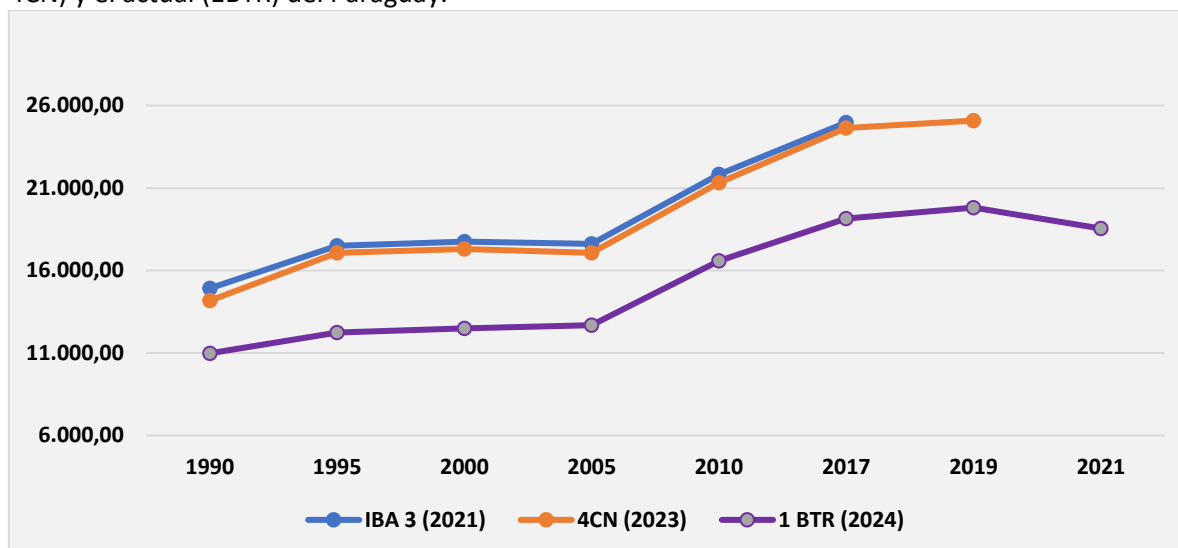
Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
3 IBA	14.921,88	17.491,51	17.743,87	17.622,66	21.822,85	24.971,10		
4 CN	14.174,06	17.080,30	17.298,62	17.074,38	21.329,79	24.647,67	25.086,25	
1 BTR	10.622,69	11.974,92	12.167,01	12.331,79	16.216,71	18.750,74	19.420,79	18.090,75
Δ 3IBA-1BTR	-4.299,19	-5.516,59	-5.576,86	-5.290,87	-5.606,14	-6.220,36	n/a	n/a
Δ 4CN-1BTR	-3.551,36	-5.105,38	-5.131,61	-4.742,58	-5.113,08	-5.896,94	-5.665,46	n/a

Referencia: Series temporales: 3IBA (1990-2017, año de reporte: 2021); 4CN (1990-2019, año de reporte: 2023) y 1BTR (1990-2021, año de reporte: 2024); n/a (no aplica).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 10-4.

Sector Agricultura: comparación de emisiones de GEI (kt CO₂ eq) entre los reportes anteriores (3IBA, 4CN) y el actual (1BTR) del Paraguay.



Referencia: GWP_{100años} utilizado en el 3IBA (AR2 del IPCC, 1995 con valor de conversión a CO₂ eq=21 para el CH₄ y 310 para el N₂O; conforme a la Decisión 17.CMA.2) y en la 4CN y 1BTR (AR5 del IPCC, 2014 con valor de conversión a CO₂ eq=28 para el CH₄ y 265 para el N₂O; conforme a las MPG).

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

A continuación, se citan las mejoras llevadas a cabo en el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR del Paraguay:

- Técnicas de empalme para relleno estadístico de la población y de parámetros zootécnicos por especie ganadera y subcategorías etarias.
- Utilización casi integral de los lineamientos del Refinamiento 2019 del IPCC además de lo señalado en la Guía Metodológica del IPCC, 2006 conforme a las MPG del MTR del Acuerdo de París.
- Enfoque subnacional (regionalizado) para la estimación de las emisiones de GEI en las categorías de fermentación entérica, gestión de estiércol de ganado y cultivo de arroz.
- Estimación de FE dinámicos en el tiempo conforme a la reciente disponibilidad de información sanitaria e intercensal para las especies rumiantes.

- Adopción de tier 2 mejorado para la especie bovina de carne y leche, con FE dinámicos para la fermentación entérica y la gestión del estiércol.
- Avance al tier 2 en las demás especies rumiantes (bubalinos, ovinos y caprinos) para la fermentación entérica y la gestión del estiércol. Para la especie bubalina el FE generado fue también dinámico, a diferencia de los FE fijos para las demás especies.
- Adopción del tier 1 mejorado y fijo de emisiones de CH₄ entérico por peso metabólico para las especies: porcina, equina y de asnos y mulas.
- Ajustes de parámetros de manejo agronómico del cultivo de arroz.
- Revisión de la consistencia de los datos y categorías del presente reporte (ej. respecto a la quema de biomasa en el sector).
- Uso de valores del GWP100 años y su comparación con los del GTP100 años del AR5 del IPCC (2014) conforme al MTR.
- Otras comparaciones metodológicas: tier 1 vs tier 2 e intensidad de emisiones de los GEI en el sector.

En la Tabla 10-7 se presentan las esferas susceptibles de mejora identificadas por Paraguay y el equipo de expertos encargado del proceso de aseguramiento de la calidad de este NIR, en lo referente a la aplicación del artículo 13 del Acuerdo de París.

Tabla 10-7.

Resumen de las áreas susceptibles de mejora identificadas y su abordaje por parte del país

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
Agricultura y Ganadería	Generalidades. Coherencia de los DA para las categorías de emisiones agrícolas y ganaderas durante toda la serie temporal del INGEI.	Revisión de las técnicas de empalme, de la tendencia y posibles outliers en los DA y sus fuentes.	Revisión de GC	Previsión de un profesional estadístico permanente durante los ciclos de elaboración de los INGEI.	3 BTR
Agricultura y Ganadería	Fermentación entérica.	Exactitud. Al tratarse de una categoría principal del INGEI del Paraguay: -Obtener datos zootécnicos de interés (peso vivo, GDP, volumen diario de producción diaria de leche y tenor graso etc.) a partir de un diseño muestral representativo para consolidar las estimaciones de la categoría en tier 2 en las diferentes regiones geográficas del país. -Fomentar la I+D aspirando a la generación de FE por el método superior de estimación (tier 3) de la categoría. -Particularmente, se sugiere determinar la digestibilidad y el efecto del estrés calórico sobre el consumo de materia	País	Consultoría para mejora de los FE regionalizados de la categoría fermentación entérica en las distintas especies y subcategorías ganaderas.	3 BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
		seca y las emisiones de metano entérico de los animales.			
Agricultura y Ganadería	Gestión del estiércol.	Exactitud. Caracterización precisa de los sistemas de gestión del estiércol de las distintas categorías ganaderas que afectan las emisiones de metano y óxido nítrico.	País/revisión de GC	Consultoría para mejora de los DA y/o FE relacionados a la categoría, de acuerdo a los sistemas de gestión del estiércol existentes.	3 BTR
Agricultura y Ganadería	Cultivo de arroz	Exactitud. Mejora de los factores de ajuste de los FE.	Revisión de GC	Revisión de factores de ajuste de la categoría (ej. ROA y Sfo), así como avance al tier 2 de cálculo considerando características edafoclimáticas y de los cultivos.	3 BTR
Agricultura y Ganadería	Suelos agrícolas	Exhaustividad y exactitud. Estimación de todas las fuentes nitrogenadas, a partir de: -Mejor caracterización de la fracción de los sistemas de gestión del estiércol distintos al pastoreo y que son aplicados a los suelos gestionados. -Verificación de fuentes como la mineralización de materia orgánica y la fracción de residuos de cosecha sometidos a factores como la quema de biomasa.	País/Revisión de GC.	Caracterización y/o verificación de todas las fuentes de emisión directas e indirectas de N ₂ O.	3 BTR
Agricultura y Ganadería	Encalado y aplicación de urea.	Exhaustividad y precisión. -Triangulación de datos de importación, exportación y uso de estos insumos agrícolas en campo. *Diseño muestral geoestadístico. -Estimación de subcategorías no estimadas como el uso de cal calcítica.	País	-Conformación de una instancia interinstitucional para el muestreo y estimación de los vacíos de información identificados.	3 BTR
Agricultura y Ganadería	Generalidades.	Transparencia. Descripción de factores explicativos de los picos y/o tendencia de emisiones sustentables en el INGEI del Paraguay.	País/revisión de GC	-Previsión de tiempo suficiente para el análisis y discusión de los resultados. -Contratación o formación de capacidades para data science.	3 BTR
Agricultura y Ganadería	Quema de sabanas y residuos agrícolas en el campo.	Exhaustividad. Necesidad de estimación de categorías del INGEI relacionadas a la quema de biomasa por prácticas agropecuarias.	País/revisión de GC	-Contratación o formación de capacidades para la estimación geoespacial o tabular de los DA requeridos.	3 BTR
Agricultura y Ganadería	Generalidades.	Transparencia. Necesidad de documentación y	País/revisión de GC	Puesta en práctica de protocolos con registros de juicio o dictamen de	3 BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
		archivo de dictamen de expertos.		expertos, exceptuando situaciones de confidencialidad de datos.	

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

10.3.4. Sector UTCUTS

En la Tabla 10-8 y Figura 10-5 se puede observar que existen diferencias con respecto al INGEI previo. Esto se debe a que se realizaron mejoras en los datos, lo cual permitió obtener estimaciones más precisas de las emisiones del sector.

A continuación, se citan las mejoras llevadas a cabo:

- Incorporación de nuevos datos de actividad en el Inventario. Para los años 1990-1999, se utilizó una nueva fuente de datos para las superficies de bosques nativos y el estrato palmar, reemplazando el artículo científico de Huang et al. (2009) por el "Mapa de Cobertura y Usos de la Tierra 1986-2002", manteniendo la coherencia con los demás mapas.
- Actualización de la base de datos de plantaciones forestales lo que permitió regionalizarlos, dividirlos por finalidad y tipo de especie; actualización de los valores de volumen de madera combustible. Estas nuevas desagregaciones permitieron una selección de factores de emisión más específica.
- Para los factores de emisión promediados, se utilizó el promedio ponderado, antes que el aritmético, como herramienta para obtener valores más ajustados.
- No se obtuvo información sobre el estado y la gestión de los suelos para la categoría de pastizales, por lo que este depósito no fue estimado.
- Inclusión de la superficie acumulada de 20 años para la estimación de las variaciones de depósito.

Tabla 10-8.

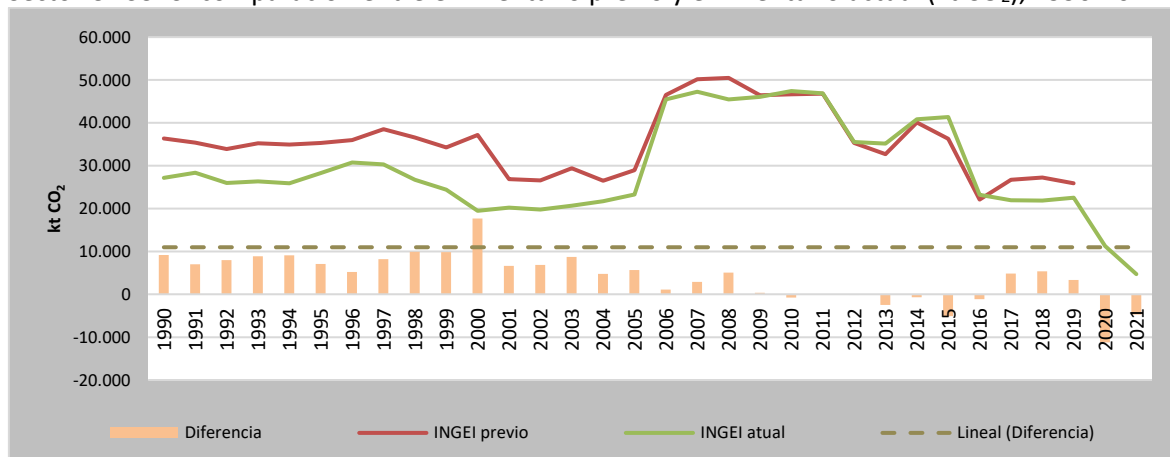
Sector UTCUTS: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI previo	36.315,6	35.319,6	37.154,4	28.929,0	46.639,8	36.304,2	25.885,3		
INGEI actual	27.180,2	28.262,9	19.472,3	23.254,7	47.411,9	41.372,3	22.556,2	11.224,4	4.699,4
Diferencia	9.135,4	7.056,7	17.681,8	5.674,3	-772,1	-5.068,1	3.329,1		
Diferencia %	-25,2%	-20,0%	-47,6%	-19,6%	1,7%	14,0%	-12,9%		

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura 10-5.

Sector UTCUTS: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

En la Tabla 10-9 se presentan las esferas susceptibles de mejora identificadas por Paraguay y el equipo de expertos encargado del proceso de aseguramiento de la calidad de este NIR, en lo referente a la aplicación del artículo 13 del Acuerdo de París.

Tabla 10-9.

Resumen de las áreas susceptibles de mejora identificadas y su abordaje por parte del país

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
UTCUTS	Generalidades	Exhaustividad	País/revisión de GC	Realizar los esfuerzos necesarios para incluir las estimaciones de las categorías no estimadas, avanzando gradualmente en función de las capacidades nacionales disponibles.	3BTR
UTCUTS	General	Coherencia y exactitud	País	Revisar la transición entre los datos provenientes de los distintos mapas de cobertura forestal, usos de la tierra y cambios de uso de la tierra.	3BTR
UTCUTS	General	Exhaustividad y exactitud	País/revisión de GC	Incluir estimaciones de los depósitos faltantes, especialmente en las categorías identificadas como principales, avanzando gradualmente en función de las capacidades nacionales disponibles.	2BTR
UTCUTS	Tierras forestales	Exactitud	País/revisión de GC	Identificar el uso inicial de la tierra en las superficies de establecimiento de las plantaciones forestales	3BTR
UTCUTS	Tierras forestales	Exactitud	País	Identificar el origen de la madera combustible, ya que puede provenir de superficies con cambio de uso de la tierra,	3BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
				incurriendo en un doble conteo.	
UTCUTS	Tierras forestales	Exactitud	País	Realizar los esfuerzos necesarios para clasificar los bosques por rangos de edad, con el objetivo de asignar las tasas de crecimiento correspondientes de manera precisa.	3BTR
UTCUTS	Tierras forestales	Exactitud	País	Recopilar información necesaria para el ajuste de los supuestos de turnos de corta de las plantaciones forestales.	2BTR
UTCUTS	Tierras de cultivo	Exactitud	País	Generar o estimar valores de existencias de carbono en el suelo, adaptados a las condiciones del país.	3BTR
UTCUTS	Tierras de cultivo	Exactitud, consistencia	País	Recopilar datos sobre superficies de cultivos para años anteriores al año base y generar supuestos más consistentes.	3BTR
UTCUTS	Tierras de cultivo	Exactitud	País	Recopilar información necesaria para la mejor desagregación de los cultivos, sus regímenes de gestión, valores específicos de biomasa y cambios de uso de la tierra.	5BTR
UTCUTS	Pastizales	Exhaustividad	País/revisión de GC	Recopilar información sobre la gestión y el manejo de los pastizales, para la estimación de la categoría de pastizales que permanecen como tales y el depósito de suelos.	3BTR
UTCUTS	Humedales	Exhaustividad	País/revisión de GC	Implementar el suplemento de Humedales de 2013 para la estimación de la categoría	3BTR
UTCUTS	Perturbaciones por incendios	Exhaustividad y exactitud	País/revisión de GC	Priorizar esfuerzos para obtener los datos necesarios para reportar estas fuentes.	3BTR

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

10.3.5. Sector Residuos

En la Tabla 10-10 y Figura 10-6 se pueden observar las diferencias con respecto al INGEI anterior. Esto se debe a que se realizaron mejoras en los datos de actividad y cambios en los valores de ciertos parámetros y factores de emisión, lo cual influyó en un mejor reflejo de la situación de la estimación de las emisiones del sector.

A continuación, se citan las mejoras llevadas a cabo:

- Ajuste de parámetros para la categoría disposición de residuos sólidos, específicamente en los valores de Carbono orgánico degradable que se descompone (COD) y Factor de corrección para el metano (MCF); en la subcategoría quema abierta de residuos, específicamente el Factor de oxidación en % de la entrada de carbono, Fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total (Oxidation Factor – OF) y Fracción de Carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf), de acuerdo al Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006.
- Mejoras en la estimación del Software del IPCC que permite la segregación de las emisiones biogénicas y fósiles de CO₂ en la categoría de incineración y quema abierta de residuos.
- Estimación de un nuevo gas (N₂O) en la subcategoría aguas residuales industriales.
- Así también, en la subcategoría aguas residuales industriales se realizaron ajustes en los datos de producción de carne, leche, azúcar y cerveza con información descargada de FAOSTAT para toda la serie y estadística actualizada de aceite en los años 1990-2017.

Tabla 10-10.

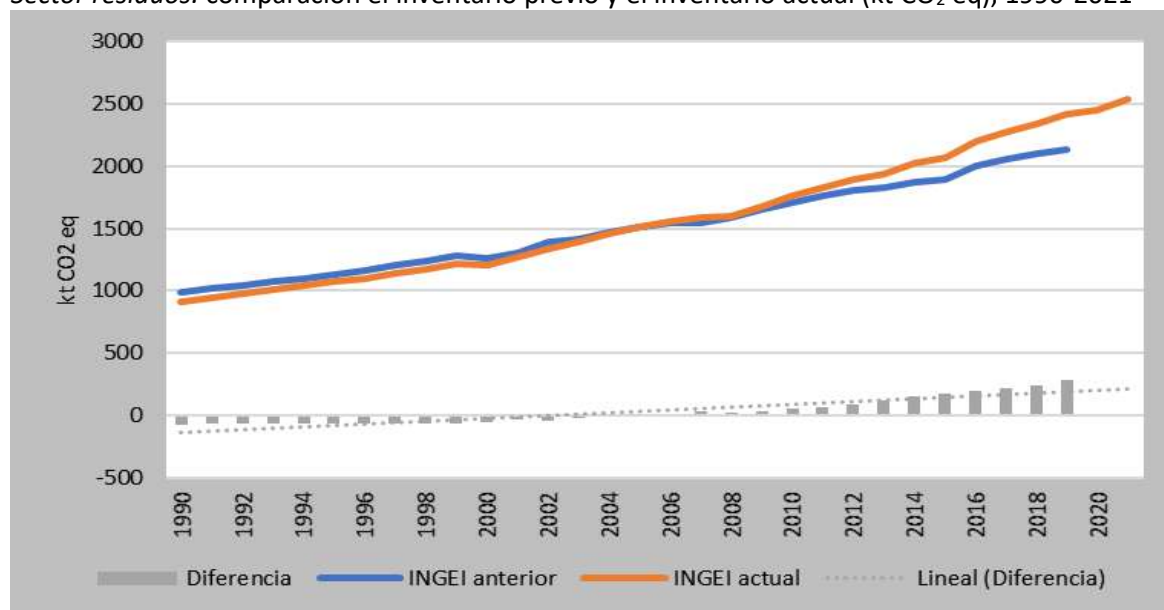
Sector residuos: comparación entre emisiones de GEI (kt CO₂ eq) del inventario 1990-2019 y el inventario 1990-2021

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020	2021
INGEI anterior	990,5	1133,5	1255,5	1511,9	1709,7	1891,5	2135,0		
INGEI actual	916,2	1069,8	1205,5	1515,9	1762,8	2068,7	2417,6	2455,8	2542,3
Diferencia	-74,3	-63,6	-50,0	4,0	53,1	177,2	282,6		
Diferencia %	-8,1%	-5,9%	-4,1%	0,3%	3,0%	8,6%	11,7%		

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Figura 10-6.

Sector residuos: comparación el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq), 1990-2021



Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

En la Tabla 10-11 se presentan las esferas susceptibles de mejora identificadas por Paraguay y el equipo de expertos encargado del proceso de aseguramiento de la calidad de este NIR, en lo referente a la aplicación del artículo 13 del Acuerdo de París.

Tabla 10-11.

