

DOCUMENTO DEL INVENTARIO NACIONAL (DIN) DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL AÑO 2022 DEL ECUADOR¹

¹ El documento ha sido elaborado en función de la Plantilla para el Documento Del Inventario Nacional de la Iniciativa de Creación de Capacidad para la Transparencia - Programa de Apoyo Mundial (CBIT-GSP), financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y ejecutado por el Centro sobre el Clima de Copenhague del PNUMA (PNUMA-CCC) CBIT-GSP.

Versión editable 1.0 de octubre de 2024

La plantilla de este documento puede ser descargado en <https://climate-transparency-platform.org/>

CRÉDITOS Y AUTORES DEL DIN

Contacto del Inventario nacional de GEI de Ecuador

Nombre: Leonardo Jaramillo
Cargo: Director de Mitigación del Cambio Climático
Unidad: Dirección de Mitigación del Cambio Climático
Organización: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
Dirección: Madrid 11-59 y Andalucía, Quito – Ecuador
Teléfono: +593 2 398 7600 ext 1303
Correo: alexander.jaramillo@ambiente.gob.ec
Sitio web: <https://www.ambiente.gob.ec/>

Elaboración:

Proyecto Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Coordinación:

Gabriela Vargas Luna

Especialista del sector Energía e IPPU:

Byron Guamán Guamantica

Especialista del sector Agricultura:

Roberto Lucero Romero

Especialista del sector UTCUTS:

Verónica del Cisne Barragán Cuenca

Especialista del sector Residuos:

Vicente Fabián Moncayo Pérez

Subsecretaría de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)

Ejecución financiera

Proyecto financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura como ejecutor administrativo.

Examen Técnico del NID de Ecuador (agosto – septiembre 2024)

Apoyo experto para la coordinación del aseguramiento de la calidad del NIR:
Paulo Cornejo (CBIT-GSP)

Apoyo experto para el aseguramiento de la calidad del sector Energía:
Fernando Farías (UNEP-CCC)

Apoyo experto para el aseguramiento de la calidad del sector IPPU:
Laura Davidowski (Argentina)

Apoyo experto para el aseguramiento de la calidad del sector Agricultura:
Marta Alfaro (Chile)

Apoyo experto para el aseguramiento de la calidad del sector UTCUTS:
Yasna Rojas (Chile)

Apoyo experto para el aseguramiento de la calidad del sector Residuos:
Guadalupe Martínez (Uruguay)

Cita sugerida para el DIN de Ecuador

Título

Documento del Inventario Nacional (DIN) de Gases de Efecto Invernadero del año 2022 del Ecuador, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), 2024.

Autor:

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)

Documento publicado en diciembre 2024.

Se autoriza la reproducción y difusión del material contenido en este documento para fines educativo u otros fines no comerciales sin previa autorización, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial del documento con fines comerciales.

CONTENIDOS

CRÉDITOS Y AUTORES DEL DIN.....	2
ACRÓNIMOS Y SIGLAS DEL NID	26
1 CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL.....	28
1.1 Información general sobre inventarios de GEI y el cambio climático ..	28
1.1.1 Cambio climático	28
1.1.2 Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.....	28
1.2 Descripción de las circunstancias nacionales y arreglos institucionales ..	30
1.2.1 Proceso de elaboración del inventario	32
1.2.2 Gestión de la información.....	37
1.2.3 Proceso para el examen y la aprobación oficial del inventario	38
1.3 Descripción de las metodologías, métodos y fuentes de información	38
1.4 Descripción de las categorías principales.....	42
1.5 Descripción del plan de AC/CC y su aplicación.....	46
1.6 Evaluación general de la incertidumbre	47
1.7 Evaluación general de la exhaustividad	48
1.7.1 Información sobre la exhaustividad	49
1.7.2 Descripción de las categorías insignificantes.....	49
1.8 Sistemas de medición.....	49
1.9 Resumen de la flexibilidad aplicada.....	50
2 TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	51
2.1 Descripción de la tendencia agregada de las emisiones y absorciones de GEI	51
2.2 Emisión nacional de GEI por tipo de gas.....	52
2.2.1 Dióxido de Carbono (CO ₂)	52
2.2.2 Metano (CH ₄)	53
2.2.3 Óxido Nitroso (N ₂ O)	53
2.2.4 Hidrofluorocarbonos (HFC).....	54
2.3 Descripción de la tendencia de las emisiones y absorciones por sector y gas	58
2.3.1 Descripción de la tendencia por sector	58
2.3.2 Descripción de la tendencia por gas de efecto invernadero	60