Resumen de las áreas susceptibles de mejora identificadas y su abordaje por parte del país

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
Residuos	Generalidades	Incrementar la transparencia de información obtenida mediante la contratación del experto en residuos sólidos que detalle los procesos llevados a cabo y suposiciones realizadas para obtención de información, recopile todo tipo de documentación utilizada, realice dictamen de experto, detalle métodos estadísticos utilizados, y otras informaciones útiles para el inventario.	País/Revisión	Se encuentra en curso una consultoría con CBIT Paraguay con el fin de recolectar datos sobre la categoría, con el fin de utilizar datos respaldados e incrementar la transparencia.	3BTR
Residuos	Generalidades	Promover líneas de investigación con universidades y/o centros de investigación para realizar estudios sectoriales que generen informaciones correspondientes a DA.	País/Revisión	En base a los DA faltantes del sector, se harán propuestas de temas para la elaboración de tesis e investigaciones en las universidades.	4BTR
Residuos	Generalidades	Promover entre las entidades proveedoras de información la implementación del cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos que alimentan el INGEI.	País	En reuniones con las instituciones proveedoras de datos, se ha destacado la importancia de calcular la incertidumbre, alentándolas a determinar las incertidumbres asociadas a los DA.	4BTR
Residuos	Disposición de residuos sólidos	Relevar datos sobre la gestión de los residuos sólidos domésticos en municipios de todo el país y actualizar la información de los vertederos existentes a fin de mejorar la clasificación de los sitios.	País	Se encuentra en curso una consultoría con CBIT Paraguay para la recolección de datos de la categoría descarga y tratamiento de aguas residuales.	4BTR
Residuos	Disposición de residuos sólidos	Realizar esfuerzos para regionalizar las emisiones de GEI correspondiente a la categoría 5A Sitios de Disposición de Residuos Sólidos.	País/Revisión	Se encuentra en curso una consultoría con CBIT Paraguay para lograr regionalizar las emisiones de GEI de esta categoría.	4BTR
Residuos	Tratamiento biológico	Obtener un dictamen de experto para llegar a estimar la categoría tratamiento biológico de residuos sólidos.	País/Revisión	Este tema no ha sido abordado y queda pendiente su análisis. Actualmente con la consultoría que está en curso se podrían esclarecer puntos claves sobre la disposición de los residuos a nivel país a fin de poder avanzar con la estimación de esta categoría.	4BTR
Residuos	Incineración	Identificar todos los tipos de residuos incinerados en el país (cremación, servicio antidroga, etc.) y recopilar los datos de actividad requeridos para estimar y reportar las emisiones de GEI de cada uno de ellos.	País	Se encuentra en curso una consultoría para la recolección de los datos sobre los sitios de disposición del total de los residuos a nivel país, esto debería permitir la identificación de la composición de los residuos incinerados en el país.	4BTR
Residuos	Quema abierta	Relevar informaciones para mejorar la calidad de los datos de quema a cielo abierto en cuanto a las características de los residuos como la composición.	País	Se encuentra en curso una consultoría para la recolección de los datos sobre los sitios de disposición del total de los residuos a nivel país, esto debería permitir la identificación de las características de los residuos.	4BTR
Residuos	Disposición de residuos sólidos/Quema abierta	Relevar datos sobre la gestión de los residuos sólidos dispuestos en los sitios y quemados a cielo abierto a fin de mejorar la clasificación por categoría.	País/Revisor	Se encuentra en curso una consultoría para la recolección de los datos sobre los sitios de disposición del total de los residuos a nivel país.	3BTR
Residuos	Tratamiento y descarga de aguas residuales	Fortalecer vínculos con instituciones del sector agua y saneamiento (DAPSAN-MOPC, ERSSAN) para actualizar información sobre sistemas de tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas.	País	Se solicitó información a dichas instituciones; sin embargo, la respuesta sigue pendiente. En las mesas interinstitucionales también se conversó con la ERSSAN para poder mejorar dicha información.	4BTR
Residuos	Tratamiento y descarga de aguas residuales	Establecer vínculos con las principales industrias nacionales para obtener dictamen de experto o los parámetros de generación de efluente por unidad de producción y carga orgánica de los	País	Se solicitó información a dichas instituciones; sin embargo, la respuesta sigue pendiente.	4BTR

Sector	Categoría	Descripción del área susceptible de mejora	Origen (país/revisión)	Abordaje por parte del país	Plazo para la aplicación
		rubros industriales que ocurren en el país.			
Residuos	Tratamiento y descarga de aguas residuales	Relevar datos sobre la fracción removida como lodo para mejorar la exhaustividad y obtener una estimación adecuada y más representativa de la realidad del país mediante la verificación de la coherencia con las estimaciones de los lodos aplicados a suelos agrícolas, los lodos incinerados y los lodos depositados en los sitios de disposición de residuos sólidos.	País	Se encuentra en curso una consultoría con CBIT Paraguay para la recolección de datos sobre el destino de los lodos. Se han solicitado datos a las instituciones y empresas, pero no hemos recibido retorno.	3BTR
Residuos	Tratamiento y descarga de aguas residuales	Acceder a informaciones del Sistema de Información Ambiental (SIAM) del MADES sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales de proponentes correspondiente a proceso de licenciamiento ambiental (Ley 294/93) a fin de identificar los tipos de tratamiento de efluentes existentes en el país.	País	A través del apoyo al proceso de elaboración del Sistema de Información Ambiental (SIAM) del MADES, se busca obtener datos relevantes para el inventario, aprovechando la información generada en dichos procesos.	4BTR
Residuos	Disposición de residuos sólidos/Incineración	Coordinar con el Departamento de Residuos Sólidos de la Dirección de Calidad Ambiental y con la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental del MADES para obtener datos específicos sobre los sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos de todo el país y las plantas incineradoras de residuos del país, correspondiente a proceso de licenciamiento ambiental de auditorías ambientales (Ley 294/93).	País	Se encuentra en curso una consultoría con CBIT Paraguay para la recolección de datos sobre los sitios de disposición final de los residuos sólidos, donde en una de las medidas para lograr este resultado, está la presentación de solicitudes de los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos sólido, a fin de obtener información sobre residuos sólidos urbanos.	3BTR

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MINISTERIO DEL
AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

DIN²⁰²⁴

DOCUMENTO DE
INVENTARIO
NACIONAL 2024
PARAGUAY

11

CAPÍTULO

ANEXOS

ANEXOS DEL DOCUMENTO DEL INVENTARIO NACIONAL

Anexo I: Categorías principales

El análisis de categorías principales se realizó para el año base 1990 y para 2021 como último año de reporte en el INGEI incluyendo y excluyendo el sector UTCUTS. La evaluación se efectuó por nivel (N) y tendencia (T) utilizando el método 1 incluyendo todos los GEI. El método 1 evalúa la influencia que ejercen ciertas categorías en términos absolutos. Al sumarse de forma acumulada, estas categorías totalizan el 95 % de la suma total de las emisiones, principalmente aquellas que más contribuyen a las emisiones y a cambios en el inventario.

El método utilizado por Paraguay para identificar las categorías y el nivel de desglose consistió en: en los sectores de Energía, IPPU y Residuos se utilizó el desglose de categorías propuesta por el software del IPCC, y en los sectores de Agricultura y Ganadería, y UTCUTS se utilizaron las categorías agregadas como tal.

Tabla Anexo I.I.

Análisis de Categorías Principales - Método 1 - Año 1990 con UTCUTS.

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	valor absoluto de emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	36864,6	36864,6	0,4	44,1%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	-19367,0	19367,0	0,2	67,3%
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	CO ₂	10450,8	10450,8	0,1	79,8%
3.A.	Fermentación entérica	CH ₄	9206,3	9206,3	0,1	90,8%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	1698,4	1698,4	0,0	92,9%
3.D.	Suelos Agrícolas	N ₂ O	899,4	899,4	0,0	93,9%
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO ₂	-838,2	838,2	0,0	94,9%
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	CO ₂	692,6	692,6	0,0	95,8%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄	682,2	682,2	0,0	96,6%
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	CO ₂	-626,1	626,1	0,0	97,3%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	CH ₄	441,7	441,7	0,0	97,9%
3.B.	Gestión del estiércol	CH ₄	369,0	369,0	0,0	98,3%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	CH ₄	236,7	236,7	0,0	98,6%
5.A	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	172,5	172,5	0,0	98,8%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	156,0	156,0	0,0	99,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO ₂	149,3	149,3	0,0	99,2%
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	136,6	136,6	0,0	99,3%
3.B.	Gestión del estiércol	N ₂ O	117,2	117,2	0,0	99,5%
2.C.1	Producción de hierro y acero	CO ₂	84,4	84,4	0,0	99,6%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N ₂ O	8,0	8,0	0,0	99,6%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	N ₂ O	53,9	53,9	0,0	99,6%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	N ₂ O	41,7	41,7	0,0	99,7%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄	41,4	41,4	0,0	99,7%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	CH ₄	39,9	39,9	0,0	99,8%
3.C.	Cultivo del arroz	CH ₄	30,6	30,6	0,0	99,8%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CO ₂	29,9	29,9	0,0	99,9%
2.A.2	Producción de cal	CO ₂	25,0	25,0	0,0	99,9%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	N ₂ O	22,6	22,6	0,0	99,9%
2.G	Manufactura y utilización de otros productos	SF ₆	15,1	15,1	0,0	99,9%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CH ₄	8,1	8,1	0,0	99,9%
2.D	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	CO ₂	7,0	7,0	0,0	100,0%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	N ₂ O	6,9	6,9	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	6,1	6,1	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	N ₂ O	5,6	5,6	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CO ₂	5,2	5,2	0,0	100,0%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	N ₂ O	4,4	4,4	0,0	100,0%
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	CO ₂	3,5	3,5	0,0	100,0%

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	valor absoluto de emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	CH ₄	2,8	2,8	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CO ₂	2,2	2,2	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CH ₄	1,0	1,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CH ₄	0,4	0,4	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	N ₂ O	0,4	0,4	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,3	0,3	0,0	100,0%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	CH ₄	0,3	0,3	0,0	100,0%
2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO ₂	0,3	0,3	0,0	100,0%
3.G.	Encalado	CO ₂	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH ₄	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,1	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,1	0,0	100,0%
2.A.3	Producción de vidrio	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
3.H.	Aplicación de urea	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.B.5	Producción de carburo	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.B.5	Producción de carburo	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.C.5	Producción de plomo	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFCs	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.F.3	Protección contra incendios	HFCs	0,0	0,0	0,0	100,0%
4.F.2.a	Tierras forestales convertidas en otras tierras	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
Total neto			41.889,6	83.552,3	1,0	

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo I.II.

Análisis de Categorías Principales - Método 1 - Año 1990 sin UTCUTS.

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	valor absoluto de emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
3.A.	Fermentación entérica	CH ₄	9206,3	9206,3	0,6	62,6%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	1698,4	1698,4	0,1	74,1%
3.D.	Suelos Agrícolas	N ₂ O	899,4	899,4	0,1	80,2%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄	682,2	682,2	0,0	84,9%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	CH ₄	441,7	441,7	0,0	87,9%
3.B.	Gestión del estiércol	CH ₄	369,0	369,0	0,0	90,4%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	CH ₄	236,7	236,7	0,0	92,0%
5.A	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	172,5	172,5	0,0	93,2%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	156,0	156,0	0,0	94,2%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO ₂	149,3	149,3	0,0	95,3%
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	136,6	136,6	0,0	96,2%
3.B.	Gestión del estiércol	N ₂ O	117,2	117,2	0,0	97,0%
2.C.1	Producción de hierro y acero	CO ₂	84,4	84,4	0,0	97,6%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N ₂ O	8,0	8,0	0,0	97,6%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	N ₂ O	53,9	53,9	0,0	98,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	N ₂ O	41,7	41,7	0,0	98,3%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄	41,4	41,4	0,0	98,5%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	CH ₄	39,9	39,9	0,0	98,8%
3.C.	Cultivo del arroz	CH ₄	30,6	30,6	0,0	99,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CO ₂	29,9	29,9	0,0	99,2%
2.A.2	Producción de cal	CO ₂	25,0	25,0	0,0	99,4%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	N ₂ O	22,6	22,6	0,0	99,5%
2.G	Manufatura y utilización de otros productos	SF ₆	15,1	15,1	0,0	99,6%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CH ₄	8,1	8,1	0,0	99,7%
2.D	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	CO ₂	7,0	7,0	0,0	99,8%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	N ₂ O	6,9	6,9	0,0	99,8%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	6,1	6,1	0,0	99,8%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	N ₂ O	5,6	5,6	0,0	99,9%

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 1990 (kt CO2 eq)	valor absoluto de emisiones o absorciones de 1990 (kt CO2 eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CO ₂	5,2	5,2	0,0	99,9%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	N ₂ O	4,4	4,4	0,0	99,9%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	CH ₄	2,8	2,8	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CO ₂	2,2	2,2	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CH ₄	1,0	1,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CH ₄	0,4	0,4	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	N ₂ O	0,4	0,4	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,3	0,3	0,0	100,0%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	CH ₄	0,3	0,3	0,0	100,0%
2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO ₂	0,3	0,3	0,0	100,0%
3.G.	Encalado	CO ₂	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH ₄	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,1	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,1	0,0	100,0%
2.A.3	Producción de vidrio	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
3.H.	Aplicación de urea	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.B.5	Producción de carburo	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.B.5	Producción de carburo	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.C.5	Producción de plomo	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFCs	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.F.3	Protección contra incendios	HFCs	0,0	0,0	0,0	100,0%
BALANCE			14.709,4	14.709,4	1,0	

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo I.III.

Análisis de Categorías Principales - Método 1 - Año 2021 con UTCUTS.

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO2 eq)	valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO2 eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	CO ₂	26123,8	26123,8	0,3	28,1%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	-19836,6	19836,6	0,2	49,5%
3.A.	Fermentación entérica	CH ₄	13793,1	13793,1	0,1	64,4%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	7515,3	7515,3	0,1	72,5%
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO ₂	-6897,7	6897,7	0,1	79,9%
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	6166,4	6166,4	0,1	86,6%
3.D.	Suelos Agrícolas	N ₂ O	2727,9	2727,9	0,0	89,5%
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	CO ₂	-1684,9	1684,9	0,0	91,3%
5.A	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	1384,0	1384,0	0,0	92,8%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄	1102,2	1102,2	0,0	94,0%
2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFCs	716,7	716,7	0,0	94,8%
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	CO ₂	584,8	584,8	0,0	95,4%
3.B.	Gestión del estiércol	N ₂ O	544,2	544,2	0,0	96,0%
3.B.	Gestión del estiércol	CH ₄	535,1	535,1	0,0	96,6%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	CH ₄	465,2	465,2	0,0	97,1%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	CH ₄	362,1	362,1	0,0	97,4%
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	346,0	346,0	0,0	97,8%
3.C.	Cultivo del arroz	CH ₄	336,9	336,9	0,0	98,2%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	251,5	251,5	0,0	98,5%

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
4.F.2.a.	Tierras forestales convertidas en otras tierras	CO ₂	243,5	243,5	0,0	98,7%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO ₂	229,2	229,2	0,0	99,0%
3.G.	Encalado	CO ₂	133,5	133,5	0,0	99,1%
2.A.2	Producción de cal	CO ₂	133,2	133,2	0,0	99,2%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	N ₂ O	100,7	100,7	0,0	99,4%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N ₂ O	26,8	26,8	0,0	99,4%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	N ₂ O	91,0	91,0	0,0	99,5%
2.C.1	Producción de hierro y acero	CO ₂	68,3	68,3	0,0	99,6%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	N ₂ O	58,3	58,3	0,0	99,6%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	CH ₄	46,8	46,8	0,0	99,7%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CO ₂	45,7	45,7	0,0	99,7%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	N ₂ O	42,4	42,4	0,0	99,8%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CH ₄	38,0	38,0	0,0	99,8%
2.D	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	CO ₂	30,9	30,9	0,0	99,8%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄	24,9	24,9	0,0	99,9%
2.G	Manufactura y utilización de otros productos	SF ₆	24,4	24,4	0,0	99,9%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CO ₂	21,1	21,1	0,0	99,9%
3.H.	Aplicación de urea	CO ₂	20,1	20,1	0,0	99,9%
2.B.5	Producción de carburo	CO ₂	17,6	17,6	0,0	100,0%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	N ₂ O	8,7	8,7	0,0	100,0%
2.F.3	Protección contra incendios	HFCs	8,5	8,5	0,0	100,0%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	CH ₄	4,2	4,2	0,0	100,0%
2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO ₂	3,9	3,9	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	N ₂ O	2,7	2,7	0,0	100,0%
2.B.5	Producción de carburo	CH ₄	2,2	2,2	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO ₂	2,1	2,1	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	1,7	1,7	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CO ₂	1,7	1,7	0,0	100,0%
2.A.3	Producción de vidrio	CO ₂	1,1	1,1	0,0	100,0%
2.C.5	Producción de plomo	CO ₂	0,9	0,9	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CH ₄	0,5	0,5	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,4	0,4	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CH ₄	0,3	0,3	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH ₄	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,1	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
4.D.2.a	Tierras forestales convertidas en humedales	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
BALANCE			35.971,8	92.810,0	1,0	

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo I.IV.

Análisis de Categorías Principales - Método 1 - Año 2021 sin UTCUTS.

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	valor absoluto de emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel	Total acumulativo
			Ex,t	Ex,t	Lx,t (Ec. 4.1)	
3.A.	Fermentación entérica	CH ₄	13793,1	13793,1	0,4	44,1%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	7515,3	7515,3	0,2	68,1%
3.D.	Suelos Agrícolas	N ₂ O	2727,9	2727,9	0,1	76,9%
5.A	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	1384,0	1384,0	0,0	81,3%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄	1102,2	1102,2	0,0	84,8%
2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFCs	716,7	716,7	0,0	87,1%
3.B.	Gestión del estiércol	N ₂ O	544,2	544,2	0,0	88,8%
3.B.	Gestión del estiércol	CH ₄	535,1	535,1	0,0	90,6%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	CH ₄	465,2	465,2	0,0	92,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	CH ₄	362,1	362,1	0,0	93,2%
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	346,0	346,0	0,0	94,3%
3.C.	Cultivo del arroz	CH ₄	336,9	336,9	0,0	95,4%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	251,5	251,5	0,0	96,2%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO ₂	229,2	229,2	0,0	96,9%
3.G.	Encalado	CO ₂	133,5	133,5	0,0	97,3%
2.A.2	Producción de cal	CO ₂	133,2	133,2	0,0	97,8%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	N ₂ O	100,7	100,7	0,0	98,1%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N ₂ O	26,5	26,5	0,0	98,2%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	N ₂ O	91,0	91,0	0,0	98,5%
2.C.1	Producción de hierro y acero	CO ₂	68,3	68,3	0,0	98,7%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	N ₂ O	58,3	58,3	0,0	98,9%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	CH ₄	46,8	46,8	0,0	99,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CO ₂	45,7	45,7	0,0	99,2%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	N ₂ O	42,4	42,4	0,0	99,3%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CH ₄	38,0	38,0	0,0	99,4%
2.D	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	CO ₂	30,9	30,9	0,0	99,5%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄	24,9	24,9	0,0	99,6%
2.G	Manufactura y utilización de otros productos	SF ₆	24,4	24,4	0,0	99,7%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CO ₂	21,1	21,1	0,0	99,8%
3.H.	Aplicación de urea	CO ₂	20,1	20,1	0,0	99,8%
2.B.5	Producción de carburo	CO ₂	17,6	17,6	0,0	99,9%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	N ₂ O	8,7	8,7	0,0	99,9%
2.F.3	Protección contra incendios	HFCs	8,5	8,5	0,0	99,9%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	CH ₄	4,2	4,2	0,0	99,9%
2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO ₂	3,9	3,9	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	N ₂ O	2,7	2,7	0,0	100,0%
2.B.5	Producción de carburo	CH ₄	2,2	2,2	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO ₂	2,1	2,1	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	1,7	1,7	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CO ₂	1,7	1,7	0,0	100,0%
2.A.3	Producción de vidrio	CO ₂	1,1	1,1	0,0	100,0%
2.C.5	Producción de plomo	CO ₂	0,9	0,9	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CH ₄	0,5	0,5	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,4	0,4	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CH ₄	0,3	0,3	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH ₄	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,2	0,2	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,1	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%

1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CO ₂	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0%
BALANCE			31.272,2	31.272,2	1,0	

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo I.V.

Análisis de Categorías Principales - Método 1 - Tendencia 1990-2021 con UTCUTS.

Categorías del IPCC	GEI	Emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de tendencia (Método 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
		Ex,0	Ex,t	Tx,t		
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	36.864,6	6.166,4	0,6	36,0%
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas en pastizales	CO ₂	10.450,8	26.123,8	0,4	60,2%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	1.698,4	7.515,3	0,1	68,7%
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO ₂	-838,2	-6.897,7	0,1	77,1%
3.A.	Fermentación entérica	CH ₄	9.206,3	13.793,1	0,1	85,4%
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	-19.367,0	-19.836,6	0,1	88,6%
3.D.	Suelos Agrícolas	N ₂ O	899,4	2.727,9	0,0	91,4%
5.A	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	172,5	1.384,0	0,0	93,1%
4.A.2.a.	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	CO ₂	-626,1	-1.684,9	0,0	94,5%
2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	0,0	716,7	0,0	95,5%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄	682,2	1.102,2	0,0	96,2%
3.B.	Gestión del estiércol	N ₂ O	117,2	544,2	0,0	96,9%
3.C.	Cultivo del arroz	CH ₄	30,6	336,9	0,0	97,3%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	CH ₄	236,7	465,2	0,0	97,7%
4.F.2.a.	Tierras forestales convertidas en otras tierras	CO ₂	0,0	243,5	0,0	98,0%
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	136,6	346,0	0,0	98,3%
3.B.	Gestión del estiércol	CH ₄	369,0	535,1	0,0	98,6%
3.G.	Encalado	CO ₂	0,2	133,5	0,0	98,8%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	156,0	251,5	0,0	99,0%
2.A.2	Producción de cal	CO ₂	25,0	133,2	0,0	99,2%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO ₂	149,3	229,2	0,0	99,3%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	N ₂ O	6,9	91,0	0,0	99,4%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	N ₂ O	22,6	100,7	0,0	99,5%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N ₂ O	8,0	26,8	0,0	99,6%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CO ₂	0,0	45,7	0,0	99,6%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CH ₄	8,1	38,0	0,0	99,7%
2.D	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	CO ₂	7,0	30,9	0,0	99,7%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CO ₂	29,9	1,7	0,0	99,7%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	N ₂ O	41,7	58,3	0,0	99,8%
3.H.	Aplicación de urea	CO ₂	0,0	20,1	0,0	99,8%
2.B.5	Producción de carburo	CO ₂	0,0	17,6	0,0	99,8%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	CH ₄	441,7	362,1	0,0	99,8%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CO ₂	5,2	21,1	0,0	99,9%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	CH ₄	39,9	46,8	0,0	99,9%
2.G	Manufactura y utilización de otros productos	SF ₆	15,1	24,4	0,0	99,9%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄	41,4	24,9	0,0	99,9%
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas en asentamientos	CO ₂	692,6	584,8	0,0	99,9%
2.F.3	Protección contra incendios	HFCs	0,0	8,5	0,0	99,9%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	N ₂ O	4,4	8,7	0,0	99,9%
2.C.1	Producción de hierro y acero	CO ₂	84,4	68,3	0,0	100,0%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	CH ₄	0,3	4,2	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	N ₂ O	53,9	42,4	0,0	100,0%
2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO ₂	0,3	3,9	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	6,1	1,7	0,0	100,0%
4.D.2.a.	Tierras forestales convertidas en humedales	CO ₂	3,5	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	CH ₄	2,8	0,0	0,0	100,0%
2.B.5	Producción de carburo	CH ₄	0,0	2,2	0,0	100,0%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	N ₂ O	5,6	2,7	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO ₂	0,0	2,1	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	CO ₂	2,2	0,0	0,0	100,0%
2.A.3	Producción de vidrio	CO ₂	0,0	1,1	0,0	100,0%
2.C.5	Producción de plomo	CO ₂	0,0	0,9	0,0	100,0%

1.B.2.a	Petróleo	CH ₄	1,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CH ₄	0,0	0,3	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	N ₂ O	0,4	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CH ₄	0,4	0,5	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,3	0,4	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,0	0,2	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH ₄	0,2	0,2	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	N ₂ O	0,1	0,1	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
BALANCE			41.889,6	35.971,6	1,7		

Tabla Anexo I.VI.

Análisis de Categorías Principales - Método 1 - Tendencia 1990-2021 sin UTCUTS.

Categorías del IPCC		GEI	Emisiones o absorciones de 1990 (kt CO ₂ eq)	Emisiones o absorciones de 2021 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de tendencia (Método 1)	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
			Ex,0	Ex,t	Tx,t		
3.A.	Fermentación entérica	CH ₄	9.206,3	13.793,1	0,4	0,4	38,1%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CO ₂	1.698,4	7.515,3	0,3	0,3	63,9%
5.A	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	172,5	1.384,0	0,1	0,1	70,6%
3.D.	Suelos Agrícolas	N ₂ O	899,4	2.727,9	0,1	0,1	76,0%
2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFCs	0,0	716,7	0,0	0,0	80,7%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	CH ₄	441,7	362,1	0,0	0,0	84,5%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH ₄	682,2	1.102,2	0,0	0,0	86,8%
3.B.	Gestión del estiércol	N ₂ O	117,2	544,2	0,0	0,0	88,7%
3.C.	Cultivo del arroz	CH ₄	30,6	336,9	0,0	0,0	90,5%
3.B.	Gestión del estiércol	CH ₄	369,0	535,1	0,0	0,0	92,2%
3.G.	Encalado	CO ₂	0,2	133,5	0,0	0,0	93,1%
2.C.1	Producción de hierro y acero	CO ₂	84,4	68,3	0,0	0,0	93,8%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO ₂	149,3	229,2	0,0	0,0	94,4%
2.A.2	Producción de cal	CO ₂	25,0	133,2	0,0	0,0	94,9%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO ₂	156,0	251,5	0,0	0,0	95,4%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	N ₂ O	6,9	91,0	0,0	0,0	95,9%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa sólida	N ₂ O	53,9	42,4	0,0	0,0	96,4%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CH ₄	41,4	24,9	0,0	0,0	96,8%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CO ₂	29,9	1,7	0,0	0,0	97,2%
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	136,6	346,0	0,0	0,0	97,6%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	N ₂ O	22,6	100,7	0,0	0,0	97,9%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CO ₂	0,0	45,7	0,0	0,0	98,2%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	CH ₄	39,9	46,8	0,0	0,0	98,5%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	CH ₄	236,7	465,2	0,0	0,0	98,7%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa sólida	N ₂ O	41,7	58,3	0,0	0,0	98,9%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Combustibles líquidos	CH ₄	8,1	38,0	0,0	0,0	99,1%
3.H.	Aplicación de urea	CO ₂	0,0	20,1	0,0	0,0	99,2%
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	N ₂ O	8,0	26,5	0,0	0,0	99,3%
2.B.5	Producción de carburo	CO ₂	0,0	17,6	0,0	0,0	99,4%
2.D	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	CO ₂	7,0	30,9	0,0	0,0	99,5%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	CO ₂	6,1	1,7	0,0	0,0	99,6%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CO ₂	5,2	21,1	0,0	0,0	99,6%
5.C	Incineración y quema abierta de residuos	N ₂ O	5,6	2,7	0,0	0,0	99,7%
2.F.3	Protección contra incendios	HFCs	0,0	8,5	0,0	0,0	99,8%
2.G	Manufactura y utilización de otros productos	SF ₆	15,1	24,4	0,0	0,0	99,8%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	CH ₄	2,8	0,0	0,0	0,0	99,9%

1.B.2.a	Petróleo	CO2	2,2	0,0	0,0	0,0	99,9%
1.A.3.b	Transporte terrestre - Biomasa líquida	CH4	0,3	4,2	0,0	0,0	99,9%
2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	0,3	3,9	0,0	0,0	99,9%
2.B.5	Producción de carburo	CH4	0,0	2,2	0,0	0,0	99,9%
1.B.2.a	Petróleo	CH4	1,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO2	0,0	2,1	0,0	0,0	100,0%
2.A.3	Producción de vidrio	CO2	0,0	1,1	0,0	0,0	100,0%
2.C.5	Producción de plomo	CO2	0,0	0,9	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.c	Ferrocarriles - Biomasa sólida	N2O	0,4	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.1.c	Transformación de combustibles	N2O	4,4	8,7	0,0	0,0	100,0%
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CH4	0,0	0,3	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	CH4	0,4	0,5	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N2O	0,3	0,4	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Combustibles líquidos	N2O	0,1	0,1	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH4	0,2	0,2	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	N2O	0,1	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	N2O	0,0	0,2	0,0	0,0	100,0%
1.A.1	Industria de la energía - Combustibles líquidos	CH4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.B.2.a	Petróleo	N2O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N2O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	CH4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	N2O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.4	Otros sectores - Biomasa líquida	N2O	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.3.a	Aviación civil - Combustibles líquidos	CH4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa líquida	CH4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0%
BALANCE			14.709,4	31.272,2	1,0		

Anexo II: Evaluación de la incertidumbre

Paraguay aplica la flexibilidad contemplada en la disposición 29 de las MPG y lleva a cabo un análisis cualitativo de la incertidumbre en las categorías principales.

La descripción detallada de este análisis se encuentra en la sección 1.6 de este DIN, mientras que la flexibilidad aplicada se explica en la sección 1.9.

Anexo III: Descripción detallada del método de referencia

Paraguay presenta los resultados de comparación de las estimaciones nacionales de emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustible con las obtenidas, utilizando el método de referencia según las *Directrices del IPCC de 2006*.



Tabla Anexo III.I.

Comparación entre métodos: datos del balance nacional de energía, 2021

	FUENTE DE ENERGÍA PRIMARIA								FUENTES DE ENERGÍA SECUNDARIA									
	PETRÓLEO PRIMARIO	FUENTES MINERALES	ENERGÍA DIRECTA	BIOMASA Y RESIDUOS					ELECTRICIDAD	PRODUCTOS DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL							PRODUCTOS DE FUENTES MINERALES OTROS	PRODUCTOS DE BIOMASA
	PETRÓLEO Y ADITIVOS	CARBÓN MINERAL	HIDROENERGÍA	LEÑA	BAGAZO	ETANOL	BIODIESEL Y OTROS	OTRA BIOMASA Y RESIDUOS		GLP	GASOLINAS Y NAFTAS	KEROSENE Y JET FUEL	DIÉSEL	FUEL OIL	COQUE DE PETRÓLEO	PRODUCTOS DE PETRÓLEO NO ENERGÉTICOS	PRODUCTOS DE CARBÓN MINERAL	CARBÓN VEGETAL
	m³	t	GWh	10³ t	10³ t	m³	m³	10³ t	GWh	m³	m³	m³	m³	m³	t	10³ tep	t	10³ t
PRODUCCIÓN			40574,21	6383,08	1203,01	386714,88	20627,67	396,43										
IMPORTACIÓN		810,32		1,18						158130,74	971155,35	42955,26	1903410,68	184,41	58896,71	63,14		0,50
EXPORTACIÓN				-0,19					-21719,23									-160,60
VARIACIÓN DE INVENTARIO										-3320,61	18865,34		82736,26	651,99				
BUNKERS												-37659,66	-66110,22					
OFERTA INTERNA		810,32	40574,21	6384,08	1203,01	386714,88	20627,67	396,43	-21719,23	154810,13	990020,69	5295,60	1920036,73	836,40	58896,71	63,14		-160,10
TRANSFERENCIAS Y MEZCLAS						-353886,15	-20627,67				353886,15		20627,67					
BIOCOMBUSTIBLES PARA MEZCLA						-353886,15	-20627,67				353886,15		20627,67					
DERIVADOS PARA MEZCLA CON BIOCOMBUSTIBLES											0,00		0,00					
REFINERÍAS																		
CENTRALES ELÉCTRICAS			-40574,21						40576,19				-603,72					
AUTOPRODUCTORES				-47,94	-71,97			-4,61	228,87									
CARBONERAS				-1605,93														412,24
TRANSFORMACIÓN TOTAL			-40574,21	-1653,87	-71,97			-4,61	40805,06				-603,72					412,24
TRANSPORTE						30967,57				13776,92	1341999,18	4845,60	1627051,01					
INDUSTRIAL		810,32		2284,30	1131,04	942,16		391,82	2908,93	1925,84	1907,66	150,00	19451,14	806,40	58896,71			0,10
RESIDENCIAL				2414,68		919,00			6175,02	130826,07		300,00						234,18
OTROS SECTORES				31,22					4851,02	8268,99			293558,53	30,00				17,86
CONSUMO ENERGÉTICO		810,32		4730,21	1131,04	32828,73		391,82	13934,97	154797,82	1343906,84	5295,60	1940060,68	836,40	58896,71			252,14
CONSUMO NO ENERGÉTICO																63,14		
CONSUMO FINAL		810,32		4730,21	1131,04	32828,73		391,82	13934,97	154797,82	1343906,84	5295,60	1940060,68	836,40	58896,71	63,14		252,14
CONSUMO PROPIO DEL SECTOR ENERGÉTICO									279,55									
PÉRDIDAS TOTALES									4871,31									
DIFERENCIA ESTADÍSTICA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00

Fuente: VMME/MOPC (2024)



Tabla Anexo III.II.

Comparación entre métodos: emisiones de CO₂ del método sectorial y de referencia (kt CO₂), 1990-2021

Método	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Sectorial	2.038,9	1.998,8	2.375,9	2.744,6	3.222,9	3.646,5	3.597,4	3.981,7	4.178,8	4.181,3	3.409,8	3.547,6	3.731,1	3.873,8	3.918,1	3.604,5
Referencia	2.014,5	1.879,6	2.293,3	2.589,8	3.160,3	3.487,8	3.481,8	3.885,5	4.167,4	4.121,1	3.448,4	3.548,8	3.721,1	3.796,9	3.916,8	3.574,8
Diferencia	24,5	119,2	82,6	154,8	62,6	158,7	115,6	96,1	11,4	60,3	-38,6	-1,2	10,0	76,9	1,2	29,7
Diferencia %	1,2%	6,3%	3,6%	6,0%	2,0%	4,6%	3,3%	2,5%	0,3%	1,5%	-1,1%	0,0%	0,3%	2,0%	0,0%	0,8%

Método	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Sectorial	3.738,3	3.520,7	4.103,5	4.307,1	4.807,8	5.025,6	4.900,3	5.093,2	5.349,7	5.862,9	6.828,6	7.682,6	8.097,8	7.839,0	7.161,9	8.020,9
Referencia	3.722,6	3.526,2	4.097,0	4.326,2	4.726,1	4.930,2	4.966,4	4.991,3	5.365,5	5.870,8	6.889,2	7.582,8	8.116,4	7.845,4	7.448,9	8.222,5
Diferencia	15,7	-5,5	6,6	-19,2	81,6	95,4	-66,1	101,9	-15,7	-7,9	-60,6	99,8	-18,5	-6,4	-287,0	-201,6
Diferencia %	0,4%	-0,2%	0,2%	-0,4%	1,7%	1,9%	-1,3%	2,0%	-0,3%	-0,1%	-0,9%	1,3%	-0,2%	-0,1%	-3,9%	-2,5%

Fuente: Elaboración propia del equipo técnico INGEI del MADES.

Anexo IV: Plan de aseguramiento de la calidad y control de calidad

Paraguay presenta en la sección 1.5 la descripción del plan de AC/CC y su aplicación correspondiente. El mismo se encuentra en constante proceso de mejora, e incluye actividades de control de la calidad general y específica para los sectores, incluye verificación y también actividades de aseguramiento de la calidad con pares externos al proceso del inventario. Sin embargo, el país entiende que necesita incrementar sus capacidades para poder mejorar su plan de AC/CC.

Como se menciona en el DIN, el proceso de Aseguramiento de la calidad (AC) del INGEI de Paraguay se realiza por parte de pares externos del inventario. A nivel nacional se realiza a través de las mesas sectoriales, donde sus integrantes se encargan de acompañar el proceso de elaboración del inventario verificando los DA, FE y resultados obtenidos. Asimismo, se realiza también a través de la Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC), quien revisa el NIR para su presentación ante la CMNUCC, y, además, a nivel internacional través de la Red de Transparencia Climática CBIT-GSP que es un AC con experticia específica para inventarios. En la sección 10.3 Áreas de mejora y fomento de la capacidad, se presentan informaciones sobre las áreas susceptibles de mejora identificadas tanto por el país como por la Red de Transparencia Climática con su descripción, abordaje y plazo correspondiente para la aplicación.

Con respecto al control de calidad (CC), el Equipo Técnico INGEI es el encargado de la realización del proceso a través de los técnicos de cada sector, el mismo incluye controles durante la recopilación y gestión de datos, los cálculos, la documentación y el archivo, cumpliendo con la orientación de las Directrices del IPCC de 2006, así también se generaron las listas de verificación de control de calidad teniendo en cuenta las plantillas de US-EPA & USAID 2011.

En los capítulos sectoriales se presentan informaciones desagregadas con las actividades generales y específicas de CC aplicadas, y a continuación se presentan las planillas de cumplimiento y responsables de las mismas por sectores.

Anexo IV.I: Sector Energía

Tabla Anexo IV.I.i

Sector Energía: Lista de verificación de actividades generales de control de calidad.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Listas de Verificación de Manejo, Entrada y Recopilación de Datos				
Revisión bibliográfica del sector y previos INGELS	· Lectura de informes previos y de bibliografía así como documentos respaldatorios sobre datos utilizados.	Si	CR, AG	jul/23 - set/24
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	· Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.	Si	CR	oct/23 - jun/24
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	· Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna.	Si	CR, AG	oct/23 - ago/24
	· Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
	· Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
	· Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
	o Evitar la programación de factores como fórmulas.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
	o Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.	Si	CR	jun-24
	o Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
	o Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	CR	jul-24
	· En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.	No		
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	· Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
	· Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.	Si	CR, AG	oct/23 - oct/24
	· Verificar que los factores de conversión sean correctos.	Si	CR, AG	nov/21 - set/24
	· Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.	Si	CR	oct/23 - set/24
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	· Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.	Si	CR	jul/23 - set/24
	· Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.	Si	CR	jul/23 - set/24
	· Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.	Si	CR, AG	jul/23 - set/24
	· Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.	Si	CR, AG	jul/23 - set/24
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	· Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes.	Si	CR, AG	jul/24 - set/24
	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.	Si	CR, AG	jul/24 - set/24
Documentación de Datos				
Revisar el archivo y la documentación interna.	· Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.	Si	CR	jul/23 - set/24
	· Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación).	Si	CR, AG	jul/23 - set/24
	· Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.	Si	CR	jul/23 - set/24
	· Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.	No		

	· Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.	Si	CR	jul/23 - set/24
Verificación de Cálculos				
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	CR, AG	may/24 - set/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	CR	jul/24 - set/24
	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.	Si	CR	jul-24
Verificar la coherencia de la serie temporal.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	CR	may/24 a-set/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	CR	jul/24 - set/24
	· Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	Si	CR, AG	may/24 - set/24
	· Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.	No		
Verificar la exhaustividad.	· Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el periodo del inventario actual.	Si	CR	jul/24 - set/24
	· En relación a las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.	Si	CR	jul/24 - set/24
	· Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo.	Si	CR	jul/24 - set/24
	· Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación al total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').	Si	CR	jul/24 - set/24
Revisiones de tendencias	· Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo.	Si	CR	oct/23 - set/24
	· Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o remociones?	Si	CR	oct/24 - nov/24
	· Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.	Si	CR, AG	jun/24 - set/24

Referencia: CR= Cindy Rojas, AG= Alejandra González.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.I.ii

Sector Energía: Lista de procedimientos de calidad de categoría específica del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	· Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.	No		
	· Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.	No		
	· Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.	Si	CR	jul/23 - set/24
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	Si	CR	jul/23 - set/24
Revisar los factores específicos del país.	· Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.	No		
	· Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1.	No		
	· Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa.	No		
	· Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio.	No		
	· Comparar los factores de los otros países (utilizando la base de datos de factores de emisión del IPCC).	No		
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	No		
Revisar las mediciones.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones.	No		

	· Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente.	No		
	· Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.	No		
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	· Revisar cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías.	No		
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes.	No		
	· Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.	No		
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	· Determinar el nivel de CC obtenido por la agencia de recolección de datos. Si no fuera apropiado, considerar las fuentes de datos alternativas, tales como los conjuntos de datos internacionales o factores por defecto del IPCC. Ajustar la incertidumbre relevante de manera apropiada.	No		
	· Evaluar la coherencia de la serie temporal.	No		
	· Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.	No		
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones.	No		
	· Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales.	No		
	· Comparar los datos de sitios similares.	No		
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes	No		
Estimaciones de incertidumbre de CC.	· Aplicar las técnicas de CC para las estimaciones de incertidumbre.	No		
	· Revisar los cálculos de incertidumbre.	No		
	· Documentar las hipótesis de incertidumbre y las cualidades de algunos expertos consultados.	No		
Verificar las estimaciones de GEI.	· Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.	No		

Referencia: CR= Cindy Rojas.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.I.iii

Sector Energía: Lista de verificación complementarias de calidad del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Tarea completada	Nombre	Fecha
Lista de verificación del coordinador de calidad del 1BTR.			
· Aclarar y comunicar las responsabilidades de GC/CC a los miembros del equipo de inventario.	Si	MN	nov-24
· Desarrollar y hacer listas de verificación de GC/CC adecuadas a las funciones en el equipo de inventario.	Si	CR	set/24
· Distribuir la lista de verificación de GC/CC a los miembros apropiados del equipo de inventario.	Si	CR	set/24
· Asegurar el cumplimiento oportuno y exacto de las listas de verificación de GC/CC y las actividades relacionadas mediante la verificación con los miembros del equipo.	Si	CR, AG	set/24
· Recolectar las listas de verificación y formularios de GC/CC completos.	Si	CR	set/24
· Revisar las listas de verificación y formularios de GC/CC completos para corroborar su exhaustividad y exactitud.	Si	CR	set/24
· Entregar documentación de las actividades de GC/CC para el líder de inventario y el coordinador de archivo.	Si	CR, AG	set/24
· Coordinar revisiones externas del inventario y asegurar que los comentarios sean incorporados al mismo. Los pasos para coordinar con los revisores externos incluyen:	Si	MN	nov-24
(1) Identificar los revisores externos (p. ej., a través de los líderes de cada categoría).	Si	MN	nov-24
(2) Establecer una programación de revisión.	Si	MN	nov-24
(3) Establecer el formato de revisión (p. ej., soporte digital ya sea en Word o Excel).	Si	MN	nov-24
(4) Ponerse en contacto con los revisores externos para informarles sobre la programación y las expectativas.	Si	MN	nov-24
(5) Distribuir el borrador del inventario para su revisión.	Si	MN	nov-24
(6) Recoger y recopilar los comentarios de revisión.	Si	MN	nov-24
(7) Entregar los comentarios obtenidos al coordinador de archivo/documento e inventario.	Si	MN	nov-24
(8) Actualizar el inventario, con base en los comentarios según sea el caso.	Si	MN	dic-24
Revisiones transversales para la visión general de la calidad del inventario del 1BTR			
Cálculos de emisión de las categorías de emisión/remoción de GEI			
· Identificar los parámetros que son comunes en las categorías (p. ej., los factores de conversión, los coeficientes de contenido de carbono, etc.) y verificar la coherencia.	Si	CR, AG	oct/23 - set/24

· Verificar que el uso de las mismas entradas de datos (p.ej., los datos de población de origen animal) reporte valores comparables (es decir, de similar magnitud).	No		
· Verificar que se utilice el mismo conjunto de datos electrónicos para las categorías que comparten datos comunes (p. ej., la vinculación de los datos de población animal con los cálculos de emisiones por fermentación entérica con los de manejo de abono).	No		
· Verificar que el número de dígitos significativos o posiciones decimales para los parámetros comunes, factores de conversión, factores de emisión o datos de actividad sean coherentes con las categorías.	Si	CR, AG	jun/24 - nov/24
· Verificar que el total de emisiones se reporte consistentemente (en términos de dígitos significativos o posiciones decimales) en las categorías.	Si	CR, AG	jun/24 - nov/24
· Verificar que los datos de emisiones sean agregados correctamente desde los niveles más bajos a los niveles más altos de información.	Si	CR, AG	jun/24 - nov/24
Documentación			
· Verificar si las prácticas de la documentación interna son coherentes con las categorías.	Si	CR	jul/23 - set/24
Exhaustividad			
· Verificar la exhaustividad de las categorías y años.	Si	CR	jul/24 - set/24
· Verificar que los desfases en los datos se identifiquen e informen como se requiere.	Si	CR	oct/23 - set/24
· Comparar las estimaciones actuales de los inventarios nacionales con las de años anteriores.	Si	CR, AG	jul/24 - set/24
Llevar el archivo maestro de inventario: Documentos de inventario y hojas de cálculo			
· ¿Se ha seguido los procedimientos de control de archivo?	Si	CR	jul/23 - set/24
· Otros (especificar): Mantener la carpeta compartida actualizada	Si	CR	jul/23 - set/24
Lista de verificación detallada para el documento de inventario del 1BTR.			
Sección delantera			
· La portada tiene la fecha, el título y la dirección de contacto correctos.	Si	CR	may/24 - set/24
· Los índices, tablas y figuras son exactos: los títulos concuerdan con el documento, las páginas coinciden; los números van de forma consecutiva y cuentan con la puntuación correcta.	Si	CR, AG	may/24 - nov/24
· El Resumen ejecutivo y la introducción se actualizan con los años correspondientes y la discusión de las tendencias.	Si	CR	may/24 - set/24
Tablas y figuras			
· Todos los números en las tablas coinciden con los números en las hojas de cálculo.	Si	CR, AG	jul/24 - nov/24
· Verificar que todas las tablas tengan el número correcto de dígitos significativos.	Si	CR, AG	jun/24 - nov/24
· Verificar la alineación en columnas y etiquetas.	Si	CR, AG	jun/24 - nov/24
· Verificar que el formato de tabla sea coherente.	Si	CR, AG	jun/24 - nov/24
· Verificar que todas las figuras se actualicen con los nuevos datos y se indiquen en el texto.	Si	CR	jun/24 - set/24
· Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.	Si	CR, AG	jun/24 - nov/24
Ecuaciones			
· Verificar la coherencia de las ecuaciones.	Si	CR	may/24 - set/24
· Verificar que las variables utilizadas en las ecuaciones se definan según la ecuación.	Si	CR	may/24 - set/24
Referencias			
· Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.	Si	CR, AG	may/24 - nov/24
Formato general			
· Todos los acrónimos se explican por primera vez y no las veces posteriores a lo largo de cada capítulo.	Si	CR, AG	oct/24 - nov/24
· Todas las fuentes de texto, encabezados, títulos y subtítulos son coherentes.	Si	CR, AG	may/24 - nov/24
· Todos los comentarios, notas y los resaltados son retirados del documento.	Si	CR	set/24
· El tamaño, estilo y sangría de las viñetas son coherentes.	Si	CR	may/24 - set/24
· El corrector ortográfico se ha completado.	Si	CR, AG	may/24 - nov/24
Otros temas			
· Verificar que cada sección se actualice con el año actual (o el año más reciente que incluya el informe de inventario).	Si	CR	may/24 - set/24

Referencia: CR= Cindy Rojas, AG= Alejandra González.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Anexo IV.II: Sector IPPU

Tabla Anexo IV.II.i

Sector IPPU: Lista de verificación de actividades generales de control de calidad.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Listas de Verificación de Manejo, Entrada y Recopilación de Datos				
Revisión bibliográfica del sector y previos INGELS	· Lectura de informes previos y de bibliografía, así como documentos respaldatorios sobre datos utilizados.	Si	BA	ene/24 - nov/24
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	· Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.	Si	BA	oct/23 - jun/24
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	· Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna.	Si	LA	oct/24 - nov/24
	· Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción.	Si	LA	oct/24 - nov/24
	· Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.	Si	LA	oct/24 - nov/24
	· Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:	Si	LA	oct/24 - nov/24
	o Evitar la programación de factores como fórmulas.	Si	LA	oct/24 - nov/24
	o Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.	Si	BA	oct/24
	o Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.	Si	BA	ene/24 - nov/24
	o Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.	Si	BA	ene/24 - nov/24
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	BA	sept-24
	· En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.	No		
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	· Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.	Si	BA	ene/24 - nov/24
	· Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.	Si	LA	oct/24 - nov/24
	· Verificar que los factores de conversión sean correctos.	Si	LA	oct/24 - nov/24
	· Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.	Si	BA	ene/24 - nov/24
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	· Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.	Si	BA	ene/24 - nov/24
	· Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.	Si	BA	ene/24 - nov/24
	· Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.	Si	BA	ene/24 - nov/24
	· Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.	Si	BA	ene/24 - nov/24
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	· Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	BA	ene/24 - nov/24
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes.	Si	LA	oct/24 a nov/24
	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.	Si	LA	oct/24 a nov/24
Documentación de Datos				
Revisar el archivo y la documentación interna.	· Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.	Si	BA	ene/24 - nov/24
	· Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación).	Si	BA	ene/24 - nov/24
	· Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.	Si	BA	ene/24 - nov/24
	· Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.	No		

	· Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.	Si	BA	ene/24 - nov/24
Verificación de Cálculos				
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	BA	ago/24 a oct/24
	· Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	BA	ago/24 a oct/24
	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.	Si	BA	sept-24
Verificar la coherencia de la serie temporal.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	BA	may/24 a set/24
	· Verificar la coherencia en el método/algorithm utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	BA	jul/24 a set/24
	· Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	Si	BA	may/24 a set/24
	· Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.	No		
Verificar la exhaustividad.	· Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el periodo del inventario actual.	Si	BA	ago/24 a oct/24
	· En relación a las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.	Si	BA	ago/24 a oct/24
	· Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo.	Si	BA	ago/24 a oct/24
	· Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación al total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').	Si	BA	ago/24 a oct/24
Revisiones de tendencias	· Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo.	Si	BA	ago/24 a oct/24
	· Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o remociones?	No		
	· Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.	Si	BA	ago/24 a oct/24