3	ENERGÍA (1)	62
3.1	Panorama general del sector	62
3.1.1	Descripción del sector	62
3.1.2	Tendencia de los GEI del sector	63
3.1.3	Aspectos metodológicos generales del sector	69
3.2	Actividades de quema de combustibles (1A)	70
3.2.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	70
3.2.2	Aspectos metodológicos de la categoría	71
3.2.3	Comparación del método sectorial con el método de referencia...	78
3.2.4	Combustibles internacionales	81
3.2.5	Materias primas y uso no energético de los combustibles	84
3.2.6	Industrias de la energía	84
3.2.7	Industrias manufactureras y de la construcción (CRT 1.A.2)	91
3.2.8	Transporte	99
3.2.9	Otros sectores	107
3.2.10	Otro (no especificados en otra parte)	114
3.3	Emisiones fugitivas de combustibles (1B)	121
3.3.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	121
3.3.2	Combustibles sólidos	121
3.3.3	Petróleo y gas natural	121
3.4	Transporte y almacenamiento de CO ₂	128
3.4.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría	128
4	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (2)	130
4.1	Panorama general del sector	130
4.1.1	Descripción del sector	130
4.1.2	Categorías Principales del Sector IPPU en Ecuador	130
4.1.3	Exhaustividad y Relevancia Nacional del Inventario IPPU en Ecuador	130
4.1.4	Tendencia de los GEI del sector	131
4.1.5	Aspectos metodológicos generales del sector	139
4.2	Industria de los minerales (CRT 2A)	141
4.2.1	Producción de cemento (2A1)	141
4.2.2	Producción de Cal (2A2)	151

4.2.3	Producción de vidrio (2A3)	157
4.2.4	Otros usos de los carbonatos (2A4)	162
4.3	Industria química (2B)	166
4.3.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	166
4.4	Industria de los metales (2C)	167
4.4.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	167
4.4.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	168
4.5	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (2.D) .	174
4.5.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	174
4.5.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	176
4.6	Uso de productos sustitutos de las SAO (2F)	182
4.6.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	182
4.6.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	185
4.6.3	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	189
4.6.4	AC/CC de la categoría.....	192
4.6.5	Nuevos cálculos de la categoría	193
4.6.6	Mejoras planificadas para la categoría	193
5	AGRICULTURA (3).....	195
5.1	Panorama general del sector	195
5.1.1	Descripción del sector	195
5.1.2	Tendencia de los GEI del sector	196
5.1.3	Aspectos metodológicos generales del sector.....	200
5.2	Fermentación entérica (3A).....	201
5.2.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	201
5.2.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	203
5.2.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	209
5.2.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	209
5.2.5	AC/CC de la categoría.....	209
5.2.6	Nuevos cálculos de la categoría	211
5.2.7	Mejoras planificadas para la categoría	212
5.3	Gestión del estiércol (3B)	212
5.3.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	212

5.3.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	214
5.3.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	218
5.3.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	219
5.3.5	AC/CC de la categoría.....	219
5.3.6	Nuevos cálculos de la categoría	220
5.3.7	Mejoras planificadas para la categoría	221
5.4	Cultivo del arroz (3C)	222
5.4.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	222
5.4.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	224
5.4.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	227
5.4.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	228
5.4.5	AC/CC de la categoría.....	228
5.4.6	Nuevos cálculos de la categoría	229
5.4.7	Mejoras planificadas para la categoría	230
5.5	Suelos agrícolas (3D)	231
5.5.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	231
5.5.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	232
5.5.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	237
5.5.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	237
5.5.5	AC/CC de la categoría.....	238
5.5.6	Nuevos cálculos de la categoría	239
5.5.7	Mejoras planificadas para la categoría	240
5.6	Quema prescrita de sabanas (3E).....	240
5.6.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	240
5.7	Quema de residuos agrícola en el campo (CRT 3.F).....	241
5.7.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	241
5.7.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	242
5.7.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	244
5.7.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	244
5.7.5	AC/CC de la categoría.....	245
5.7.6	Nuevos cálculos de la categoría	245

5.7.7	Mejoras planificadas para la categoría	246
5.8	Encalado (3G)	246
5.8.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	246
5.8.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	248
5.8.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	250
5.8.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	251
5.8.5	AC/CC de la categoría.....	251
5.8.6	Nuevos cálculos de la categoría	252
5.8.7	Mejoras planificadas para la categoría	252
5.9	Aplicación de urea (3H)	252
5.9.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	252
5.9.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	253
5.9.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	255
5.9.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría	255
5.9.5	AC/CC de la categoría.....	255
5.9.6	Nuevos cálculos de la categoría	256
5.9.7	Mejoras planificadas para la categoría	256
6	USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (4)	257
6.1	Panorama general del sector	257
6.1.1	Enfoques de las Directrices del IPCC 2006.....	259
6.1.2	Implementación del Método 3 en Ecuador	259
6.1.3	Descripción del sector	260
6.1.4	Tendencia de los GEI del sector	262
6.1.5	Aspectos metodológicos generales del sector.....	271
6.2	Definiciones de uso de la tierra	272
6.3	Métodos específicos del país.....	274
6.3.1	Métodos utilizados para la representación de las tierras	274
6.4	Tierras forestales (4A).....	275
6.4.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	275
6.4.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	279
6.4.3	Datos de actividad específicos de la categoría	283
6.4.4	Factores de emisión aplicados en la categoría	284

6.4.5	Incertidumbre específica de la categoría	285
6.4.6	Consistencia de la serie temporal de la categoría	286
6.4.7	AC/CC de la subcategoría.....	286
6.4.8	Plan de mejoras específico de la categoría	287
6.5	Tierras de cultivo (4B)	292
6.5.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	292
6.5.2	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	293
6.5.3	Datos de actividad específicos de la categoría	294
6.5.4	Factores de emisión aplicados en la categoría	295
6.5.5	Incertidumbre específica de la categoría	295
6.5.6	Consistencia de la serie temporal de la categoría	296
6.5.7	AC/CC de la subcategoría.....	296
6.5.8	Plan de mejoras específico de la categoría	296
6.6	Pastizales (4C).....	297
6.6.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	297
6.6.2	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	299
6.6.3	Datos de actividad específicos de la categoría	300
6.6.4	Factores de emisión aplicados en la categoría	301
6.6.5	Incertidumbre específica de la categoría	301
6.6.6	Consistencia de la serie temporal de la categoría	302
6.6.7	AC/CC de la subcategoría.....	302
6.6.8	Plan de mejoramiento específico de la categoría.....	303
6.7	Humedales (4D).....	304
6.7.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	304
6.7.2	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	305
6.7.3	Datos de actividad específica de la categoría	306
6.7.4	Factores de emisión aplicados en la categoría	307
6.7.5	Incertidumbre específica de la categoría	307
6.7.6	Consistencia de la serie temporal de la categoría	308
6.7.7	AC/CC de la subcategoría.....	308
6.7.8	Plan De mejora específico de la categoría	308
6.8	Asentamientos (4E)	309
6.8.1	Descripción y tendencia de los GEI en la categoría	309
6.8.2	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	310

6.8.3	Datos de actividad específicos de la categoría	311
6.8.4	Factores de emisión aplicados en la categoría	312
6.8.5	Incertidumbre específica de la categoría	313
6.8.6	Consistencia de la serie temporal del a categoría	313
6.8.7	AC/CC de la subcategoría.....	314
6.9	Otras tierras (4F)	314
6.9.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	314
6.9.2	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	315
6.9.3	Datos de actividad específicos de la categoría	316
6.9.4	Factores de emisión aplicados en la categoría	316
6.9.5	Incertidumbre de la categoría	317
6.9.6	Consistencia de la serie temporal de la categoría	317
6.9.7	AC/CC de la subcategoría.....	318
6.9.8	Plan de mejoras de la categoría.....	318
6.10	Quema de biomasa (4(IV))	319
6.10.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	319
6.10.2	Aspectos metodológicos específicos de la categoría.....	320
6.10.3	Datos de actividad específicos de la categoría	321
6.10.4	Factores de emisión aplicados en la categoría	321
6.10.5	Incertidumbre específica de la categoría	322
6.10.6	Consistencia de la serie temporal de la categoría	322
6.10.7	AC/CC de la subcategoría.....	323
6.10.8	Plan de mejoras específicos de la categoría.....	323
7	RESIDUOS (5)	323
7.1	Panorama general del sector.....	323
7.1.1	Descripción del sector	324
7.1.2	Análisis de tendencias del sector	328
7.1.3	Aspectos metodológicos generales del sector.....	330
7.2	Disposición de residuos sólidos (5A).....	333
7.2.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	333
7.2.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	336
7.2.3	Datos de Actividad de la categoría	337
7.2.4	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	348