Referencia: BA= Belén Acosta, LA= Luz Alvarenga.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.II.ii

Sector IPPU: Lista de procedimientos de calidad de categoría específica del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	· Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.	No		
	· Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.	No		
	· Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.	Si	BA	
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	Si	BA	ene/24 nov/24
Revisar los factores específicos del país.	· Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.	No		
	· Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1.	No		
	· Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa.	Si	BA	ago-24
	· Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio.	No		
	· Comparar los factores de los otros países (utilizando la base de datos de factores de emisión del IPCC).	No		
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	No		

Revisar las mediciones.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones.	No		
	· Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente.	No		
	· Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.	No		
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	· Revisar cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías.	Si	BA	ene/24 - sep/24
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes.	No		
	· Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.	No		
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	· Determinar el nivel de CC obtenido por la agencia de recolección de datos. Si no fuera apropiado, considerar las fuentes de datos alternativas, tales como los conjuntos de datos internacionales o factores por defecto del IPCC. Ajustar la incertidumbre relevante de manera apropiada.	No		
	· Evaluar la coherencia de la serie temporal.	Si	BA	set/24
	· Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.	Si	BA	set/24
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones.	No		
	· Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales.	No		
	· Comparar los datos de sitios similares.	Si	BA	set/24
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes	No		
Estimaciones de incertidumbre de CC.	· Aplicar las técnicas de CC para las estimaciones de incertidumbre.	No		
	· Revisar los cálculos de incertidumbre.	No		
	· Documentar las hipótesis de incertidumbre y las cualidades de algunos expertos consultados.	No		
Verificar las estimaciones de GEI.	· Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.	Si	BA	set/24

Referencia: BA= Belén Acosta.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.II.iii

Sector IPPU: Lista de verificación complementarias de calidad del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Tarea completada	Nombre	Fecha
Lista de verificación del coordinador de calidad del 1BTR.			
· Aclarar y comunicar las responsabilidades de AC/CC a los miembros del equipo de inventario.	Si	MN	oct-24
· Desarrollar y hacer listas de verificación de AC/CC adecuadas a las funciones en el equipo de inventario.	Si	BA	oct-24
· Distribuir la lista de verificación de AC/CC a los miembros apropiados del equipo de inventario.	Si	BA	oct-24
· Asegurar el cumplimiento oportuno y exacto de las listas de verificación de AC/CC y las actividades relacionadas mediante la verificación con los miembros del equipo.	Si	BA	oct-24
· Recolectar las listas de verificación y formularios de AC/CC completos.	Si	BA	nov-24
· Revisar las listas de verificación y formularios de AC/CC completos para corroborar su exhaustividad y exactitud.	Si	BA	oct-24
· Entregar documentación de las actividades de AC/CC para el líder de inventario y el coordinador de archivo.	Si	BA	dic-24
· Coordinar revisiones externas del inventario y asegurar que los comentarios sean incorporados al mismo. Los pasos para coordinar con los revisores externos incluyen:	Si	MN	nov-24
(1) Identificar los revisores externos (p. ej., a través de los líderes de cada categoría).	Si	MN	nov-24
(2) Establecer una programación de revisión.	Si	MN	nov-24
(3) Establecer el formato de revisión (p. ej., soporte digital ya sea en Word o Excel).	Si	MN	nov-24
(4) Ponerse en contacto con los revisores externos para informarles sobre la programación y las expectativas.	Si	MN	nov-24
(5) Distribuir el borrador del inventario para su revisión.	Si	MN	nov-24
(6) Recoger y recopilar los comentarios de revisión.	Si	MN	nov-24
(7) Entregar los comentarios obtenidos al coordinador de archivo/documento e inventario.	Si	MN	nov-24
(8) Actualizar el inventario, con base en los comentarios según sea el caso.	Si	MN	dic-24
Revisiones transversales para la visión general de la calidad del inventario del 1BTR			
Cálculos de emisión de las categorías de emisión/remoción de GEI			

· Identificar los parámetros que son comunes en las categorías (p. ej., los factores de conversión, los coeficientes de contenido de carbono, etc.) y verificar la coherencia.	Si	BA	jun/24 - sept/24
· Verificar que el uso de las mismas entradas de datos (p.ej., los datos de población de origen animal) reporte valores comparables (es decir, de similar magnitud).	No		
· Verificar que se utilice el mismo conjunto de datos electrónicos para las categorías que comparten datos comunes (p. ej., la vinculación de los datos de población animal con los cálculos de emisiones por fermentación entérica con los de manejo de abono).	No		
· Verificar que el número de dígitos significativos o posiciones decimales para los parámetros comunes, factores de conversión, factores de emisión o datos de actividad sean coherentes con las categorías.	Si	BA	sept-24
· Verificar que el total de emisiones se reporte consistentemente (en términos de dígitos significativos o posiciones decimales) en las categorías.	Si	BA	sept-24
· Verificar que los datos de emisiones sean agregados correctamente desde los niveles más bajos a los niveles más altos de información.	No		
Documentación			
· Verificar si las prácticas de la documentación interna son coherentes con las categorías.	Si	BA	
Exhaustividad			
· Verificar la exhaustividad de las categorías y años.	Si	BA	jul/24 - sept/24
· Verificar que los desfases en los datos se identifiquen e informen como se requiere.	No		
· Comparar las estimaciones actuales de los inventarios nacionales con las de años anteriores.	Si	BA	sept-24
· Otros (especificar):	No		
Llevar el archivo maestro de inventario: Documentos de inventario y hojas de cálculo			
· ¿Se ha seguido los procedimientos de control de archivo?	Si	BA,LA	sept/24 - nov/24
· Otros (especificar): Mantener la carpeta compartida actualizada	Si	BA	ene/24 - nov/24
Lista de verificación detallada para el documento de inventario del 18TR.			
Sección delantera			
· La portada tiene la fecha, el título y la dirección de contacto correctos.	Si	BA, MN	dic/24
· Los índices, tablas y figuras son exactos: los títulos concuerdan con el documento, las páginas coinciden; los números van de forma consecutiva y cuentan con la puntuación correcta.	Si	BA,LA, MN	dic/24
· El Resumen ejecutivo y la introducción se actualizan con los años correspondientes y la discusión de las tendencias.	Si	BA, MN	sept/24 - dic/24
· Todos los números en las tablas coinciden con los números en las hojas de cálculo.	Si	BA,LA	oct/24 - nov/24
· Verificar que todas las tablas tengan el número correcto de dígitos significativos.	Si	BA,LA	oct/24 - nov/24
· Verificar la alineación en columnas y etiquetas.	Si	BA	oct/24 - nov/24
· Verificar que el formato de tabla sea coherente.	Si	BA	oct/24 - nov/24
· Verificar que todas las figuras se actualicen con los nuevos datos y se indiquen en el texto.	Si	BA	oct/24 - nov/24
· Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.	Si	BA	oct/24 - nov/24
Ecuaciones			
· Verificar la coherencia de las ecuaciones.	Si	BA	may/24 -sept/24
· Verificar que las variables utilizadas en las ecuaciones se definan según la ecuación.	Si	BA	may/24 -sept/24
Referencias			
· Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.	Si	BA	oct/24 - nov/24
Formato general			
· Todos los acrónimos se explican por primera vez y no las veces posteriores a lo largo de cada capítulo.	Si	BA	nov-24
· Todas las fuentes de texto, encabezados, títulos y subtítulos son coherentes.	Si	BA	nov-24
· Todos los comentarios, notas y los resaltados son retirados del documento.	Si	BA	nov-24
· El tamaño, estilo y sangría de las viñetas son coherentes.	Si	BA	nov-24
· El corrector ortográfico se ha completado.	Si	BA	nov-24
Otros temas			
· Verificar que cada sección se actualice con el año actual (o el año más reciente que incluya el informe de inventario).	Si	BA	sept/24 - nov/24

Referencia: BA= Belén Acosta, LA= Luz Alvarenga, MN= Mabel Noguera.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Anexo IV.III: Sector Agricultura y Ganadería

Tabla Anexo IV.III.i

Sector Agricultura y Ganadería: Lista de verificación de actividades generales de control de calidad.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Listas de Verificación de Manejo, Entrada y Recopilación de Datos				
Revisión bibliográfica del sector y previos INGELS	· Lectura de informes previos y de bibliografía, así como documentos respaldatorios sobre datos utilizados.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	· Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	· Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:	Si	LC	jun/24 - nov/24
	o Evitar la programación de factores como fórmulas.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	o Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	o Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	o Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.	No		
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	· Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que los factores de conversión sean correctos.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	· Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	· Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Documentación de Datos				
Revisar el archivo y la documentación interna.	· Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación).	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.	No		

	· Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificación de Cálculos				
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Verificar la coherencia de la serie temporal.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.	No		
Verificar la exhaustividad.	· Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el periodo del inventario actual.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· En relación a las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación al total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').	Si	LC	jun/24 - nov/24
Revisiones de tendencias	· Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo.	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o remociones?	Si	LC	jun/24 - nov/24
	· Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.	Si	LC	jun/24 - nov/24

Referencia: LC= Luisa Cáceres.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.III.ii

Sector Agricultura y Ganadería: Lista de procedimientos de calidad de categoría específica del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	· Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	Si	LC	jun/24-nov/24
Revisar los factores específicos del país.	· Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar los factores de los otros países (utilizando la base de datos de factores de emisión del IPCC).	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	Si	LC	jun/24-nov/24
Revisar las mediciones.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones.	Si	LC	jun/24-nov/24

	· Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente.	No		
	· Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.	No		
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	· Revisar cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes.	No		
	· Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.	No		
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	· Determinar el nivel de CC obtenido por la agencia de recolección de datos. Si no fuera apropiado, considerar las fuentes de datos alternativas, tales como los conjuntos de datos internacionales o factores por defecto del IPCC. Ajustar la incertidumbre relevante de manera apropiada.	No		
	· Evaluar la coherencia de la serie temporal.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.	Si	LC	jun/24-nov/24
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar los datos de sitios similares.	Si	LC	jun/24-nov/24
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes	Si	LC	jun/24-nov/24
Estimaciones de incertidumbre de CC.	· Aplicar las técnicas de CC para las estimaciones de incertidumbre.	No		
	· Revisar los cálculos de incertidumbre.	No		
	· Documentar las hipótesis de incertidumbre y las cualidades de algunos expertos consultados.	No		
Verificar las estimaciones de GEI.	· Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.	Si	LC	jun/24-nov/24

Referencia: LC= Luisa Cáceres.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.III.iii

Sector Agricultura y Ganadería: Lista de verificación complementarias de calidad del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Tarea completada	Nombre	Fecha
Lista de verificación del coordinador de calidad del 1BTR.			
· Aclarar y comunicar las responsabilidades de AC/CC a los miembros del equipo de inventario.	Si	MN	nov-24
· Desarrollar y hacer listas de verificación de AC/CC adecuadas a las funciones en el equipo de inventario.	Si	MN	nov-24
· Distribuir la lista de verificación de GC/CC a los miembros apropiados del equipo de inventario.	Si	MN	nov-24
· Asegurar el cumplimiento oportuno y exacto de las listas de verificación de GC/CC y las actividades relacionadas mediante la verificación con los miembros del equipo.	Si	MN	nov-24
· Recolectar las listas de verificación y formularios de GC/CC completos.	Si	MN	nov-24
· Revisar las listas de verificación y formularios de GC/CC completos para corroborar su exhaustividad y exactitud.	Si	MN	nov-24
· Entregar documentación de las actividades de GC/CC para el líder de inventario y el coordinador de archivo.	Si	MN	nov-24
· Coordinar revisiones externas del inventario y asegurar que los comentarios sean incorporados al mismo. Los pasos para coordinar con los revisores externos incluyen:	Si	MN	nov-24
(1) Identificar los revisores externos (p. ej., a través de los líderes de cada categoría).	Si	MN	nov-24
(2) Establecer una programación de revisión.	Si	MN	nov-24
(3) Establecer el formato de revisión (p. ej., soporte digital ya sea en Word o Excel).	Si	MN	nov-24
(4) Ponerse en contacto con los revisores externos para informarles sobre la programación y las expectativas.	Si	MN	nov-24
(5) Distribuir el borrador del inventario para su revisión.	Si	MN	nov-24
(6) Recoger y recopilar los comentarios de revisión.	Si	MN	nov-24
(7) Entregar los comentarios obtenidos al coordinador de archivo/documento e inventario.	Si	MN	nov-24
(8) Actualizar el inventario, con base en los comentarios según sea el caso.	Si	MN	dic-24
Revisiones transversales para la visión general de la calidad del inventario del 1BTR			
Cálculos de emisión de las categorías de emisión/remoción de GEI			
· Identificar los parámetros que son comunes en las categorías (p. ej., los factores de conversión, los coeficientes de contenido de carbono, etc.) y verificar la coherencia.	Si	LC	jun/24-nov/24

· Verificar que el uso de las mismas entradas de datos (p.ej., los datos de población de origen animal) reporte valores comparables (es decir, de similar magnitud).	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que se utilice el mismo conjunto de datos electrónicos para las categorías que comparten datos comunes (p. ej., la vinculación de los datos de población animal con los cálculos de emisiones por fermentación entérica con los de manejo de abono).	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que el número de dígitos significativos o posiciones decimales para los parámetros comunes, factores de conversión, factores de emisión o datos de actividad sean coherentes con las categorías.	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que el total de emisiones se reporte consistentemente (en términos de dígitos significativos o posiciones decimales) en las categorías.	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que los datos de emisiones sean agregados correctamente desde los niveles más bajos a los niveles más altos de información.	Si	LC	jun/24-nov/24
Documentación			
· Verificar si las prácticas de la documentación interna son coherentes con las categorías.	Si	LC	jun/24-nov/24
Exhaustividad			
· Verificar la exhaustividad de las categorías y años.	Si	LC	jun/24 - nov/24
· Verificar que los desfases en los datos se identifiquen e informen como se requiere.	Si	LC	jun/24 - nov/24
· Comparar las estimaciones actuales de los inventarios nacionales con las de años anteriores.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Llevar el archivo maestro de inventario: Documentos de inventario y hojas de cálculo			
· ¿Se ha seguido los procedimientos de control de archivo?	Si	LC	jun/24 - dic/24
· Otros (especificar): Mantener la carpeta compartida actualizada	Si	LC	jun/24 - dic/24
Lista de verificación detallada para el documento de inventario del 1BTR.			
Sección delantera			
· La portada tiene la fecha, el título y la dirección de contacto correctos.	Si	LC, MN	dic-24
· Los índices, tablas y figuras son exactos: los títulos concuerdan con el documento, las páginas coinciden; los números van de forma consecutiva y cuentan con la puntuación correcta.	Si	LC, MN	dic-24
· El Resumen ejecutivo y la introducción se actualizan con los años correspondientes y la discusión de las tendencias.	Si	LC, MN	dic-24
Tablas y figuras			
· Todos los números en las tablas coinciden con los números en las hojas de cálculo.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que todas las tablas tengan el número correcto de dígitos significativos.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar la alineación en columnas y etiquetas.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que el formato de tabla sea coherente.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que todas las figuras se actualicen con los nuevos datos y se indiquen en el texto.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.	Si	LC, MN	dic-24
Ecuaciones			
· Verificar la coherencia de las ecuaciones.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que las variables utilizadas en las ecuaciones se definan según la ecuación.	Si	LC, MN	dic-24
Referencias			
· Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.	Si	LC, MN	dic-24
Formato general			
· Todos los acrónimos se explican por primera vez y no las veces posteriores a lo largo de cada capítulo.	Si	LC, MN	dic-24
· Todas las fuentes de texto, encabezados, títulos y subtítulos son coherentes.	Si	LC, MN	dic-24
· Todos los comentarios, notas y los resaltados son retirados del documento.	Si	LC, MN	dic-24
· El tamaño, estilo y sangría de las viñetas son coherentes.	Si	LC, MN	dic-24
· El corrector ortográfico se ha completado.	Si	LC, MN	dic-24
Otros temas			
· Verificar que cada sección se actualice con el año actual (o el año más reciente que incluya el informe de inventario).	Si	LC, MN	dic-24

Referencia: LC= Luisa Cáceres, MN= Mabel Noguera.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Anexo IV.IV: Sector UTCUTS.

Tabla Anexo IV.IV.i

Sector UTCUTS: Lista de verificación de actividades generales de control de calidad.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Listas de Verificación de Manejo, Entrada y Recopilación de Datos				
Revisión bibliográfica del sector y previos INGELS	· Lectura de informes previos y de bibliografía, así como documentos respaldatorios sobre datos utilizados.	Si	AO - FR	May/24 a Ago/24
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	· Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	· Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción.	Si	AO - FR	Jun/24 a Nov/24
	· Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	o Evitar la programación de factores como fórmulas.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	o Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	o Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.	No		
	o Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
	· En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.	No		
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	· Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Verificar que los factores de conversión sean correctos.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
	· Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	· Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	· Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.	Si	AO - FR	May/24 a Nov/24
Documentación de Datos				
Revisar el archivo y la documentación interna.	· Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.	Si	AO - FR	May/24 a Dic/24
	· Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación).	Si	AO - FR	Ago/24 a Dic/24
	· Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.	Si	AO - FR	May/24 a Dic/24

	· Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.	No		
	· Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.	Si	AO - FR	May/24 a Dic/24
Verificación de Cálculos				
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	AO - FR	Jun/24 a Sep/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	AO - FR	Jun/24 a Sep/24
	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.	Si	AO - FR	jul-24
Verificar la coherencia de la serie temporal.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
	· Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
	· Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.	No		
Verificar la exhaustividad.	· Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el periodo del inventario actual.	Si	AO - FR	Jul/24 a Nov/24
	· En relación a las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.	Si	AO - FR	Jun/24 a Sep/24
	· Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo.	Si	AO - FR	sept-24
	· Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación al total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
Revisiones de tendencias	· Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo.	Si	AO - FR	Ago/24 a Sep/24
	· Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o remociones?	Si	AO - FR	Ago/24 a Sep/24
	· Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.	Si	AO - FR	Ago/24 a Dic/24

Referencias: AO: Aldo Ozuna; FR: Fiorella Ricardi.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en las Directrices del IPCC de 2006 y en las plantillas de la EPA/USAID de 2011.

Tabla Anexo IV.IV.ii

Sector UTCUTS: Lista de procedimientos de calidad de categoría específica del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	· Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.	Si	AO - FR	Jul/24 a Ago/24
	· Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.	Si	AO - FR	jun-24
	· Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.	Si	AO - FR	Jul/24 a Ago/24
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	Si	AO - FR	Jun/24 a Ago/24
Revisar los factores específicos del país.	· Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.	Si	AO - FR	Jun/24 a Ago/24
	· Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1.	No		
	· Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa.	Si	AO - FR	Jun/24 a Ago/24
	· Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio.	No		
	· Comparar los factores de los otros países (utilizando la base de datos de factores de emisión del IPCC).	Si	AO - FR	Jun/24 a Sep/24
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	Si	AO - FR	Jun/24 a Sep/24

Revisar las mediciones.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones.	No		sept-24
	· Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente.	No		
	· Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.	No		
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	· Revisar cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías.	Si	AO - FR	Ago/24 a Sep/24
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes.	No		
	· Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.	Si	AO - FR	jun-24
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	· Determinar el nivel de CC obtenido por la agencia de recolección de datos. Si no fuera apropiado, considerar las fuentes de datos alternativas, tales como los conjuntos de datos internacionales o factores por defecto del IPCC. Ajustar la incertidumbre relevante de manera apropiada.	No		
	· Evaluar la coherencia de la serie temporal.	Si	AO - FR	Jul/24 a Sep/24
	· Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.	Si	AO - FR	Jul/24 a Dic/24
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones.	No		
	· Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales.	No		
	· Comparar los datos de sitios similares.	Si	AO - FR	Jul/24 a Dic/24
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes	No		
Estimaciones de incertidumbre de CC.	· Aplicar las técnicas de CC para las estimaciones de incertidumbre.	Si	AO - FR	Sep/24 a Dic/24
	· Revisar los cálculos de incertidumbre.	Si	AO - FR	Oct/24 a Dic/24
	· Documentar las hipótesis de incertidumbre y las cualidades de algunos expertos consultados.	Si	AO - FR	Nov/24 a Dic/24
Verificar las estimaciones de GEI.	· Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.	Si	AO - FR	Sep/24 a Dic/24

Referencias: AO: Aldo Ozuna; FR: Fiorella Ricardi.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en las Directrices del IPCC de 2006 y en las plantillas de la EPA/USAID de 2011.

Tabla Anexo IV.IV.iii

Sector UTCUTS: Lista de verificación complementarias de calidad del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Tarea completada	Nombre	Fecha
Lista de verificación del coordinador de calidad del 1BTR.			
· Aclarar y comunicar las responsabilidades de AC/CC a los miembros del equipo de inventario.	Si	MADES	nov-24
· Desarrollar y hacer listas de verificación de AC/CC adecuadas a las funciones en el equipo de inventario.	Si	AO - FR	nov-24
· Distribuir la lista de verificación de AC/CC a los miembros apropiados del equipo de inventario.	No		
· Asegurar el cumplimiento oportuno y exacto de las listas de verificación de AC/CC y las actividades relacionadas mediante la verificación con los miembros del equipo.	Si	AO - FR	nov-24
· Recolectar las listas de verificación y formularios de AC/CC completos.	Si	AO - FR	nov-24
· Revisar las listas de verificación y formularios de AC/CC completos para corroborar su exhaustividad y exactitud.	Si	AO - FR	nov-24
· Entregar documentación de las actividades de AC/CC para el líder de inventario y el coordinador de archivo.	Si	AO - FR	nov-24
· Coordinar revisiones externas del inventario y asegurar que los comentarios sean incorporados al mismo. Los pasos para coordinar con los revisores externos incluyen:	Si	MADES - AO - FR	nov-24
(1) Identificar los revisores externos (p. ej., a través de los líderes de cada categoría).	Si	MADES - AO - FR	nov-24
(2) Establecer una programación de revisión.	Si	MADES - AO - FR	nov-24
(3) Establecer el formato de revisión (p. ej., soporte digital ya sea en Word o Excel).	Si	MADES - AO - FR	nov-24
(4) Ponerse en contacto con los revisores externos para informarles sobre la programación y las expectativas.	Si	MADES - AO - FR	nov-24
(5) Distribuir el borrador del inventario para su revisión.	Si	MADES - AO - FR	nov-24
(6) Recoger y recopilar los comentarios de revisión.	Si	AO - FR	nov-24
(7) Entregar los comentarios obtenidos al coordinador de archivo/documento e inventario.	Si	AO - FR	nov-24

(8) Actualizar el inventario, con base en los comentarios según sea el caso.	Si	AO - FR	nov-24
Revisiones transversales para la visión general de la calidad del inventario del 18TR			
Cálculos de emisión de las categorías de emisión/remoción de GEI			
· Identificar los parámetros que son comunes en las categorías (p. ej., los factores de conversión, los coeficientes de contenido de carbono, etc.) y verificar la coherencia.	Si	AO	may-24 a nov-24
· Verificar que el uso de las mismas entradas de datos (p.ej., los datos de población de origen animal) reporte valores comparables (es decir, de similar magnitud).	Si	AO	may-24 a nov-24
· Verificar que se utilice el mismo conjunto de datos electrónicos para las categorías que comparten datos comunes (p. ej., la vinculación de los datos de población animal con los cálculos de emisiones por fermentación entérica con los de manejo de abono).	Si	AO	may-24 a nov-24
· Verificar que el número de dígitos significativos o posiciones decimales para los parámetros comunes, factores de conversión, factores de emisión o datos de actividad sean coherentes con las categorías.	Si	AO	may-24 a nov-24
· Verificar que el total de emisiones se reporte consistentemente (en términos de dígitos significativos o posiciones decimales) en las categorías.	Si	AO	may-24 a nov-24
· Verificar que los datos de emisiones sean agregados correctamente desde los niveles más bajos a los niveles más altos de información.	Si	AO	may-24 a nov-24
Documentación			
· Verificar si las prácticas de la documentación interna son coherentes con las categorías.	Si	AO	oct-24 a nov-24
Exhaustividad			
· Verificar la exhaustividad de las categorías y años.	Si	AO	set-24 a nov-24
· Verificar que los desfases en los datos se identifiquen e informen como se requiere.	Si	AO	set-24 a nov-24
· Comparar las estimaciones actuales de los inventarios nacionales con las de años anteriores.	Si	AO	set-24 a nov-24
Llevar el archivo maestro de inventario: Documentos de inventario y hojas de cálculo			
· ¿Se ha seguido los procedimientos de control de archivo?	En proceso	AO - FR	may-24 - EN PROCESO
· Otros (especificar): Mantener la carpeta compartida actualizada	Si	FR	may-24 a nov-24
Lista de verificación detallada para el documento de inventario del 18TR.			
Sección delantera			
· La portada tiene la fecha, el título y la dirección de contacto correctos.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Los índices, tablas y figuras son exactos: los títulos concuerdan con el documento, las páginas coinciden; los números van de forma consecutiva y cuentan con la puntuación correcta.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· El Resumen ejecutivo y la introducción se actualizan con los años correspondientes y la discusión de las tendencias.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
Tablas y figuras			
· Todos los números en las tablas coinciden con los números en las hojas de cálculo.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Verificar que todas las tablas tengan el número correcto de dígitos significativos.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Verificar la alineación en columnas y etiquetas.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Verificar que el formato de tabla sea coherente.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Verificar que todas las figuras se actualicen con los nuevos datos y se indiquen en el texto.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
Ecuaciones			
· Verificar la coherencia de las ecuaciones.	Si	AO	oct-24 a nov-24
· Verificar que las variables utilizadas en las ecuaciones se definan según la ecuación.	Si	AO	oct-24 a nov-24
Referencias			
· Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
Formato general			
· Todos los acrónimos se explican por primera vez y no las veces posteriores a lo largo de cada capítulo.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Todas las fuentes de texto, encabezados, títulos y subtítulos son coherentes.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· Todos los comentarios, notas y los resaltados son retirados del documento.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· El tamaño, estilo y sangría de las viñetas son coherentes.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
· El corrector ortográfico se ha completado.	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24
Otros temas			
· Verificar que cada sección se actualice con el año actual (o el año más reciente que incluya el informe de inventario).	Si	AO - FR - GH	oct-24 a nov-24

Referencias: AO: Aldo Ozuna; FR: Fiorella Ricardi, GH= Gabriela Huttemann.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en las Directrices del IPCC de 2006 y en las plantillas de la EPA/USAID de 2011.

Anexo IV.III: Sector Residuos

Tabla Anexo IV.V.i

Sector Residuos: Lista de verificación de actividades generales de control de calidad.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Listas de Verificación de Manejo, Entrada y Recopilación de Datos				
Revisión bibliográfica del sector y previos INGELS	· Lectura de informes previos y de bibliografía, así como documentos respaldatorios sobre datos utilizados.	Si	CL	jun/24 - set/24
Verificar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados.	· Realizar verificaciones cruzadas de las descripciones de datos de actividad y factores de emisión con información sobre las categorías y asegurar que estos estén debidamente registrados y archivados.	Si	CL	ago/24 - set/24
Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	· Confirmar que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la documentación interna.	Si	CL, LA	ago/24 - oct/24
	· Efectuar verificaciones en muestras de datos de entrada de cada categoría (ya sean medidas o parámetros utilizados en las estimaciones) para detectar posibles errores de transcripción.	Si	CL, LA	oct/24 - nov/24
	· Utilizar datos electrónicos siempre que sea posible para minimizar los errores de transcripción.	Si	CL	jun/24 - nov/24
	· Comprobar que las funciones de las hojas de cálculo se utilicen para minimizar los errores de entrada/usuario:	Si	CL, LA	oct/24 - nov/24
	o Evitar la programación de factores como fórmulas.	Si	CL, LA	oct/23 - set/24
	o Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.	Si	CL	jul-24
	o Usar la protección de celdas para que los datos fijos no sean modificados de manera accidental.	Si	CL	jun/24 - nov/24
	o Realizar controles automáticos, como los controles informáticos para cálculos o controles de rango de los datos de entrada.	Si	CL, LA	oct/24 - nov/24
Verificar que las emisiones/remociones se estimen correctamente.	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	CL	oct-24
	· En el caso que se utilicen los modelos, imitar de forma selectiva los modelos de cálculos complejos con estimaciones abreviadas para juzgar la exactitud relativa.	No		
Verificar que las unidades de emisiones/remociones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	· Verificar que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo.	Si	CL, LA	oct/24 - nov/24
	· Verificar que las unidades se transporten correctamente desde el principio hasta el final de los cálculos.	Si	CL, LA	nov-24
	· Verificar que los factores de conversión sean correctos.	Si	CL, LA	nov/21 - set/24
	· Verificar que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.	Si	CL	jun/24 - oct/24
Verificar la integridad de los archivos de base de datos.	· Confirmar que los pasos de procesamiento de datos apropiados estén correctamente representados en la base de datos.	Si	CL	jun/24 - oct/24
	· Confirmar que las relaciones de datos estén correctamente representadas en la base de datos.	Si	CL	jul/24 - set/24
	· Asegurar que los campos de datos estén correctamente etiquetados y cuenten con las correctas especificaciones de diseño.	Si	CL, LA	jul/24 - oct/24
	· Asegurar que la documentación adecuada de la operación, la estructura del modelo y la base de datos sean archivados.	Si	CL	jun/24 - set/24
Verificar la coherencia de los datos entre las categorías.	· Identificar los parámetros (p. ej., datos de actividad, constantes) que son comunes a múltiples categorías y confirmar que existe coherencia en los valores utilizados para estos parámetros en los cálculos de las emisiones/remociones.	Si	CL	jul/24 - oct/24
Verificar que el movimiento de datos de inventario entre los pasos de procesamiento sea correcto.	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se agreguen correctamente de los niveles más bajos a los niveles más altos de información en la elaboración de resúmenes.	Si	CL	jul/24 - oct/25
	· Verificar que los datos de emisiones/remociones se transcriban correctamente en los diferentes productos intermedios.	Si	CL	jul/24 - oct/26
Documentación de Datos				
Revisar el archivo y la documentación interna.	· Verificar que existe documentación interna detallada para respaldar las estimaciones y permitir la duplicación de los cálculos.	Si	CL	oct/24 - nov/24
	· Verificar que cada elemento de datos básico tenga una referencia para la fuente de datos (a través de los comentarios de celda u otro sistema de anotación).	Si	CL	oct/24 - nov/24
	· Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.	Si	CL	oct/24 - nov/24
	· Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.	No		

	· Verificar la integridad de los arreglos relacionados al archivo de datos de las organizaciones externas que participan en la elaboración del inventario.	Si	CL	oct/24 - nov/24
Verificación de Cálculos				
Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	CL	jul/24 - oct/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	CL	jul/24 - dic/24
	· Reproducir una muestra representativa de los cálculos de emisiones para garantizar su exactitud matemática.	Si	CL	sept-24
Verificar la coherencia de la serie temporal.	· Verificar la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría.	Si	CL	ago/24 a-oct/24
	· Verificar la coherencia en el método/algoritmo utilizado para los cálculos en la serie temporal.	Si	CL	jul/24 - dic/24
	· Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.	Si	CL	jul/24 - oct/24
	· Verificar que los efectos de las actividades de mitigación se reflejen adecuadamente en los cálculos de la serie temporal.	No		
Verificar la exhaustividad.	· Confirmar que las estimaciones se presenten para todas las categorías y todos los años desde el año base correspondiente durante el periodo del inventario actual.	Si	CL	jul/24 - oct/24
	· En relación a las subcategorías, confirmar que toda categoría sea cubierta.	Si	CL	jul/24 - set/24
	· Facilitar una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo.	Si	CL	jul/24 - set/24
	· Verificar que los datos cuya indisponibilidad sea conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones/remociones de una categoría, estén documentados, incluyendo la evaluación cualitativa de la importancia de la estimación en relación al total de emisiones netas (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas').	Si	CL	jul/24 - set/24
Revisiones de tendencias	· Comparar las estimaciones de inventario actuales con las estimaciones previas de cada categoría, en caso de estar disponibles. En el caso que existan cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, es necesario volver a revisar las estimaciones y explicar la diferencia. Los cambios significativos en las emisiones o remociones de años anteriores pueden indicar los posibles errores de entrada o de cálculo.	Si	CL	ago/24 a-oct/24
	· Verificar el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones/remociones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal. ¿Se han reportado cambios en las emisiones o remociones?	No		
	· Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal.	Si	CL	jul/24 - oct/24

Referencia: CL= Cielito Lezcano, LA= Luz Alvarenga.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.V.ii

Sector Residuos: Lista de procedimientos de calidad de categoría específica del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Procedimientos	Tarea completada	Nombre	Fecha
Evaluar la pertinencia de los factores por defecto del IPCC.	· Evaluar si las condiciones nacionales son similares a las utilizadas para desarrollar los factores por defecto del IPCC.	No		
	· Comparar los factores por defecto con los factores a nivel de planta o de sitio.	No		
	· Considerar las opciones para obtener factores específicos del país.	Si	CL	jul/24 - nov/24
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	Si	CL	may/24 -oct/24
Revisar los factores específicos del país.	· Controlar la calidad de los datos utilizados para desarrollar el factor específico del país.	No		
	· Evaluar si los estudios secundarios utilizados para desarrollar los factores específicos del país utilizaron (como mínimo) las actividades de CC de Nivel 1.	No		
	· Comparar los factores específicos del país con los valores por defecto del IPCC; documentar alguna discrepancia significativa.	No		
	· Comparar los factores específicos del país con los factores a nivel de planta o de sitio.	No		
	· Comparar los factores de los otros países (utilizando la base de datos de factores de emisión del IPCC).	No		
	· Documentar los resultados de esta evaluación.	No		
Revisar las mediciones.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las mediciones.	No		

	· Asegurar que el equipo de medición comprenda y se mantenga apropiadamente.	No		
	· Comparar las mediciones directas con las estimaciones utilizando un factor; documentar alguna discrepancia significativa.	No		
Evaluar la coherencia de la serie temporal.	· Revisar cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías.	No		
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes.	No		
	· Realizar cálculos de referencia que utilizan las relaciones estequiométricas y la conservación de la masa y tierra.	No		
Revisar los datos de actividad a nivel nacional.	· Determinar el nivel de CC obtenido por la agencia de recolección de datos. Si no fuera apropiado, considerar las fuentes de datos alternativas, tales como los conjuntos de datos internacionales o factores por defecto del IPCC. Ajustar la incertidumbre relevante de manera apropiada.	No		
	· Evaluar la coherencia de la serie temporal.	Si	CL	sep/24 - nov/24
	· Comparar los datos de actividad de múltiples referencias si es posible.	No		
Revisar los datos de actividad específicos de sitio.	· Determinar si los estándares nacionales o internacionales (p. ej., ISO) fueron utilizados en las estimaciones.	No		
	· Comparar los datos específicos de sitio en conjunto con (p. ej., producción) los datos/estadísticas nacionales.	No		
	· Comparar los datos de sitios similares.	No		
	· Comparar estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que sean de similares órdenes de magnitudes	No		
Estimaciones de incertidumbre de CC.	· Aplicar las técnicas de CC para las estimaciones de incertidumbre.	No		
	· Revisar los cálculos de incertidumbre.	No		
	· Documentar las hipótesis de incertidumbre y las cualidades de algunos expertos consultados.	No		
Verificar las estimaciones de GEI.	· Comparar las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, en caso se encuentren disponibles.	No		

Referencia: CL= Cielito Lezcano.

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Tabla Anexo IV.V.iii

Sector Residuos: Lista de verificación complementarias de calidad del 1BTR.

Actividad de control de calidad	Tarea completada	Nombre	Fecha
Lista de verificación del coordinador de calidad del 1BTR.			
· Aclarar y comunicar las responsabilidades de AC/CC a los miembros del equipo de inventario.	Si	MN	oct-24
· Desarrollar y hacer listas de verificación de AC/CC adecuadas a las funciones en el equipo de inventario.	Si	CL	oct-24
· Distribuir la lista de verificación de GC/CC a los miembros apropiados del equipo de inventario.	Si	CL	oct-24
· Asegurar el cumplimiento oportuno y exacto de las listas de verificación de GC/CC y las actividades relacionadas mediante la verificación con los miembros del equipo.	Si	CL, LA	nov-24
· Recolectar las listas de verificación y formularios de GC/CC completos.	Si	CL	nov-24
· Revisar las listas de verificación y formularios de GC/CC completos para corroborar su exhaustividad y exactitud.	Si	CL	nov-24
· Entregar documentación de las actividades de GC/CC para el líder de inventario y el coordinador de archivo.	Si	CL	dic-24
· Coordinar revisiones externas del inventario y asegurar que los comentarios sean incorporados al mismo. Los pasos para coordinar con los revisores externos incluyen:	Si	MN	nov-24
(1) Identificar los revisores externos (p. ej., a través de los líderes de cada categoría).	Si	MN	nov-24
(2) Establecer una programación de revisión.	Si	MN	nov-24
(3) Establecer el formato de revisión (p. ej., soporte digital ya sea en Word o Excel).	Si	MN	nov-24
(4) Ponerse en contacto con los revisores externos para informarles sobre la programación y las expectativas.	Si	MN	nov-24
(5) Distribuir el borrador del inventario para su revisión.	Si	MN	nov-24
(6) Recoger y recopilar los comentarios de revisión.	Si	MN	nov-24
(7) Entregar los comentarios obtenidos al coordinador de archivo/documento e inventario.	Si	MN	nov-24
(8) Actualizar el inventario, con base en los comentarios según sea el caso.	Si	MN	dic-24
Revisiones transversales para la visión general de la calidad del inventario del 1BTR			
Cálculos de emisión de las categorías de emisión/remoción de GEI			
· Identificar los parámetros que son comunes en las categorías (p. ej., los factores de conversión, los coeficientes de contenido de carbono, etc.) y verificar la coherencia.	Si	LC	jun/24-nov/24

· Verificar que el uso de las mismas entradas de datos (p.ej., los datos de población de origen animal) reporte valores comparables (es decir, de similar magnitud).	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que se utilice el mismo conjunto de datos electrónicos para las categorías que comparten datos comunes (p. ej., la vinculación de los datos de población animal con los cálculos de emisiones por fermentación entérica con los de manejo de abono).	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que el número de dígitos significativos o posiciones decimales para los parámetros comunes, factores de conversión, factores de emisión o datos de actividad sean coherentes con las categorías.	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que el total de emisiones se reporte consistentemente (en términos de dígitos significativos o posiciones decimales) en las categorías.	Si	LC	jun/24-nov/24
· Verificar que los datos de emisiones sean agregados correctamente desde los niveles más bajos a los niveles más altos de información.	Si	LC	jun/24-nov/24
Documentación			
· Verificar si las prácticas de la documentación interna son coherentes con las categorías.	Si	LC	jun/24-nov/24
Exhaustividad			
· Verificar la exhaustividad de las categorías y años.	Si	LC	jun/24 - nov/24
· Verificar que los desfases en los datos se identifiquen e informen como se requiere.	Si	LC	jun/24 - nov/24
· Comparar las estimaciones actuales de los inventarios nacionales con las de años anteriores.	Si	LC	jun/24 - nov/24
Llevar el archivo maestro de inventario: Documentos de inventario y hojas de cálculo			
· ¿Se ha seguido los procedimientos de control de archivo?	Si	LC	jun/24 - dic/24
· Otros (especificar): Mantener la carpeta compartida actualizada	Si	LC	jun/24 - dic/24
Lista de verificación detallada para el documento de inventario del 1BTR.			
Sección delantera			
· La portada tiene la fecha, el título y la dirección de contacto correctos.	Si	LC, MN	dic-24
· Los índices, tablas y figuras son exactos: los títulos concuerdan con el documento, las páginas coinciden; los números van de forma consecutiva y cuentan con la puntuación correcta.	Si	LC, MN	dic-24
· El Resumen ejecutivo y la introducción se actualizan con los años correspondientes y la discusión de las tendencias.	Si	LC, MN	dic-24
Tablas y figuras			
· Todos los números en las tablas coinciden con los números en las hojas de cálculo.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que todas las tablas tengan el número correcto de dígitos significativos.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar la alineación en columnas y etiquetas.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que el formato de tabla sea coherente.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que todas las figuras se actualicen con los nuevos datos y se indiquen en el texto.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.	Si	LC, MN	dic-24
Ecuaciones			
· Verificar la coherencia de las ecuaciones.	Si	LC, MN	dic-24
· Verificar que las variables utilizadas en las ecuaciones se definan según la ecuación.	Si	LC, MN	dic-24
Referencias			
· Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.	Si	LC, MN	dic-24
Formato general			
· Todos los acrónimos se explican por primera vez y no las veces posteriores a lo largo de cada capítulo.	Si	LC, MN	dic-24
· Todas las fuentes de texto, encabezados, títulos y subtítulos son coherentes.	Si	LC, MN	dic-24
· Todos los comentarios, notas y los resaltados son retirados del documento.	Si	LC, MN	dic-24
· El tamaño, estilo y sangría de las viñetas son coherentes.	Si	LC, MN	dic-24
· El corrector ortográfico se ha completado.	Si	LC, MN	dic-24
Otros temas			
· Verificar que cada sección se actualice con el año actual (o el año más reciente que incluya el informe de inventario).	Si	LC, MN	dic-24

Referencia: LC= Luisa Cáceres, MN= Mabel Noguera.

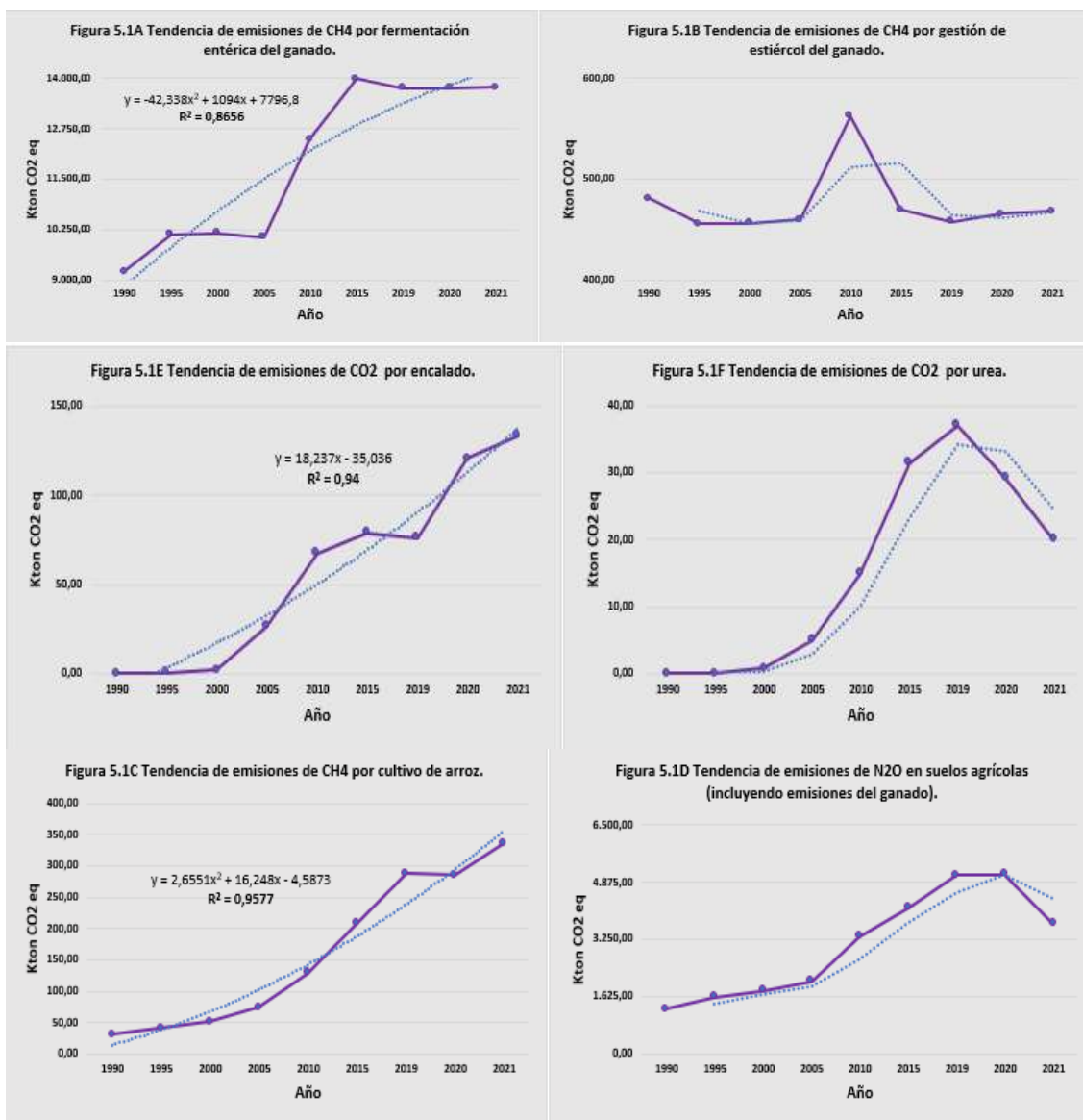
Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Anexo V: Otra información adicional

Anexo V.I: Agricultura y Ganadería

Anexo V.I.I: Tendencia de emisiones por categorías estimadas del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería.

La tendencia de emisiones por categorías estimadas del INGEI del Sector Agricultura y Ganadería considerando los datos de la Tabla 5.3, se presentan en esta sección del Anexo V.III (Figuras 5-1.A a 5-1.D), donde se observan las tendencias de emisiones de GEI y las regresiones de mejor ajuste con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2) en los casos correspondientes (regresiones polinómicas, no así para tendencia de medias móviles).



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Anexo V.I.II: Comparación de resultados de emisiones considerando GWP vs GTP a 100 años para los GEI distintos al CO₂ (CH₄ y N₂O).

Como se ha mencionado anteriormente, el Paraguay ha hecho el esfuerzo de estimar sus emisiones de GEI en el INGEI del Sector Agricultura y Ganadería del 1BTR, utilizando los distintos coeficientes propuestos por el AR5 del IPCC (2014), para la conversión de emisiones del CH₄ y N₂O. Al respecto, como puede observarse en la tabla 5.70, las diferencias al utilizar GTP (valor de 4 y 234 para el CH₄ y N₂O respectivamente) en lugar de GWP (valor de 28 y 265 para el CH₄ y N₂O respectivamente) a 100 años son significativas (rango: -8.590,04 a -13.413,31 kt CO₂ eq), afectando la tendencia de emisiones de todo el INGEI a partir de los observado en el Sector Agricultura y Ganadería del 1 BTR del Paraguay (figura 5.51). Por lo tanto, dada la disponibilidad de evidencia científica que sustenta la vida media corta de GEI como el CH₄⁴⁸ (principal GEI emitido en el país en virtud a la importante actividad agropecuaria) se recomienda **equiparar el uso de coeficientes como el GTP con menores valores que los del GWP a 100 años**, solicitados actualmente por las MPG del Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París.

Tabla Anexo V.I.II.