7.2.5	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	348
7.2.6	AC/CC de la categoría.....	349
7.2.7	Nuevos cálculos de la categoría	351
7.2.8	Mejoras planificadas para la categoría	352
7.3	Tratamiento biológico de residuos sólidos (CRT 5.B)	352
7.3.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	352
7.3.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	354
7.3.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	357
7.3.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	357
7.3.5	AC/CC de la categoría.....	358
7.3.6	Nuevos cálculos de la categoría	359
7.3.7	Mejoras planificadas para la categoría	360
7.4	Incineración y quema abierta de residuos (CRT 5.C)	361
7.4.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	361
7.4.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	363
7.4.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	366
7.4.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	367
7.4.5	AC/CC de la categoría.....	368
7.4.6	Nuevos cálculos de la categoría	369
7.4.7	Mejoras planificadas para la categoría	369
7.5	Tratamiento y descarga de aguas residuales (5D)	370
7.5.1	Descripción y tendencia de los GEI de la categoría.....	370
7.5.2	Aspectos metodológicos de la categoría.....	372
7.5.3	Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría..	380
7.5.4	Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ...	380
7.5.5	AC/CC de la categoría.....	381
7.5.6	Nuevos cálculos de la categoría	383
7.5.7	Mejoras planificadas para la categoría	383
8	ANEXOS DEL DOCUMENTO DEL INVENTARIO NACIONAL.....	384
9	REFERENCIAS.....	409

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inventarios Nacionales de GEI de Ecuador presentados ante la CMNUCC.....	29
Tabla 2. Actores vinculados en el desarrollo del INGEI.....	31
Tabla 3. Principales proveedores de información por sector.....	35
Tabla 4. Potenciales de calentamiento global usados en el INGEI del Ecuador.	39
Tabla 5. Resumen de las categorías principales identificadas en el INGEI 2022 del Ecuador de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia.....	43
Tabla 6. Resultados generales del análisis de incertidumbre del inventario – tabla resumen.....	48
Tabla 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.....	50
Tabla 8. Resumen del inventario nacional de GEI 2022, por sectores y categorías (kt CO ₂ eq).....	55
Tabla 9. Análisis de Tendencia de Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 incluyendo sector UTCUTS kt CO ₂ -eq.....	58
Tabla 10. Análisis de Tendencia de Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 excluyendo sector UTCUTS.	59
Tabla 11. Inventario de Ecuador: emisiones y absorciones por cada GEI (kt CO ₂ -eq)	61
Tabla 12. Resumen de las categorías de GEI estimadas en Ecuador al 2022	63
Tabla 13. Sector Energía: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2022.	64
Tabla 14. Sector Energía: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022.....	67
Tabla 15. Sector Energía: emisiones por cada GEI (kt CO ₂ eq) serie 1994-2022.	68
Tabla 16. Sector Energía: emisiones por cada precursor (kt) serie 1994-2022.....	69
Tabla 17. Métodos utilizados para la estimación de GEI en el sector Energía ...	69
Tabla 18. Categoría Quema de Combustibles: comparación categorías IPCC-BEN.....	70
Tabla 19. Quema de Combustible: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ eq) serie 1994 - 2022.....	71
Tabla 20. Sector Energía: Factores de conversión BEN-Ecuador	72
Tabla 21. Sector Energía: Comparación valores calóricos OLADE-IPCC	73
Tabla 22. Comparación entre métodos: emisiones de CO ₂ del método sectorial y de referencia (kt CO ₂), serie 1994-2022	79
Tabla 23. Consumo aparente por tipo de combustible	81
Tabla 24. Método de Referencia: factores de emisión aplicados	81
Tabla 25. Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO ₂ eq)	82

Tabla 26. Combustibles internacionales: datos de actividad por combustible o fuente de GEI [TJ]	83
Tabla 27. Combustibles internacionales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	84
Tabla 28. Subcategoría Industrias de la Energía: Definiciones comparadas con el equivalente nacional.....	84
Tabla 29, Subcategoría Industrias de la Energía: total de GEI por fuente de GEI (kt CO ₂ eq).....	85
Tabla 30. Subcategoría Industrias de la energía: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI.....	86
Tabla 31. Subcategoría Industrias de la Energía: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)	87
Tabla 32. Subcategoría Industria de la Energía: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	88
Tabla 33. Subcategoría Industrias de la Energía: incertidumbre combinada por fuente	88
Tabla 34. Categoría Industrias de la Energía: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	91
Tabla 35. Subcategoría Industrias de la Energía: Definiciones comparadas con el equivalente nacional.....	91
Tabla 36. Subcategoría Industrias Manufacturaras y de la Construcción: total de GEI por combustible (kt CO ₂ eq)	92
Tabla 37. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI	93
Tabla 38. Segmentos de la subcategoría 1.A.2 Industrias de la Manufactura y construcción que utilizan notación IE.....	93
Tabla 39. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)	94
Tabla 40. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	95
Tabla 41. Subcategoría Industrias de la Manufactura y la Construcción: incertidumbre combinada por fuente	96
Tabla 42. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq).....	98
Tabla 43. Subcategoría Transporte: Definiciones comparadas con el equivalente nacional	99
Tabla 44. Subcategoría Transporte: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq)	100
Tabla 45. Subcategoría Transporte: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI	100
Tabla 46. Segmentos de la subcategoría 1.A.3 Transporte que utilizan notación IE.....	101
Tabla 47. Subcategoría Transporte: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)	103
Tabla 48. Subcategoría Transporte: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	103