Sector Agricultura y Ganadería: Resumen comparativo de emisiones de GEI distintos al CO₂ utilizando coeficientes de GWP y GTP a 100 años según el AR5 del IPCC (2014) (kt CO₂ eq)

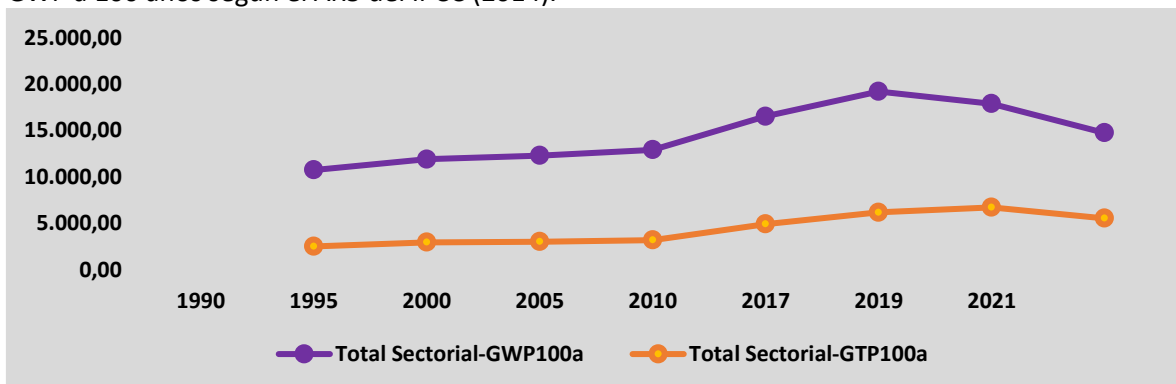
Categoría	Coefficiente del AR5	Año 1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
Fermentación entérica (CH ₄)	GWP100a=28	9.206,32	10.215,55	10.214,89	10.087,19	12.522,31	13.798,34	13.791,47	13.793,10
Fermentación entérica (CH ₄)	GTP100a=4	1.314,01	1.446,40	1.452,28	1.438,58	1.786,13	1.964,46	1.963,96	1.965,94
Gestión del estiércol (CH ₄)	GWP100a=28	486,21	551,01	589,05	626,85	855,41	1.025,69	1.082,53	1.079,20
Gestión del estiércol (CH ₄)	GTP100a=4	71,03	71,19	71,22	72,67	92,27	117,58	111,21	121,37
Suelos gestionados (N ₂ O)	GWP100a=265	899,40	1.166,58	1.309,09	1.511,97	2.628,35	3.557,67	4.144,86	2.727,88
Suelos gestionados (N ₂ O)	GTP100a=234	643,13	825,20	1.147,24	1.392,60	2.139,80	3.081,45	3.827,69	2.454,33
Cultivo de arroz (CH ₄)	GWP100a=28	30,56	41,12	51,30	74,59	128,45	228,58	288,68	336,85
Cultivo de arroz (CH ₄)	GTP100a=4	4,36	6,39	7,75	11,94	18,76	33,47	46,48	50,06
Cal y Urea (CO ₂)	No aplica a CO ₂	0,22	0,66	2,69	31,45	82,19	140,45	113,26	153,60
Total Sectorial-GWP100a		10.622,69	11.974,92	12.167,01	12.331,79	16.216,71	18.750,74	19.420,79	18.090,75
Total Sectorial-GTP100a		2.032,65	2.343,84	2.681,18	2.947,24	4.119,15	5.337,43	6.062,6	4.745,30
Δ GTP vs GWP100a s/ AR5 (IPCC,2014)		-8.590,04	-9.631,08	-9.485,83	-9.384,55	-12.097,56	-13.413,31	-13.358,19	-13.345,45

Fuente: Equipo Técnico del INGEI de la DNCC/MADES (2024), con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

⁴⁸ Disponible en: <https://climate.nasa.gov/vitalsigns/methane/?intent=121#:~:text=Methane%20Basics&text=A%20molecule%20of%20methane%20traps,hundreds%20of%20years%20or%20more.>

Figura 5-50.

Sector Agricultura y Ganadería: variación de emisiones en el INGEI utilizando coeficientes del GTP y GWP a 100 años según el AR5 del IPCC (2014).



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Anexo V.I.III: Comparación de resultados de emisiones considerando distintos niveles metodológicos (Tier 1 vs T1a/T2a).

Durante el presente ejercicio de preparación de su 1BTR, el Paraguay también ha hecho el esfuerzo de estimar sus emisiones de GEI comparando la generación de los FE en distintos niveles metodológicos. Así pues, como se observa en la tabla 5.71, se consideraron los siguientes valores:

-Estimación de las categorías: fermentación entérica y gestión de estiércol del ganado en tier 1 a / 2 a (nivel 1 y 2 mejorados por subcategorías y niveles subnacionales), lo cual fue realizado y reportado como parte del INGEI del 1BTR.

-Estimación de la emisión de CH₄ por el cultivo de arroz, simulado en tier 2 con la herramienta del Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI por sus siglas en inglés)⁴⁹, si bien se aclara que los valores considerados para el cómputo final de las emisiones sectoriales corresponden a los del tier 1 conforme a los datos oficiales recibidos para esta categoría.

-Datos de estimación en tier 1 para todas las demás categorías vinculadas a la actividad agropecuaria (suelos agrícolas, encalado y aplicación de urea), que conforme a limitaciones explicadas no han podido avanzar a niveles superiores de cálculo, resultando en reducciones significativas de las emisiones sectoriales (orden de -2.100,84 a -6.814,76 kt CO₂ eq) al utilizar estimaciones en tier 1 a / 2 a de cálculo en las categorías posibles, en lugar de utilizar el tier 1 por defecto donde los FE son propuestos para las regiones geográficas como LAC por el IPCC. Por tanto, en la medida de lo posible se recomienda avanzar a niveles superiores de estimación (tier 1 a / 2 / 3) con la debida aclaración de que ello no implicará la reducción *per se* de las emisiones nacionales de los GEI, lo cual se usufructúa colateralmente con el ajuste de los factores o parámetros de cálculo conforme a las circunstancias nacionales, en lugar de utilizar los FE por defecto calculados en función a subcategorías y parámetros supuestos a nivel regional. Así mismo, otro potencial beneficio de generar FE país-específicos (tier 2 o 3) radica en la reducción de la incertidumbre estimada en ±30-50% al realizar estimaciones en tier 1 con los FE por defecto.

⁴⁹ Disponible en: [SectoR](#)

Tabla 5-71.

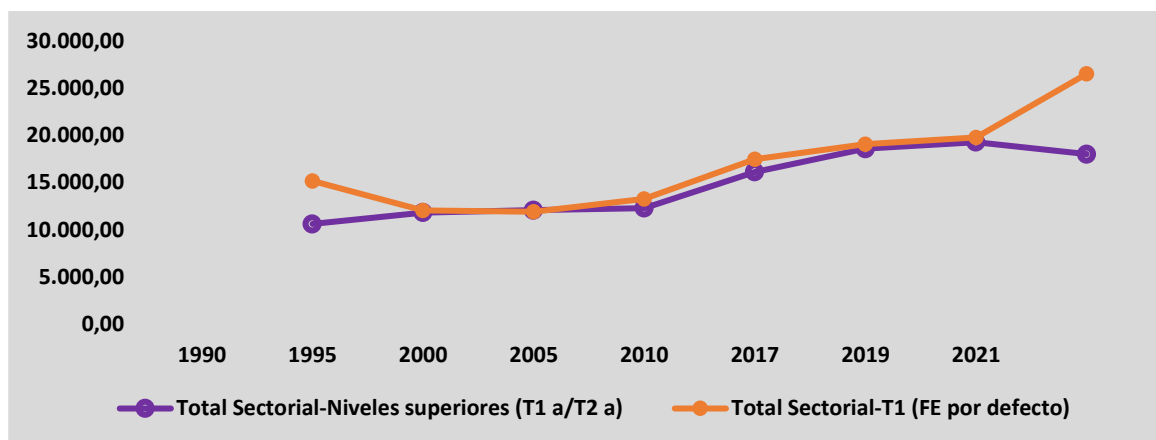
Sector Agricultura y Ganadería: Resumen comparativo de emisiones de GEI utilizando FE de distintos niveles metodológicos (kt CO₂ eq, GWP100años del AR5 del IPCC, 2014)

Categoría	Tier/Año	1990	1995	2000	2005	2010	2017	2019	2021
Fermentación entérica (CH ₄)	1a y 2a	9.206,32	10.215,55	10.214,89	10.087,19	12.522,31	13.798,34	13.791,47	13.793,10
Fermentación entérica (CH ₄)	1 (FE por defecto)	13.409,28	9.975,94	9.626,41	10.686,06	13.418,79	13.642,97	13.655,73	21.629,49
Gestión del estiércol (CH ₄)	1a y 2a	486,21	551,01	589,05	626,85	855,41	1.025,69	1.082,53	1.079,20
Gestión del estiércol (CH ₄)	1 (FE por defecto)	707,39	718,58	721,98	730,30	896,23	1.065,56	1.073,63	1.127,40
Suelos gestionados (N ₂ O)	1	899,40	1.166,58	1.309,09	1.511,97	2.628,35	3.557,67	4.144,86	2.727,88
Cultivo de arroz (CH ₄)	1	30,56	41,12	51,30	74,59	128,45	228,58	288,68	336,85
Cultivo de arroz (CH ₄)	2	29,56	25,12	50,46	73,28	126,00	224,15	283,06	330,43
Cal y Urea (CO ₂)	1 (FE por defecto)	0,22	0,66	2,69	31,45	82,19	140,45	113,26	153,60
Total Sectorial-T1a/2		10.621,71	11.958,92	12.166,18	12.330,74	16.214,26	18.746,30	19.415,18	18.084,21
Total Sectorial-T1 (FE por defecto)		15.164,07	14.059,76	14.909,18	15.281,02	17.486,62	23.064,75	24.789,23	24.898,97
Δ Niveles metodológicos		-4.542,36	-2.100,84	-2.743,00	-2.950,28	-1.272,36	-4.318,45	-5.374,05	-6.814,76

Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Figura 5-51.

Sector Agricultura y Ganadería: variación de emisiones de GEI utilizando FE de distintos niveles metodológicos



Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

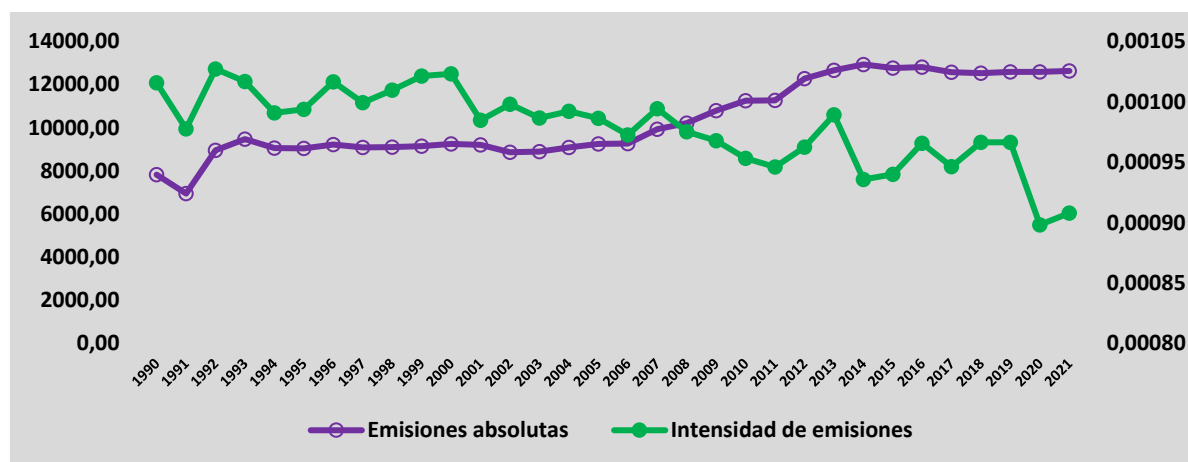
Anexo V.I.IV: Reporte de emisiones absolutas e intensidad de emisiones de GEI.

Finalmente, el Paraguay durante el ejercicio de preparación de su 1BTR, además de reportar sus emisiones absolutas de GEI, ha identificado la necesidad de establecer **indicadores ecuánimes** como la intensidad de emisiones, que al relacionar las emisiones de GEI con variables productivas (p. ej. kt CO₂ eq. cabeza de ganado, superficie agrícola o unidad de producto⁻¹) permitan reflejar la mejora de la eficiencia productiva, concomitante al incremento de los niveles de emisión y la productividad del país.

Así pues, en la Figura 5-52 se presenta el gráfico combinado, mostrando a modo de ejemplo las emisiones de CH₄ provenientes de la fermentación entérica del ganado bovino no lechero (principal fuente y subcategoría de emisiones absolutas de GEI del país), que aumentan con el avance de la serie temporal (línea violeta) al tiempo de reducir en ≈10% su intensidad de emisiones de GEI en función a los DA (línea verde). Ello denota claramente la importancia de estimar estos indicadores de manera complementaria en los INGEI de los países de la CMNUCC.

Figura 5-52.

Sector Agricultura y Ganadería: Ejemplo comparativo de crecientes emisiones absolutas de CH₄ entérico y decreciente intensidad de emisiones del ganado bovino no lechero en Paraguay (kt CO₂ eq. cabeza de ganado⁻¹), durante la serie temporal 1990-2021 del 1BTR del Paraguay.



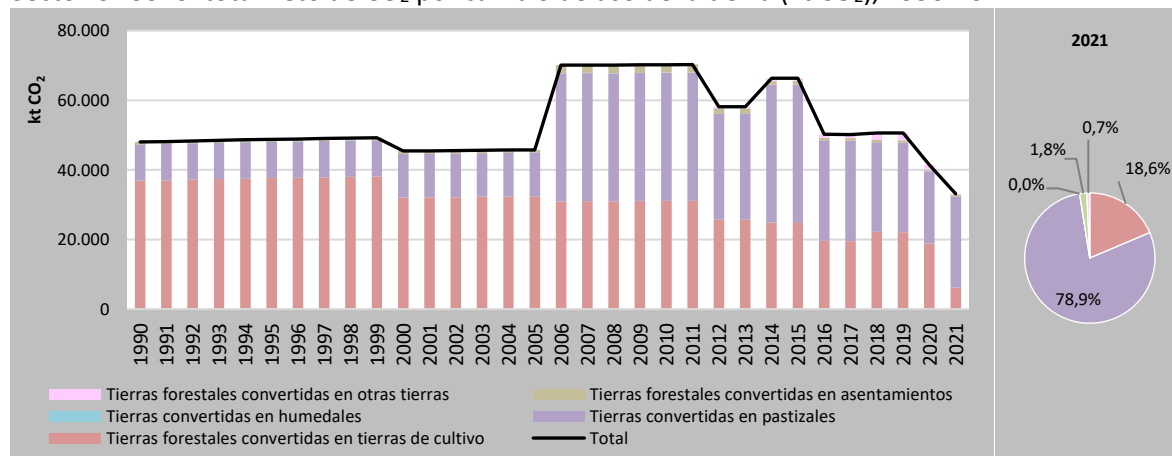
Fuente: Elaboración propia del Equipo Técnico INGEI del MADES.

Anexo V.II: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)

Anexo V.II.I Estimaciones de CO₂

Figura Anexo V.II.I.i

Sector UTCUTS: total neto de CO₂ por cambio de uso de la tierra (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.I.i

Sector UTCUTS: total neto de CO₂ por cambio de uso de la tierra (kt CO₂).

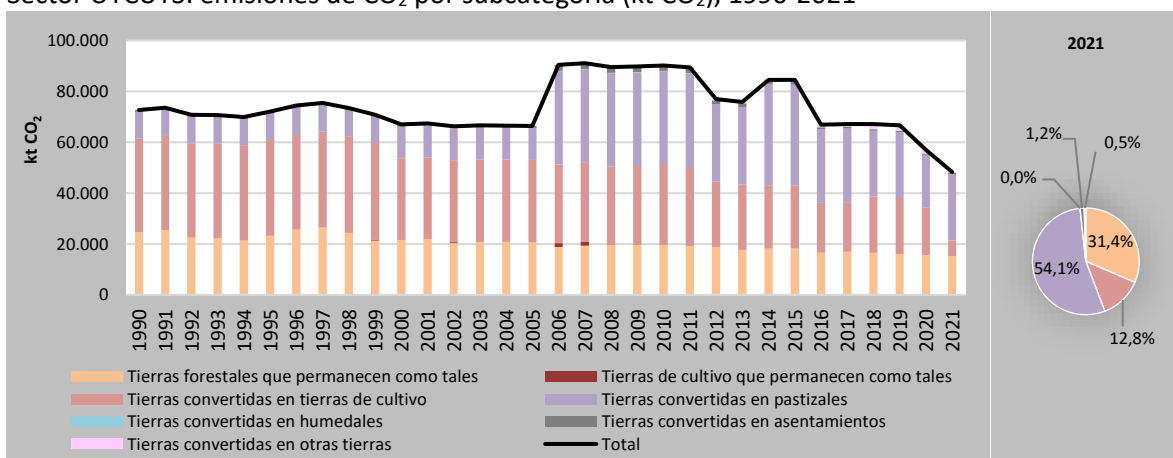
Año	Sector UTCUTS					
	Cambios de uso					
	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	4.D.2. Tierras convertidas en humedales	4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras	Total
1990	36.864,6	10.450,8	3,5	692,6	0,0	48.011,5
1991	37.006,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0	48.153,8
1992	37.165,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0	48.312,8
1993	37.337,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0	48.484,7
1994	37.478,4	10.450,8	3,5	692,6	0,0	48.625,4
1995	37.611,5	10.450,8	3,5	692,6	0,0	48.758,5
1996	37.704,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0	48.851,7
1997	37.858,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0	49.005,7
1998	37.985,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0	49.132,7
1999	38.055,5	10.450,8	3,5	692,6	0,0	49.202,4
2000	32.066,1	12.559,0	3,5	806,8	0,0	45.435,4
2001	32.080,4	12.559,0	3,8	806,8	0,0	45.450,0
2002	32.149,5	12.559,0	3,8	806,8	0,0	45.519,1
2003	32.258,5	12.559,0	3,8	806,8	0,0	45.628,1
2004	32.316,8	12.559,0	3,8	806,8	0,0	45.686,5
2005	32.399,4	12.559,0	3,8	806,8	0,0	45.769,1
2006	30.938,6	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	70.068,3
2007	30.999,2	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	70.128,9
2008	30.965,1	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	70.094,8
2009	31.077,2	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	70.206,9
2010	31.094,9	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	70.224,6
2011	31.121,5	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	70.251,2
2012	25.648,4	30.498,9	13,2	1.499,2	457,9	58.117,6
2013	25.672,1	30.498,9	13,2	1.499,2	470,2	58.153,6
2014	24.849,5	39.659,2	0,0	1.020,4	815,3	66.344,2
2015	24.788,1	39.659,2	0,0	1.020,4	836,5	66.304,1
2016	19.579,0	28.866,5	0,0	758,7	1.042,8	50.247,0

Año	Sector UTCUTS					
	Cambios de uso					
	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	4.D.2. Tierras convertidas en humedales	4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras	Total
2017	19.484,5	28.866,5	0,0	758,7	1.068,4	50.178,1
2018	22.150,9	25.771,5	0,0	653,8	2.008,7	50.584,9
2019	22.077,7	25.771,5	0,0	653,8	2.056,9	50.559,9
2020	18.889,1	20.630,6	0,0	528,1	1.340,4	41.388,2
2021	6.166,4	26.123,8	0,0	584,8	243,5	33.118,6

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura Anexo V.II.I.ii

Sector UTCUTS: emisiones de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.I.ii

Sector UTCUTS: emisiones de CO₂ por subcategoría (kt CO₂)

Año	Sector UTCUTS						
	Emisiones						
	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	4.D.2. Tierras convertidas en humedales	4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras
1990	24.607,2		36.864,6	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1991	25.435,1		37.006,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1992	22.459,7		37.165,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1993	22.244,5		37.337,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1994	21.312,5		37.478,4	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1995	23.251,5		37.611,5	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1996	25.584,6		37.704,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1997	26.444,4		37.858,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1998	24.328,4		37.985,8	10.450,8	3,5	692,6	0,0
1999	21.365,1	238,6	38.055,5	10.450,8	3,5	692,6	0,0
2000	21.571,6		32.066,1	12.559,0	3,5	806,8	0,0
2001	21.935,1		32.080,4	12.559,0	3,8	806,8	0,0
2002	20.304,2	431,6	32.149,5	12.559,0	3,8	806,8	0,0
2003	20.898,4	70,7	32.258,5	12.559,0	3,8	806,8	0,0
2004	20.878,9		32.316,8	12.559,0	3,8	806,8	0,0
2005	20.632,8		32.399,4	12.559,0	3,8	806,8	0,0
2006	18.827,2	1.563,5	30.938,6	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0
2007	19.373,0	1.563,5	30.999,2	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0
2008	19.460,1		30.965,1	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0
2009	19.559,7		31.077,2	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0

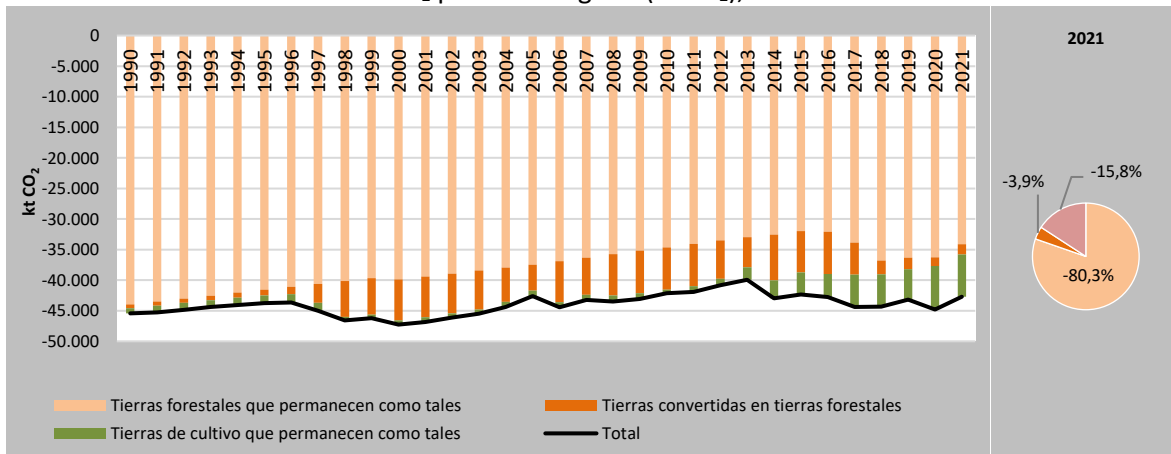
Año	Sector UTCUTS							
	Emisiones							Total
	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	4.C.2. Tierras convertidas en pastizales	4.D.2. Tierras convertidas en humedales	4.E.2. Tierras convertidas en asentamientos	4.F.2. Tierras convertidas en otras tierras	
2010	19.788,5	147,9	31.094,9	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	
2011	19.168,1		31.121,5	36.783,8	70,5	2.275,4	0,0	89.419,4
2012	18.847,3		25.648,4	30.498,9	13,2	1.499,2	457,9	76.964,9
2013	17.638,6		25.672,1	30.498,9	13,2	1.499,2	470,2	75.792,2
2014	18.211,9		24.849,5	39.659,2	0,0	1.020,4	815,3	84.556,1
2015	18.159,8		24.788,1	39.659,2	0,0	1.020,4	836,5	84.463,8
2016	16.623,0		19.579,0	28.866,5	0,0	758,7	1.042,8	66.870,1
2017	16.968,9		19.484,5	28.866,5	0,0	758,7	1.068,4	67.147,0
2018	16.534,5		22.150,9	25.771,5	0,0	653,8	2.008,7	67.119,4
2019	16.056,3		22.077,7	25.771,5	0,0	653,8	2.056,9	66.616,2
2020	15.532,7		18.889,1	20.630,6	0,0	528,1	1.340,4	56.920,9
2021	15.194,1		6.166,4	26.123,8	0,0	584,8	243,5	48.312,7

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Las emisiones de la subcategoría de *tierras forestales que permanecen como tales*, por la remoción de madera rollizos y madera combustible, se constituye como la segunda fuente de emisiones más importante para el último año del inventario.