Tabla 49. Subcategoría Transporte: incertidumbre combinada por fuente.....	104
Tabla 50. Subcategoría Transporte: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	107
Tabla 51. Subcategoría Otros Sectores: Definiciones comparadas con el equivalente nacional.....	108
Tabla 52. Subcategoría Otros Sectores: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq) ...	108
Tabla 53. Subcategoría Otros Sectores: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI	109
Tabla 54. [Subcategoría Otros Sectores]: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)	110
Tabla 55. Subcategoría Otros Sectores: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	110
Tabla 56. Subcategoría Industrias de la Manufactura y la Construcción: incertidumbre combinada por fuente	111
Tabla 57. Subcategoría Otros Sectores: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	114
Tabla 58. Subcategoría Otros Sectores: Definiciones comparadas con el equivalente nacional.....	115
Tabla 59. Subcategoría No Especificados: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq)	115
Tabla 60. Subcategoría Otros Sectores: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI	116
Tabla 61. Segmentos de la subcategoría 1.A.5 No Especificado que utilizan notación IE.....	116
Tabla 62. Subcategoría “No especificado”: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ).....	117
Tabla 63. Subcategoría No Especificado: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	118
Tabla 64. Subcategoría Otros Sectores: incertidumbre combinada por fuente	119
Tabla 65. Subcategoría Emisiones fugitivas de Petróleo y Gas Natural: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq)	122
Tabla 66. Subcategoría Petróleo y Gas Natural: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI.....	122
Tabla 67. Subcategoría Petróleo y Gas Natural: datos de actividad	123
Tabla 68. Subcategoría Emisiones de Petróleo y Gas: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	124
Tabla 69. Subcategoría Petróleo y Gas Natural: incertidumbre combinada por fuente	125
Tabla 70. Subcategoría Emisiones Fugitivas de Petróleo y Gas Natural: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq).....	128
Tabla 71. Sector IPPU: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2022	134
Tabla 72. Sector IPPU: total de GEI por categoría (kt CO ₂ -eq)	137
Tabla 73. Sector IPPU: emisiones por cada GEI (kt CO ₂ eq)	138

Tabla 74. Sector IPPU: emisiones por sustancia química HFC GEI (TM)	138
Tabla 75. 2A Industria de los Minerales: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq)	143
Tabla 76. Producción de cemento (2A1): Producción nacional de clínker en toneladas, serie 1994-2018.....	146
Tabla 77. Producción de cemento 2A: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	147
Tabla 78. Producción de Cemento (2A1): comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	150
Tabla 79. Subcategoría Producción de cal: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq)	152
Tabla 80. Subcategoría Producción de cal: datos de actividad por Producción nacional de cal viva, cal hidráulica (t), importaciones cal dolomítica para calcinar en toneladas serie 1994-2022	153
Tabla 81. Subcategoría Producción de cal: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	154
Tabla 82. Subcategoría Producción de cal: incertidumbre combinada por fuente	155
Tabla 83. Subcategoría Producción de cal: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	156
Tabla 84. Subcategoría Producción de vidrio: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq)	158
Tabla 85. Subcategoría Producción de vidrio: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022.	158
Tabla 86. Subcategoría Producción de vidrio: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI	158
Tabla 87. Subcategoría Producción de vidrio: datos de actividad por Producción nacional de cal viva, cal hidráulica (t), importaciones cal dolomítica para calcinar en toneladas serie 1994-2022	159
Tabla 88. Subcategoría Producción de vidrio: factores de emisión aplicados por fuente de GEI.....	160
Tabla 89. Subcategoría Producción de vidrio: incertidumbre combinada por fuente	160
Tabla 90. Subcategoría Producción de vidrio: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	161
Tabla 91. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq)	162
Tabla 92. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI	163
Tabla 93. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: datos de actividad por Toneladas.....	164
Tabla 94. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	164
Tabla 95. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: incertidumbre combinada por fuente	165