Figura Anexo V.II.I.iii

Sector UTCUTS: absorciones de CO₂ por subcategoría (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.I.iii

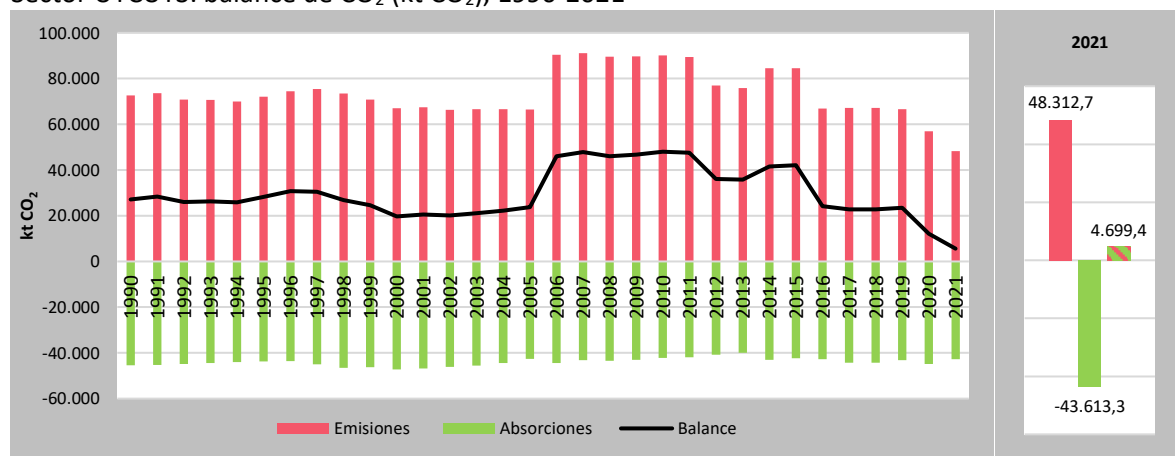
Sector UTCUTS: absorciones de CO₂ por subcategoría (kt CO₂)

Año	Sector UTCUTS			
	Absorciones			Total
	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	
1990	-43.974,2	-626,1	-838,2	-45.438,6
1991	-43.494,0	-653,6	-1.115,3	-45.262,9
1992	-43.013,7	-681,2	-1.144,8	-44.839,6
1993	-42.533,5	-747,0	-1.126,2	-44.406,6
1994	-42.053,2	-812,9	-1.182,8	-44.048,9
1995	-41.572,9	-934,7	-1.239,5	-43.747,1
1996	-41.146,7	-1.215,6	-1.349,3	-43.711,6
1997	-40.720,4	-3.064,9	-1.345,6	-45.130,9
1998	-40.294,2	-5.894,3	-575,7	-46.764,1
1999	-39.867,9	-5.975,7	-569,6	-46.413,2
2000	-40.173,2	-6.686,4	-675,1	-47.534,7
2001	-39.739,9	-6.635,7	-784,2	-47.159,8
2002	-39.306,6	-6.501,3	-703,7	-46.511,6
2003	-38.873,2	-6.351,0	-698,9	-45.923,2
2004	-38.439,9	-5.588,2	-844,3	-44.872,4
2005	-38.006,6	-4.241,1	-899,6	-43.147,2
2006	-37.492,8	-6.717,3	-814,7	-45.024,8
2007	-36.925,1	-6.054,5	-833,4	-43.813,0
2008	-36.357,4	-6.758,2	-990,3	-44.105,9
2009	-35.789,6	-6.920,0	-980,1	-43.689,8
2010	-35.221,9	-6.922,3	-605,1	-42.749,2
2011	-34.680,2	-6.939,2	-900,8	-42.520,3
2012	-34.153,9	-6.255,5	-1.055,6	-41.465,0
2013	-33.627,5	-4.941,7	-2.042,8	-40.612,1
2014	-33.265,3	-7.482,1	-2.977,3	-43.724,8
2015	-32.761,4	-6.717,5	-3.612,6	-43.091,5
2016	-32.967,0	-6.902,4	-3.770,2	-43.639,5
2017	-34.744,3	-5.232,4	-5.264,9	-45.241,6
2018	-37.676,7	-2.247,6	-5.314,4	-45.238,7
2019	-37.228,4	-1.861,9	-4.969,7	-44.060,0
2020	-37.156,0	-1.408,4	-7.132,1	-45.696,5
2021	-35.030,8	-1.684,9	-6.897,7	-43.613,3

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Figura Anexo V.II.I.iv

Sector UTCUTS: balance de CO₂ (kt CO₂), 1990-2021



Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.I.iv

Sector UTCUTS: balance de CO₂ (kt CO₂)

Año	Sector UTCUTS		
	Emisiones	Absorciones	Balance
1990	72.618,8	-45.438,6	27.180,2
1991	73.588,8	-45.262,9	28.325,9
1992	70.772,5	-44.839,6	25.932,8
1993	70.729,2	-44.406,6	26.322,6
1994	69.937,9	-44.048,9	25.889,0
1995	72.010,0	-43.747,1	28.262,9
1996	74.436,3	-43.711,6	30.724,7
1997	75.450,1	-45.130,9	30.319,2
1998	73.461,1	-46.764,1	26.696,9
1999	70.806,2	-46.413,2	24.392,9
2000	67.007,0	-47.534,7	19.472,3
2001	67.385,1	-47.159,8	20.225,4
2002	66.254,9	-46.511,6	19.743,3
2003	66.597,3	-45.923,2	20.674,1
2004	66.565,4	-44.872,4	21.693,1
2005	66.401,9	-43.147,2	23.254,7
2006	90.459,0	-45.024,8	45.434,2
2007	91.065,4	-43.813,0	47.252,5
2008	89.554,9	-44.105,9	45.449,0
2009	89.766,6	-43.689,8	46.076,8
2010	90.161,1	-42.749,2	47.411,9
2011	89.419,4	-42.520,3	46.899,1
2012	76.964,9	-41.465,0	35.499,9
2013	75.792,2	-40.612,1	35.180,1
2014	84.556,1	-43.724,8	40.831,4
2015	84.463,8	-43.091,5	41.372,3
2016	66.870,1	-43.639,5	23.230,5
2017	67.147,0	-45.241,6	21.905,4
2018	67.119,4	-45.238,7	21.880,7
2019	66.616,2	-44.060,0	22.556,2
2020	56.920,9	-45.696,5	11.224,4
2021	48.312,7	-43.613,3	4.699,4

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Anexo V.II.II Contexto normativo forestal

El marco normativo forestal en Paraguay se encuentra regulado por diversas leyes, decretos y disposiciones que buscan promover la gestión sostenible de los recursos forestales del país. Algunas de las normativas más relevantes son las siguientes:

- ✓ Ley 422/73 “Forestal”. Establece las disposiciones generales para la protección, conservación, manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos forestales en Paraguay.
- ✓ Ley 294/93 “De Evaluación de Impacto Ambiental”. Establece la evaluación de impacto ambiental como requisito previo a la aprobación de Planes de uso de la tierra, Plantaciones Forestales y/o reforestaciones.
- ✓ Ley 716/96 “Sanciona delitos contra el medio ambiente”. Establece medidas administrativas y penales a los que procedan a la explotación forestal de bosques declarados especiales o protectores.
- ✓ Ley 3464/08 “Que crea el Instituto Forestal Nacional”. Crea el INFONA y le confiere el objetivo de administrar, promover y desarrollar sosteniblemente los recursos forestales del país.
- ✓ Ley 4241/10 “Restablecimiento de Bosques Protectores de Cauces Hídricos dentro del territorio nacional”. Establece que los bosques protectores deberán ser conservados permanentemente en su estado natural, y que aquellas propiedades que no los hayan conservado, deberán restablecerse con especies nativas.

La Ley 422/73, en su artículo 42, establece que todas las propiedades rurales de más de veinte hectáreas en zonas forestales deberán mantener el 25 % de su área de bosques naturales, y en caso de no tener este porcentaje mínimo, el propietario deberá reforestar una superficie equivalente al 5 % de la superficie del predio. Esta normativa aplica para ambas regiones del país.

Existen algunas variaciones del marco normativo de una región a otra, por ejemplo, para la región Oriental del país, rige la Ley 6676/20, conocida como *Ley de Deforestación Cero*, disposición que prohíbe la transformación o conversión de superficies con cobertura de bosques a superficies destinadas al aprovechamiento agropecuario o a asentamientos humanos; así también prohíbe las actividades como la producción, transporte y comercialización de madera, leña, carbón y cualquier subproducto forestal originado del desmonte no autorizado por un plazo de 10 años, y autoriza al INFONA a reglamentar el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal. Esta prohibición fue prorrogada sucesivamente mediante diferentes leyes, y se encuentra vigente con algunas diferencias desde diciembre del año 2004.

Por otra parte, en la región Occidental o Chaco, el marco legal vigente permite la conversión de bosques a otros usos de la tierra a través de Planes de Uso de la Tierra, los cuales son otorgados por el INFONA teniendo en cuenta los criterios técnicos establecidos en sus reglamentaciones.

Además, en ambas regiones del país está permitido el aprovechamiento sostenible de los bosques a través de planes de aprovechamiento forestal, mediante los cuales es posible la extracción selectiva de cierto volumen de madera sin que signifique una conversión en el uso de la tierra.

Anexo V.II.III Matrices de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra

Tabla Anexo V.II.III.i

Sector UTCUTS: Matriz de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra para el periodo 1986-2002

1986 2002	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTAL 2002
Tierras forestales	23.257.131,5	58.203,6					23.315.335,1
Tierras de cultivo	3.718.335,1	8.159.290,6					11.877.625,7
Pastizales	275,0		3.986.843,5				3.987.118,5
Humedales	224,9			489.921,8			490.146,7
Asentamientos	67.222,6				238.316,1		305.538,7
Otras tierras	0,0					699.435,4	699.435,4
TOTAL 1986	27.043.189,0	8.217.494,2	3.986.843,5	489.921,8	238.316,1	699.435,4	

Nota: 1. La superficie correspondiente a *otras tierras* corresponde a la superficie mapeada más la superficie faltante para la coincidencia con la superficie total oficial. 2. Matriz utilizada para la obtención de datos del periodo 1990-1999

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.III.ii

Sector UTCUTS: Matriz de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra para el periodo 2000-2011

2000 2011	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTAL 2011
Tierras forestales	20.569.649,5	16.963,9	837,4				20.587.450,8
Tierras de cultivo	3.451.524,7	10.336.926,5	279.020,5	2,70			14.067.474,4
Pastizales	754,0		4.483.097,6				4.483.851,6
Humedales	1.998,1		65.731,1	581.374,3	409,2		649.512,7
Asentamientos	104.240,4	2.975,0	8.079,2		313.472,6		428.767,2
Otras tierras						458.143,3	458.143,3
TOTAL 2000	24.128.166,7	10.356.865,4	4.836.765,8	581.377,0	313.881,8	458.143,3	

Nota: 1. La superficie correspondiente a *otras tierras* corresponde a la superficie mapeada más la superficie faltante para la coincidencia con la superficie total oficial. 2. La matriz incluye los periodos de cambio de 2000-2005 y 2005-2011.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.III.iii

Sector UTCUTS: Matriz de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra para el periodo 2011-2015

2011 2015	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTAL 2015
Tierras forestales	19.041.734,6	7.207,1					19.048.941,7
Tierras de cultivo	1.343.285,3	12.922.582,1	100.570,2				14.366.437,6
Pastizales	0,0		4.850.472,5				4.850.472,5
Humedales	119,4			498.985,9	0,0		499.105,3
Asentamientos	28.202,5	1.259,6	534,8		351.050,6		381.047,5
Otras tierras	10.952,2		26,1			1.518.217,1	1.529.195,4
TOTAL 2011	20.424.294,0	12.931.048,8	4.951.603,6	498.985,9	351.050,6	1.518.217,1	

Nota: 1. La superficie correspondiente a *otras tierras* corresponde a la superficie mapeada más la superficie faltante para la coincidencia con la superficie total oficial. 2. La matriz incluye los periodos de cambio de 2011-2013 y 2013-2015.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.III.iv

Sector UTCUTS: Matriz de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra para el periodo 2015-2019

2015 2019	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTAL 2019
Tierras forestales	18.241.521,0	23.389,7					18.264.910,7
Tierras de cultivo	1.056.632,1	15.433.137,6	59.842,5				16.549.612,2
Pastizales			4.518.466,4				4.518.466,4
Humedales				595.505,9			595.505,9
Asentamientos	15.224,4	440,7	1.072,1		348.418,1		365.155,3
Otras tierras	25.083,8		2,9			356.462,8	381.549,5
TOTAL 2015	19.338.461,3	15.456.968,0	4.579.383,9	595.505,9	348.418,1	356.462,8	

Nota: 1. La superficie correspondiente a *otras tierras* corresponde a la superficie mapeada más la superficie faltante para la coincidencia con la superficie total oficial. 2. La matriz incluye los periodos de cambio de 2015-2017 y 2017-2019.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Tabla Anexo V.II.III.v

Sector UTCUTS: Matriz de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra para el periodo 2019-2020

2019 2020	Tierras forestales	Tierras de cultivo	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	TOTAL 2020
Tierras forestales	18.021.727,4						18.021.727,4
Tierras de cultivo	210.571,2	16.880.522,5					17.091.093,7
Pastizales			4.494.749,2				4.494.749,2
Humedales				586.697,4			586.697,4
Asentamientos	2.752,6				372.455,0		375.207,6
Otras tierras	4.924,0					100.800,7	105.724,7
TOTAL 2019	18.239.975,2	16.880.522,5	4.494.749,2	586.697,4	372.455,0	100.800,7	

Nota: 1. La superficie correspondiente a *otras tierras* corresponde a la superficie mapeada más la superficie faltante para la coincidencia con la superficie total oficial.

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA).

Anexo V.II.IV Superficie de cultivos agrícolas

Tabla Anexo V.II.IV.i

Sector UTCUTS: Superficie de cultivos perennes leñosos (hectáreas)

Año	Cultivos perennes leñosos										
	Banano	Cafeto	Limón	Mandarina	Naranja dulce	Naranja agria	Piña	Pomelo	Tung	Vid	Yerba mate
1990	9.031,0	4.956,0	627,0	3.350,0	10.188,0	10.354,0	2.706,0	1.003,0	10.913,0	1.282,0	26.514,0
1991	9.551,0	5.250,0	624,0	3.370,0	10.180,0	10.900,0	2.730,0	998,0	11.000,0	1.279,0	26.755,0
1992	9.566,0	5.694,0	626,0	3.359,0	10.214,0	10.697,0	2.842,0	996,0	11.014,0	1.288,0	27.100,0
1993	9.575,0	6.262,0	625,0	3.356,0	10.209,0	10.901,0	2.842,0	996,0	11.001,0	1.288,0	27.110,0
1994	9.000,0	5.947,0	587,0	3.251,0	10.212,0	10.697,0	2.761,0	993,0	10.975,0	1.307,0	28.466,0
1995	9.092,0	5.997,0	589,0	3.254,0	10.247,0	10.823,0	2.762,0	988,0	10.711,0	1.307,0	28.853,0
1996	9.490,0	6.001,0	581,0	3.247,0	10.247,0	10.803,0	2.907,0	980,0	10.461,0	1.326,0	29.226,0
1997	9.995,0	5.999,0	588,0	3.250,0	10.243,0	10.791,0	3.014,0	990,0	10.454,0	1.321,0	29.280,0
1998	10.949,0	5.994,0	582,0	3.620,0	11.959,0	8.423,0	3.538,0	1.034,0	10.450,0	1.210,0	32.194,0
1999	10.675,0	5.129,0	530,0	3.211,0	11.969,0	7.817,0	3.063,0	953,0	11.047,0	915,0	31.609,0
2000	12.746,0	3.857,0	625,0	3.267,0	12.174,0	8.096,0	3.686,0	937,0	11.248,0	918,0	32.804,0
2001	9.728,0	3.395,0	566,0	3.280,0	12.298,0	13.204,0	3.969,0	895,0	9.238,0	916,0	34.713,0
2002	12.554,0	3.094,0	535,0	2.598,0	13.370,0	9.510,0	4.238,0	857,0	8.679,0	378,0	31.118,0
2003	12.843,0	3.101,0	740,0	2.979,0	11.916,0	9.287,0	3.524,0	735,0	11.602,0	454,0	28.006,0
2004	12.610,0	2.700,0	750,0	3.000,0	12.600,0	9.400,0	3.900,0	870,0	12.000,0	470,0	27.350,0
2005	12.970,0	2.570,0	735,0	3.000,0	12.760,0	9.430,0	4.975,0	855,0	12.000,0	475,0	30.480,0
2006	10.201,9	1.430,5	579,0	2.412,0	10.108,2	8.184,1	4.989,4	915,5	10.499,5	408,5	24.392,4
2007	7.433,9	291,0	423,0	1.824,0	7.456,4	6.938,3	5.003,8	976,0	8.999,0	342,0	18.304,8
2008	7.500,0	300,0	450,0	1.900,0	7.500,0	7.000,0	5.100,0	1.000,0	9.000,0	350,0	18.321,0
2009	10.606,8	289,6	442,0	1.840,8	7.456,9	6.938,9	5.047,6	973,4	8.994,6	348,9	18.298,5
2010	7.651,0	290,0	442,0	1.937,7	7.651,0	7.141,0	5.203,0	1.020,0	8.995,0	349,0	18.299,0
2011	7.727,0	294,0	442,0	1.958,0	7.651,0	7.141,0	5.255,0	1.030,0	8.995,0	349,0	20.000,0
2012	7.727,0	294,0	442,0	1.958,0	7.651,0	7.141,0	5.255,0	1.030,0	8.995,0	349,0	20.000,0
2013	7.800,0	294,0	450,0	1.950,0	7.700,0	7.140,0	5.256,0	1.050,0	8.995,0	348,0	20.000,0
2014	7.810,0	300,0	463,0	1.950,0	7.716,0	7.145,0	5.265,0	1.058,0	9.070,0	345,0	20.000,0
2015	7.812,0	300,0	465,0	1.945,0	7.715,0	7.145,0	5.260,0	1.053,0	9.070,0	346,0	20.599,9
2016	7.855,0	320,0	470,0	2.000,0	7.715,0	7.200,0	5.300,0	1.100,0	9.090,0	350,0	20.650,0
2017	8.172,0	320,0	470,0	2.000,0	7.715,0	7.200,0	6.432,0	1.100,0	9.090,0	350,0	22.850,0
2018	8.738,0	310,0	475,0	2.010,0	7.715,0	6.321,0	7.232,0	1.058,0	8.965,0	350,0	25.200,0
2019	8.852,0	306,0	472,0	2.065,0	7.736,0	6.440,0	7.142,0	1.084,0	8.958,0	348,0	26.215,0
2020	9.037,0	309,0	476,0	2.072,0	7.728,0	6.309,0	7.358,0	1.090,0	8.953,0	351,0	26.280,0
2021	15.960,0	38,0	664,0	792,0	5.012,0	2.780,0	5.120,0	882,0	1.171,0	229,0	38.724,0

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en los datos de MAG.



Tabla Anexo V.II.IV.ii

Sector UTCUTS: Superficie de cultivos anuales (hectáreas)

Cultivos anuales	Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Algodón	339.9 00.0	306.0 00.0	235.4 54.0	381.1 86.0	332.2 80.0	306.6 32.0	110.6 97.0	202.0 0.0	166.20 4.0	194.76 0.0	297.86 5.0	163.23 0.0	186.40 5.0	320.00 0.0	225.00 0.0	245.00 0.0	66.256 0	29.000 0	13.727 1	24.845 1	50.004 0	45.005 0	14.000 0	12.600 0	12.000 0	10.000 0	9.493.0	18.000 0	11.800 0	12.000 0	18.854 0	
	Arroz con riego	10.70 0.0	11.53 0.0	18.12 5.0	18.13 4.0	19.48 0.0	20.79 0.0	22.02 5.0	20.860 0	27.770 0	26.252 0	26.680 0	27.026 0	30.303 0	31.000 0	33.500 0	42.000 0	42.000 0	33.868 0	49.996 0	59.475 6	78.605 5	80.000 0	97.999 0	120.00 0.0	128.00 0.0	130.00 0.0	140.00 0.4	142.00 0.0	162.00 0.0	180.00 0.0	177.96 0.0	205.74 4.0
	Arroz secano	6.300 0	5.900 0	6.007 0	6.018 0	6.195 0	6.500 0	6.955 0	9.830 0	6.891 0	4.948 0	4.837 0	4.659 0	4.059 0	5.843 0	4.440 0	5.750 0	3.670 0	1.591 0	1.700 0	1.646 0	1.657 0	1.682 0	1.657 0	1.648 0	1.748 0	1.740 0	1.740 0	1.740 0	1.736 0	1.747 0	1.740 0	4.909 0
	Arveja	1.666 0	1.719 0	1.700 0	1.708 0	1.691 0	1.630 0	1.714 0	3.277 0	4.311 0	3.569 0	3.260 0	3.293 0	3.045 0	4.411 0	4.970 0	4.125 0	2.745 0	1.365 0	1.380 0	1.370 0	1.408 0	1.422 0	1.409 0	1.390 0	1.392 0	1.400 0	1.400 0	1.400 0	1.402 0	1.417 0	1.415 0	929 0
	Batata	10.50 0.0	10.70 1.0	11.90 0.0	12.22 6.0	9.305 0	9.203 0	10.00 7.0	9.979 0	10.085 0	10.926 0	17.734 0	20.926 0	18.718 0	18.905 0	20.000 0	20.990 0	12.981 5	5.120 0	4.952 1	5.223 0	5.275 0	5.223 0	5.200 0	4.858 0	5.000 0	5.000 0	5.078 0	5.087 0	5.271 0	5.289 0	5.390 0	
	Canola	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.370 0	45.936 6	34.503 3	37.056 0	62.149 5	63.250 0	65.000 0	75.000 0	75.000 0	89.000 2	89.000 2	30.000 0	40.000 0	47.850 0	45.000 0	27.275 0	
	Caña de azúcar	55.90 0.0	55.90 0.0	55.94 0.0	55.63 7.0	56.00 0.0	57.00 0.0	57.81 0.0	58.000 0	61.173 0	59.450 0	59.580 0	52.399 0	62.255 0	69.942 0	74.000 0	75.000 0	82.000 0	81.885 2	100.00 0	99.999 9	104.05 0	115.00 0.0	116.00 0.0	118.00 0.0	120.00 0.0	120.00 0.0	118.00 0.0	110.00 0.0	103.00 0.0	105.00 0.0	105.00 0.0	90.333 0
	Cebolla	1.420 0	1.509 0	1.523 0	1.532 0	1.760 0	1.762 0	1.763 0	1.796 0	2.387 0	2.164 0	1.952 0	1.991 0	2.373 0	2.210 0	2.250 0	2.110 0	1.420 0	731.0 0	780.0 0	754.5 0	796.0 0	804.0 0	796.0 0	800.0 0	818.0 0	895.5 0	993.0 0	995.0 0	1.009 0	1.062 0	1.219 0	1.410 0
	Frutilla	174.0 0	180.0 0	186.0 0	183.0 0	181.0 0	195.0 0	197.0 0	197.0 0	205.0 0	186.0 0	293.0 0	311.0 0	369.0 0	351.0 0	380.0 0	375.0 0	282.8 0	190.5 0	210.0 0	205.7 0	214.0 0	216.0 0	296.8 0	300.0 0	348.0 0	350.0 0	350.0 0	389.0 0	394.0 0	414.0 0	424.0 0	360.0 0
	Girasol	253.0 0	390.0 0	10.87 8.0	31.13 4.0	29.82 0.0	44.00 0.0	47.87 5.0	62.003 0	52.154 0	70.800 0	30.372 0	23.969 0	24.722 0	29.700 0	43.000 0	46.000 0	109.00 0.0	99.139 0	194.00 0.0	168.10 3.3	69.607 0	50.000 0	55.000 0	62.000 0	55.850 0	40.850 0	40.900 0	30.500 0	28.000 0	21.600 0	20.800 0	3.257 0
	Habilla	5.343 0	5.450 0	7.564 0	7.441 0	5.887 0	5.895 0	5.954 0	5.996 0	8.284 0	8.387 0	10.033 0	9.628 0	10.216 0	10.498 0	14.950 0	13.070 0	8.799 0	4.528 0	4.650 0	4.521 0	4.535 0	4.572 0	4.547 1	4.572 0	5.385 0	5.380 0	5.425 0	5.750 0	5.730 1	5.797 0	2.055 0	
	Ka'a he'e	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	405.0 0	467.0 0	509.0 0	603.0 0	850.0 0	1.000.0 0	1.300.0 0	811.0 0	830.0 0	1.158.0 0	1.734.0 0	2.200.0 0	2.500.0 0	2.300.0 0	2.312.0 0	2.350.0 0	2.350.0 0	2.370.0 0	3.100.0 0	3.106.0 0	3.116.0 0	92.0 0
	Locote	507.0 0	530.0 0	706.0 0	901.0 0	910.0 0	915.0 0	926.0 0	888.0 0	1.107.0 0	978.0 0	1.506.0 0	1.046.0 0	1.085.0 0	1.113.0 0	1.113.0 0	1.050.0 0	761.8 0	473.7 0	600.0 0	869.2 0	612.0 0	618.0 0	612.0 0	652.0 0	684.0 0	690.0 0	690.0 0	900.0 0	923.0 0	968.0 0	1.042.0 0	851.0 0
	Maiz	243.2 13.0	258.0 00.0	249.0 81.0	218.3 85.0	330.9 01.0	324.4 31.0	383.8 51.0	355.32 0.0	356.30 2.0	335.02 2.0	361.79 0.8	390.03 2.6	425.46 5.0	449.27 0.0	507.66 0.0	616.00 2.0	725.25 0.0	858.10 0.8	774.10 0.3	794.03 4.5	853.59 2.5	995.00 3.0	1.030.0 0.0	800.00 0.0	950.00 0.0	960.00 0.0	940.00 0.0	1.070.0 00.0	1.085.0 05.0	1.100.0 00.0	990.00 0.0	229.12 0.0
	Mandioca	175.5 72.0	179.4 39.0	183.8 29.0	174.2 78.0	211.4 06.0	190.8 47.0	220.0 06.0	236.69 6.0	227.74 6.0	201.79 2.0	199.32 5.0	198.20 0.0	187.22 0.0	190.70 0.0	187.15 5.0	192.79 0.0	175.70 0.0	170.69 4.1	177.47 0.0	181.33 9.7	172.00 2.0	175.00 0.0	175.00 0.0	180.00 0.0	182.00 0.0	182.00 0.0	183.00 0.0	188.00 0.0	185.00 0.0	188.00 0.0	155.43 9.0	
	Mani	30.84 6.0	27.60 0.0	32.00 0.0	31.10 0.0	30.25 8.0	29.42 3.0	26.50 0.0	30.300 0.0	30.988 0	29.330 0	30.254 0	29.450 0	30.150 0	31.420 0	31.600 0	28.700 0	28.300 0	24.112 6	25.100 0	24.698 2	25.819 0	25.000 0	25.000 0	25.000 0	25.670 0	26.000 0	26.000 0	26.350 0	25.000 0	25.000 0	25.125 0	9.414 0
	Menta	13.72 6.0	13.97 9.0	13.97 8.0	14.00 9.0	13.99 3.0	13.83 6.0	13.84 6.0	13.754 0	934.0 0	965.0 0	1.110.0 0	833.0 0	635.0 0	442.0 0	490.0 0	480.0 0	539.0 0	598.0 0	596.0 0	594.3 0	594.0 0	596.0 0	594.0 0	596.0 0	604.0 0	600.0 0	600.0 0	600.0 0	602.0 0	605.0 0	603.0 0	1.012.0 0
	Papa	250.0 47.08	283.0 47.62	283.0 50.95	289.0 50.13	293.0 55.94	300.0 55.49	301.0 61.93	302.0 57.160	232.0 57.584	187.0 54.504	202.0 58.505	196.0 60.140	135.0 63.205	155.0 63.500	170.0 65.000	190.0 63.000	107.5 60.000	25.0 55.423	40.0 61.400	103.3 56.764	230.0 62.359	320.0 62.500	237.0 70.000	240.0 70.000	242.0 70.088	250.0 71.000	260.0 72.000	266.0 73.000	270.0 72.801	277.0 72.805	285.0 72.820	773.0 21.991
	Poroto	47.08 2.0	47.62 1.0	50.95 8.0	50.13 2.0	55.94 8.0	55.49 9.0	61.93 0.0	57.160 0.0	57.584 0	54.504 0	58.505 0	60.140 0	63.205 0	63.500 0	65.000 0	63.000 0	60.000 0	55.423 6	61.400 0	56.764 8	62.359 3	62.500 0	70.000 0	70.000 0	70.088 0	71.000 0	72.000 0	73.000 0	72.801 0	72.805 0	72.820 0	21.991 0
	Sésamo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.479 0	26.471 0	24.263 0	40.000 0	68.000 0	56.000 0	50.000 0	69.857 0	100.00 0.0	69.184 9	83.304 0	85.000 0	50.000 0	60.000 0	63.000 0	55.000 0	55.000 0	30.000 0	40.000 0	55.000 0	53.000 0	48.640 0
	Soja	552.6 58.0	594.7 20.0	634.9 93.0	694.1 17.0	735.5 03.0	833.0 05.0	939.6 52.0	1.086.0 43.0	1.165.7 48.0	1.176.4 60.0	1.350.0 00.0	1.282.8 55.0	1.474.1 48.0	1.870.0 00.0	1.970.0 00.0	2.200.0 00.0	2.400.0 00.0	2.463.5 11.0	2.570.0 00.0	2.671.0 58.6	2.805.4 66.6	2.920.0 00.0	3.080.8 41.0	3.500.0 00.0	3.540.0 00.0	3.370.0 00.0	3.380.0 00.0	3.510.0 00.0	3.565.0 00.0	3.631.0 00.0	3.640.0 00.0	3.062.0 86.0
	Sorgo	10.00 7.0	17.77 0.0	14.17 6.0	17.09 1.0	17.47 4.0	15.52 6.0	15.98 2.0	14.342 0	16.189 0	26.222 0	30.332 0	33.062 0	23.356 0	7.935.0 0	8.350.0 0	11.120 0	11.020 0	10.920 0	10.970 0	24.988 4	24.988 0	25.000 0	24.988 0	25.000 0	31.060 0	30.999 6	31.000 0	31.000 0	31.040 0	31.025 0	31.015 0	10.477 0
	Tabaco	4.360 0	4.424 0	4.524 0	4.536 0	4.519 0	4.990 0	7.825 0	7.800 0	6.911 0	3.235.0 0	6.983.0 0	5.347.0 0	6.894.0 0	8.268.0 0	7.799.0 0	8.000.0 0	8.000.0 0	2.220.0 0	3.250.0 0	2.953.1 0	3.000.0 0	3.000.0 0	2.500.0 0	2.600.0 0	3.055.0 0	3.100.1 0	3.200.0 0	3.250.0 0	3.500.0 0	3.572.0 0	3.575.0 0	992.0 0
	Tartago	11.30 0.0	12.00 0.0	11.62 6.0	11.94 8.0	12.00 3.0	11.12 4.0	11.23 7.0	11.440 0	10.654 0	9.847.0 0	9.000.0 0	8.760.0 0	8.019.0 0	8.000.0 0	8.000.0 0	7.000.0 0	6.500.0 0	4.828.2 0	5.000.0 0	4.985.9 0	4.999.9 0	5.500.0 0	5.500.0 0	5.500.0 0	5.500.0 0	5.500.0 0	5.500.0 0	5.320.0 0	5.336.0 0	5.334.0 0	492.0 0	
	Tomate	1.029 0	1.045 0	1.075 0	1.081 0	1.141 0	1.156 0	1.160 0	1.650.0 0	1.716.0 0	1.803.0 0	1.634.0 0	1.699.0 0	2.093.0 0	2.268.0 0	2.400.0 0	2.620.0 0	1.913.0 0	1.206.0 0	1.257.0 0	1.729.9 0	1.282.0 8.0	1.328.0 0	1.324.0 0									

Anexo V.IV.IV.iii

Sector UTCUTS: Superficie de cultivos anuales con sistema de siembra directa (%)

Año	% de superficies con sistema de siembra directa				
	Soja	Girasol	Trigo	Maíz	Canola
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	1,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1992	1,7	100,0	100,0	100,0	100,0
1993	5,1	100,0	100,0	100,0	100,0
1994	9,5	100,0	100,0	100,0	100,0
1995	18,2	100,0	100,0	100,0	100,0
1996	32,3	100,0	100,0	100,0	100,0
1997	38,1	100,0	100,0	100,0	100,0
1998	43,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1999	62,5	100,0	100,0	100,0	100,0
2000	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0
2001	75,5	100,0	100,0	100,0	100,0
2002	79,6	100,0	100,0	100,0	100,0
2003	80,6	100,0	100,0	100,0	100,0
2004	82,6	100,0	100,0	100,0	100,0
2005	82,1	100,0	100,0	100,0	100,0
2006	85,3	100,0	100,0	100,0	100,0
2007	84,4	100,0	100,0	100,0	100,0
2008	98,3	100,0	100,0	100,0	100,0
2009	93,1	100,0	100,0	100,0	100,0
2010	89,5	100,0	100,0	100,0	100,0
2011	83,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2012	76,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2013	70,3	100,0	100,0	100,0	100,0
2014	73,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2015	75,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2016	80,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2017	83,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2018	85,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2019	88,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2020	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2021	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Instituto Forestal Nacional (INFONA), con base en los datos de CAPECO.

Anexo VI: Tablas comunes para la presentación de la información (CRT)

Paraguay presenta las CRT como archivo adjunto y se encuentran en el portal de la Convención Marco de Naciones Unidas (CMNUCC) en el siguiente vínculo: <https://unfccc.int/first-biennial-transparency-reports>

REFERENCIAS

Banco Central del Paraguay (BCP). (2024). Estadísticas económicas: anexo estadístico del informe económico (en línea). Asunción, PY. Disponible en <https://www.bcp.gov.py/anexo-estadistico-del-informe-economico-i365>

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2008). Informe diagnóstico Paraguay: herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural (en línea). Fondo Fiduciario Austriaco para la Cooperación Técnica. Mautner Markhof Consulting Keg. 143 p. Disponible en <http://www.silvapar.com/politica-forestal/1.%20Forestal%20general/6.%20BID%20-%20Estudio%20Combustible%20LE%20C3%91A%202008.pdf>

Capacity Building Initiative for Transparency - Global Support Programme (CBIT-GSP), Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI). (2024). Plantilla de CBIT-GSP para el Documento del Inventario Nacional. Paulo Cornejo, CBIT-GSP para América Latina y el Caribe Hispanohablante, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), UNEP Copenhagen Climate Centre (UNEP-CCC), GEF.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2023). Anuarios estadísticos del Paraguay 2000-2021 (en línea). Asunción, PY. Disponible en <https://www.ine.gov.py/publicacion/16/anuario>

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (1995). Requerimientos futuros de fuentes no convencionales de energía en América Latina (en línea). PNUD. 305 p. Disponible en <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0242.pdf>

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2017). Manual estadístico energética 2017 2da edición (en línea). BID. 164 p. Disponible en <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0380.pdf>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2024). Ver. 2.93 IPCC Inventory Software 64bit (actualizado el 14 de agosto del 2024) (en línea). Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/software/index.html>

Petróleos Paraguayos (PETROPAR). (2020). Informe de gestión 2020 Petróleos Paraguayos (en línea). Asunción, PY. 108 p. Disponible en <https://www.petropar.gov.py/wp-content/uploads/2021/12/Informe-Petropar2020-para-web-comprimido.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2018). Cuarto Entregable Informe de Avance de la consultoría para la elaboración de una Prospectiva Energética de la República del Paraguay 2018-2050. Victorio Oxilia. Asunción, PY.

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2024). Informe y resumen estadístico: Balance energético nacional 2009-2022 en términos de energía final (en línea). Asunción, PY. Disponible en <https://minasyenergia.mopc.gov.py/>

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2021). Reseña energética: oferta de energía (en línea). Asunción, PY. Disponible en

https://minasyenergia.mopc.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1213&Itemid=598&limitstart=2

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2024). Sistema de información energética nacional (SIEN): balance energético nacional 1990-2019 (en línea). Asunción, PY. Disponible en https://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1405

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2024). Sistema de información energética del Paraguay (siePARAGUAY): balance energético nacional 2020-2021 (en línea). Asunción, PY. Disponible en <https://sieparaguay.olade.org/>

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2018). Justificaciones de las variaciones de datos para la elaboración del inventario nacional de gases de efecto invernadero. Asunción, PY.

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2021). Refinación (en línea). Asunción, PY. Disponible en <https://minasyenergia.mopc.gov.py/>

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2014). Balance Nacional en Energía Útil 2011. Itaipu Binacional, Universidad Corporativa Itaipu (UCI), FPTI Paraguay, Instituto de Comunicación y Arte (ICA), Fundación Bariloche. Asunción, PY.

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC). (2015). Balance Nacional en Energía Útil 2013: elaboración de la prospectiva energética de la república del Paraguay 2013-2040. Itaipu Binacional, Fundación Parque Tecnológico Itaipú. Asunción, PY.

Viceministerio de Minas y Energía del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (VMME/MOPC) y Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). (2018). Desagregación de los consumos de energía del sector residencial y comercial, año 2016. Asunción, PY.

Agencia de Información Paraguaya. (2020). Sector industrial representa el 19% de la economía paraguaya y emplea a más de 384.000 personas. Disponible en <https://www.ip.gov.py/ip/el-sector-industrial-representa-el-19-de-la-economia-paraguaya/>

Arco, C.H. 2020. Consultoría de estudio de datos de actividad y producción en sector cerámica del Paraguay. Asunción, Py. 24 p.

MADES/PNUD/FMAM.2023. Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay a la CMNUCC. Proyecto CCN e IBA3. Asunción, Py. 511 p.

Wiens, F. 1992. Datos estadísticos de la producción mineral en el Paraguay. Cooperación Técnica No. Proyecto 88.2202.5. Disponible en <https://www.geologiadelparaguay.com.py/Datos-Estadisticos-Minerales-Paraguay.pdf>

Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). 2010. Arroz: negocio creciente. Programa Paraguay Vende. 58 pág. Disponible en: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/2022-05/arroz.pdf>

BCP (Banco Central del Paraguay). 2020. Indicador Mensual de la Actividad Económica del Paraguay – IMAEP. Asunción, Paraguay. Disponible en: https://repositorio.bcp.gov.py/bitstream/handle/123456789/341/IMAE_JUL20.pdf?sequence=2&isAllowed=y

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2022. Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/7062f9f7-72e6-43dc-8588-b5b2766c0c10/content>

Clauss M, Hume ID, Hummel J. Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. *animal*. 2010; 4 (7): 979-992. [doi:10.1017/S1751731110000388](https://doi.org/10.1017/S1751731110000388).
Department for Energy Security and Net Zero and Department for Business, Energy & Industrial Strategy. Guidance: An introduction to the UK's greenhouse gas inventory. 2014. 43p. Available from: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7e013a40f0b62305b802ec/IntroToTheGHGI_2014_Final.pdf

Dirección Nacional de Cambio Climático. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). Reportes nacionales. Disponible en: <http://dncc.mades.gov.py/reportes-nacionales>

Google Earth Engine. 2022. Earth map. Available from: <https://earthmap.org/>

ETF Reporting Tools. Available from: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review/transparency-data-and-tools/etf-reporting-tools>

FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2. Decision 18/CMA.1 Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement. Available from: <https://unfccc.int/resource/tet/0/00mpg.pdf>

FCCC/PA/CMA/2021/10/Add.2. Decision 5/CMA.3 Guidance for operationalizing the modalities, procedures and guidelines for the enhanced transparency framework referred to in Article 13 of the Paris Agreement. Available from: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/CMA2021_L10a2E.pdf

Franz, R.; C. Soliva; M. Kreuzer; P. Steuer; J. Hummel and M. Clauss. Methane production in relation to body mass of ruminants and equids. *Evolutionary Ecology Research*, 2010, 12: 727–738. Available from: <https://www.evolutionary-ecology.com/issues/v12/n06/ddar2569.pdf>

ICEX (España, Exportaciones e Inversiones).2023. Ficha: fertilizantes en Paraguay. Oficina de la Embajada Española en Paraguay. 8 pág. Disponible en:

https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/010/documentos/2024/04/anexos/FS_Fertilizantes%20en%20Paraguay%202024_REV.pdf

INFONA (Instituto Forestal Nacional). 2022. Sistema de Monitoreo de Incendios Forestales. Disponible en: <https://infona.gov.py/sistema-de-monitoreo-de-incendios-forestales-el-conjunto-de-herramientas-para-la-prevencion-y-deteccion-temprana-de-incendios-forestales/>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1995: Climate Change 1995-Impacts, Adaptations and Mitigations of Climate Change: Scientific-Technical Analyses: The Second Assessment Report of the Inter-Governmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, USA.

IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Hayama, Japan. Available from: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

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. Geneva, Switzerland, 151 pp. Available from: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 1 and 4. Geneva, Switzerland. Available from: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

International Rice Research Institute (IRRI). 2020. CGIAR Research Program on Rice Agri-Food Systems (RICE CRP). Sector GHG calculator for rice cropland. Available from: [SectorR](#)

Johnson, K. and D. Johnson, Methane emissions from cattle, *Journal of Animal Science*, Volume 73, Issue 8, August 1995, Pages 2483–2492, <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>

Ley N° 4.014/2018: Prevención y control de incendios. Disponible en: https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/07/ley_4014_incendios.pdf

Ley N° 6.818/2021: Manejo integral del fuego. Disponible en: <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/9751/ley-n-6818-manejo-integral-del-fuego>

MADES-DNCC/PNUD-FMAM. 2021. Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC. Proyecto IBA3. Asunción, Py. 452 pág. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/IBA3_MADES_pliegos.pdf

MADES/PNUD/FMAM.2023. Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay a la CMNUCC. Proyecto CCN e IBA3. Asunción, Py. 511 pág. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Cuarta%20Comunicaci%C3%B3n%20Nacional%20de%20Paraguay_UNFCCC%5B1%5D.pdf

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). 2018. Sistema Español de Inventario de Emisiones Metodologías de estimación de emisiones. Madrid, España. 7 pág. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion->

[ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/100101-6-emisiones-fertilizacion-urea_tcm30-481947.pdf](https://www.geologiadelparaguay.com.py/Tesis-Ariel-Peralta.pdf)

Peralta, G. 2019. Efecto de diferentes dosis de material calcáreo sobre el pH y acidez intercambiable en suelos ácidos de textura arcillosa y arenosa en los distritos de Hernandarias y Nueva Italia. Tesis de grado: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), Universidad Nacional de Asunción (UNA). Disponible en: <https://www.geologiadelparaguay.com.py/Tesis-Ariel-Peralta.pdf>

Zava, M. The buffalo in Southern South America. Italian Journal of Animal Science, volume 6 (2), 172-178 pp. Available from: [10.4081/ijas.2007.s2.172](https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.172)

Baumann, M., Israel, C., Piquer-Rodríguez, M., Gavier-Pizarro, G., Volante, J. N., & Kuemmerle, T. (2017). Deforestation and cattle expansion in the Paraguayan Chaco 1987–2012. Regional Environmental Change, 17(4), 1179–1191. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1109-5>

Caldas, M. M., Goodin, D., Sherwood, S., Campos Krauer, J. M., & Wisely, S. M. (2013). Land-cover change in the Paraguayan Chaco: 2000–2011. Journal of Land Use Science, 8(3), 185–207. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2013.807314>

Huang, C., Kim, S., Song, K., Townshend, J. R. G., Davis, P., Altstatt, A., Rodas, O., Yanosky, A., Clay, R., & Musinsky, J. (2009). Assessment of Paraguay's forest cover change using Landsat observations. Global and Planetary Change, 67(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.12.009>

DNCC/MADES; VMG y DGP/MAG e INFONA. (2022). Propuesta de Ganadería Paraguaya Sostenible. Asunción, Paraguay. 209p.

Instituto Forestal Nacional (INFONA). 2023. Reporte Nacional de Cobertura forestal y cambios de uso de la tierra 2020-2022. 62 p.

Instituto Forestal Nacional (INFONA). 2023. Reporte de zonas de cultivo de soja año 2022 en la Región Oriental de Paraguay. 28p.

IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston, H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Disponible en <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

PCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

Sato, T; Saito, M; Ramírez, D; Pérez de Molas, L; Toriyama, J; Monda, Y; Kiyono, Y; Herebia, E; Dubie, N; Duré, E; Ramirez, J; Vera, M. 2015. Development of Allometric Equations for Tree Biomass in Forest Ecosystems in Paraguay. Japan Agricultural Research Quarterly: 49(3) 281 - 291.

VMME - Viceministerio de Minas y Energía, Dirección de Energías Alternativas. (2019). Producción y consumo de biomasa forestal con fines energéticos en el Paraguay. San Lorenzo, Paraguay: Banco Interamericano de Desarrollo.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston, H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2024. IPCC Inventory Software – version 2.93. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/software/index.html>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). IPCC, Switzerland. Disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

MADES/PNUD/FMAM.2023. Cuarta Comunicación Nacional de Paraguay a la CMNUCC. Proyecto CCN e IBA3. Asunción, Py. 511 p.

MADES-DNCC/PNUD-FMAM. 2021. Tercer Informe Bienal de Actualización sobre Cambio Climático ante la CMNUCC. Proyecto IBA3. Asunción, Py. 452 p.

MUNICIPALIDAD DE ASUNCIÓN / MADES / PNUD / FMAM. 2022. “Clasificando los residuos de Asunción - Actualización del estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Asunción”. 248 pp.

INE. 2021. Anuarios estadísticos del Paraguay (en línea). Disponible en <https://www.ine.gov.py/publicacion/16/anuario>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2024. FAOSTAT Data. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/en/#data>

US-EPA. 2023. Kit de herramientas para crear sistemas nacionales de inventario de GEI. Disponible en: <https://www.epa.gov/ghgemissions/toolkit-building-national-ghg-inventory-systems>

EMEP/EEA. 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019: Technical guidance to prepare national emission inventories (en línea). EEA Report No 13/2019. Disponible en <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>