Tabla 96. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	166
Tabla 97. Industria de los Metales (2C): total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ eq)	167
Tabla 98. Industria de los Metales (2C): síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI	168
Tabla 99. Subcategoría Producción hierro y acero (2C1): datos de actividad por fuente de GEI (Toneladas).....	169
Tabla 100. Subcategoría Producción de hierro y acero: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	169
Tabla 101. Subcategoría Producción de hierro y acero: incertidumbre combinada por fuente	170
Tabla 102. Subcategoría Producción de hierro y acero: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	171
Tabla 103. Subcategoría Producción de plomo (2C1): datos de actividad por fuente de GEI (toneladas)	172
Tabla 104. Subcategoría Producción de plomo: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	172
Tabla 105. Subcategoría Producción de plomo: incertidumbre combinada por fuente	173
Tabla 106. Subcategoría Producción de plomo: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	174
Tabla 107. 2D Uso de Productos no Energéticos de combustibles y de solventes: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ eq)	175
Tabla 108. Subcategoría Uso de Lubricantes: datos de actividad por fuente de GEI (TJ)	177
Tabla 109. Subcategoría Uso de lubricantes (2D1): factores de emisión aplicados por fuente de GEI	178
Tabla 110. Subcategoría Uso de lubricantes (2D1): incertidumbre combinada por fuente	178
Tabla 111. Subcategoría Uso de lubricantes: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	179
Tabla 112. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): datos de actividad por fuente de GEI (TJ)	180
Tabla 113. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): factores de emisión aplicados por fuente de GEI	181
Tabla 114. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): incertidumbre combinada por fuente	181
Tabla 115. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	182
Tabla 116. Uso de productos sustitutos de las SAO (2F): total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq)	184
Tabla 117. Porcentajes atribuidos por tipo de gas y por aplicación para HFC en Ecuador.....	186

Tabla 118. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F): datos de actividad por fuente de GEI (TM) 2010-2022	187
Tabla 119. Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: Metodología y factores – Uso de productos sustitutos de las SAO (2F)	188
Tabla 120. Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	188
Tabla 121. Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: Potenciales de calentamiento global para las diferentes sustancias	189
Tabla 122. Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: Incertidumbre aplicada por cada subcategoría	192
Tabla 123. Sector Agricultura: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para [último año inventariado]	196
Tabla 124. Sector Agricultura: total de GEI por categoría (kt CO ₂ -eq)	198
Tabla 125. Sector Agricultura: emisiones por cada GEI (kt CO ₂ -eq)	200
Tabla 126. Fermentación Entérica: total de GEI por subcategoría animal (kt CO ₂ -eq)	202
Tabla 127. Fermentación Entérica: datos de actividad por fuente de GEI (cabezas de ganado)	205
Tabla 128. Fermentación Entérica: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	207
Tabla 129. Fermentación Entérica: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	212
Tabla 130. Gestión del estiércol: total de GEI por subcategoría animal (kt CO ₂ -eq)	214
Tabla 131. Gestión del estiércol: datos de actividad por fuente de GEI (cabezas de ganado)	216
Tabla 132. Gestión del estiércol: Fracción de estiércol por tipo de manejo y factores de emisión de metano aplicados por fuente de GEI	217
Tabla 133. Gestión del estiércol: factores de emisión de óxido nitroso aplicados por fuente de GEI	218
Tabla 134. Gestión del estiércol: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	221
Tabla 135. Cultivo de Arroz: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq)	223
Tabla 136. Cultivo del arroz: datos de actividad por fuente de GEI (Has)	225
Tabla 137. Cultivo del arroz: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	227
Tabla 138. Cultivo del arroz: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	230
Tabla 139. Suelos Agrícolas: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq)	232
Tabla 140. Suelos Agrícolas: datos de actividad por fuente de GEI (Has y Tons)	235
Tabla 141. Suelos Agrícolas: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	236
Tabla 142. Suelos Agrícolas: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	240

Tabla 143. Quema de residuos agrícolas: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq)	241
Tabla 144. Quema de residuos agrícolas en el campo: datos de actividad por fuente de GEI (Has)	243
Tabla 145. Quema de residuos agrícolas en el campo: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	244
Tabla 146. Quema de residuos agrícolas en el campo: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	246
Tabla 147. Encalado: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq)	247
Tabla 148. Parámetros y fuentes usadas en la estimación del volumen producido de cal	248
Tabla 149. Encalado: datos de actividad por fuente de GEI (Tons)	249
Tabla 150. Encalado: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	250
Tabla 151. Encalado: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	252
Tabla 152. Aplicación de Urea en agricultura: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq)	253
Tabla 153. Aplicación de urea: datos de actividad (Tons)	254
Tabla 154. Aplicación de urea: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	255
Tabla 155. Aplicación de urea: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ -eq)	256
Tabla 156. Evolución de la Cobertura y Uso de la Tierra en el Ecuador Continental (1990-2022)	257
Tabla 157. Subcategorías de Tierras Forestales en el Ecuador y su Correspondencia con las Regiones y Zonas Climáticas del IPCC	259
Tabla 158. Emisiones de GEI y absorciones de CO ₂ del sector UTCUTS por categoría y subcategoría (kt) para el año 2022	263
Tabla 159. Balance de GEI por categorías (kt CO ₂ -eq) para el sector UTCUTS, serie 1994-2022	267
Tabla 160. Balance por cada GEI (kt CO ₂ -eq) del sector UTCUTS, serie 1994-2022	270
Tabla 161. Métodos aplicados por categoría para el sector UTCUTS	271
Tabla 162. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el periodo 2021-2022 de la categoría "Tierras Forestales"	273
Tabla 163. Análisis de tendencias de las absorciones de CO ₂ por subcategorías kt CO ₂ -eq para la categoría Tierras forestales (4.A), serie 1994-2022	277
Tabla 164. Emisiones forestales provocadas por incendios forestales, extracción de leña y madera.	278
Tabla 165. Datos de actividad de la categoría Tierras forestales (4.A), serie 1994-2022	283
Tabla 166. Factores de emisión aplicados en la categoría Tierras forestales (3B1)	284
Tabla 167. Incertidumbre combinada para la categoría Tierras forestales (4.A)	285

Tabla 168. Plan de mejora específico de la categoría Tierras forestales	287
Tabla 169. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Tierras de cultivo, serie 1994-2022	292
Tabla 170. Datos de actividad (ha) de la categoría Tierras de cultivo, serie 1994-2022	294
Tabla 171. Factores de emisión aplicados en la categoría Tierras de cultivo ..	295
Tabla 172. Incertidumbre combinada de la categoría Tierras de cultivo	295
Tabla 173. Plan de mejora específico de la categoría Tierras de cultivo	297
Tabla 174. Balance de emisiones y absorciones de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Pastizales, serie 1994-2022	298
Tabla 175. Datos de actividad (ha) para la categoría Pastizales, serie 1994-2022	300
Tabla 176. Factores de emisión aplicados para la categoría Pastizales	301
Tabla 177. Incertidumbre combinada de la categoría Pastizales	302
Tabla 178. Plan de mejora específico de la categoría Pastizales	303
Tabla 179. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Humedales, serie 1994-2022	305
Tabla 180. Datos de actividad (ha) de la categoría Humedales, serie 1994-2022	306
Tabla 181. Factores de emisión aplicados en la categoría Humedales	307
Tabla 182. Incertidumbre combinada de la categoría Humedales	307
Tabla 183. Plan de mejora específico de la categoría Humedales	308
Tabla 184. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Asentamientos, serie 1994-2022	310
Tabla 185. Datos de actividad (ha) de la categoría Asentamientos, serie 1994-2022	311
Tabla 186. Factores de emisión aplicados a la categoría Asentamientos	313
Tabla 187. Incertidumbre combinada de la categoría Asentamientos	313
Tabla 188. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Otras tierras, serie 1994-2022	314
Tabla 189. Datos de actividad (ha) de la categoría Otras tierras, serie 1994-2018	316
Tabla 190. Factores de emisión aplicados en la categoría Otras tierras	317
Tabla 191. Incertidumbre combinada de la categoría Otras tierras	317
Tabla 192. Plan de mejora específico de la categoría Otras tierras	318
Tabla 193. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ eq) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022	319
Tabla 194. Datos de actividad (ha) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022	321
Tabla 195. Datos de actividad (ha) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022	321
Tabla 196. Incertidumbre combinada de la categoría Quema de biomasa ..	322
Tabla 197. Plan de mejora específico de la categoría Quema de biomasa...	323
Tabla 198. Categorías y Subcategorías de fuentes de emisiones del Sector Residuos	324

Tabla 199. Sector Residuos: emisiones por cada GEI (Kt CO ₂ -eq.), serie temporal 1994 – 2022.....	326
Tabla 200. Sector Residuos: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt CO ₂ -eq) para el 2022.....	328
Tabla 201. Sector Residuos: total de GEI por categoría y subcategoría (Kt CO ₂ -eq.) serie 1994-2022.....	329
Tabla 202. Sector Residuos: Fuentes de datos de actividad para las categorías estimadas.....	331
Tabla 203. Homologación de los términos nacionales de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006.....	331
Tabla 204. Sector Residuos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022.....	332
Tabla 205. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022	333
Tabla 206. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022	334
Tabla 207. Categoría Disposición de residuos sólidos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022	336
Tabla 208. Datos de actividad: Población, Producción per cápita de residuos PPC, Porcentaje de residuos que van a sitios de disposición final	343
Tabla 209. Datos de actividad: Distribución estimada de los sitios de disposición final (%)	344
Tabla 210. Categoría Disposición de residuos sólidos: Factores de emisión	347
Tabla 211. Disposición final de residuos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)	348
Tabla 212. Actividades de AC/CC de la categoría	350
Tabla 213. Categoría Disposición Final de Residuos Sólidos: Resultados del INGEI 1994-2018 frente al INGEI 1994-2022 (Kt CO ₂ -eq).....	351
Tabla 214. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022.	353
Tabla 215. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022.....	354
Tabla 216. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022	355
Tabla 217. Categoría Tratamiento Biológico de residuos sólidos: datos de actividad (kt), serie 1994-2022.....	356
Tabla 218. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: factores de emisión aplicados	357
Tabla 219. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)	357
Tabla 220. Actividades de AC/CC de la categoría	358
Tabla 221. Comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq).....	360

Tabla 222. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: total de emisiones de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq), 2020, 2021 y 2022	361
Tabla 223. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022.....	363
Tabla 224. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: Datos de actividad.....	365
Tabla 225. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI	366
Tabla 226. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)	367
Tabla 227. Actividades de AC/CC de la categoría	368
Tabla 228. Comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	369
Tabla 229. Categoría Eliminación y tratamiento de aguas residuales: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022.....	371
Tabla 230. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: total de GEI por tipo de gas (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022	371
Tabla 231. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residual: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2022	373
Tabla 232. Categoría Tratamiento y Descarga de Aguas Residuales: datos de actividad, serie 1994 – 2012.....	377
Tabla 233. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: factores de emisión aplicados Aguas Residuales Domésticas	379
Tabla 234. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: incertidumbre combinada	380
Tabla 235. Actividades de AC/CC de la categoría	381
Tabla 236. comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO ₂ eq)	383

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estructura arreglos institucionales para la elaboración del INGEI del Ecuador.....	30
Gráfico 2. Ciclo del inventario nacional de gases de efecto invernadero de Ecuador.....	34
Gráfico 3. Fases de construcción del INGEI del Ecuador.	35
Gráfico 4. Contribución de emisiones de GEI por tipo de gas al INGEI 2022 en porcentaje (%).	52
Gráfico 5. Tendencia de las Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 incluyendo sector UTCUTS.....	59
Gráfico 6. Tendencia de las Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 excluyendo sector UTCUTS.	60
Gráfico 7. Inventario de Ecuador: total neto de GEI por cada GEI (kt CO ₂ -eq) con UTCUTS, 1994-2022	61
Gráfico 8. Inventario de Ecuador: total de GEI por cada GEI (kt CO ₂ -eq) sin UTCUTS, 1994-2022	62
Gráfico 9. Sector Energía: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO ₂ -eq), 1994-2022	67
Gráfico 10. Sector Energía: emisiones por cada GEI (kt CO ₂ eq), 1994-2022	68
Gráfico 11. Sector Energía: emisiones por cada precursor (kt), 1990-2022.....	69
Gráfico 12. Quema de Combustible: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ eq) serie 1994 - 2022.....	71
Gráfico 13. Sector Energía: Estructura en Ecuador	74
Gráfico 14. Sector Energía: Flujos de Balance Energético	75
Gráfico 15. Sector Energía: Demanda de energía por sector	77
Gráfico 16. Comparación entre métodos: emisiones de CO ₂ del método sectorial y de referencia (kt CO ₂) y diferencia porcentual, 1994-2022.	79
Gráfico 17. Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO ₂ eq), 1994-2022	82
Gráfico 18. Subcategoría Industrias de la Energía: total de GEI por combustible (kt CO ₂ eq), 1990-2022	85
Gráfico 19. Subcategoría Industrias de la Energía: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022.....	92
Gráfico 20. Subcategoría Transporte: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022.	100
Gráfico 21. Subcategoría Otros Sectores: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022	109
Gráfico 22. Subcategoría No Especificado: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022	116
Gráfico 23. Subcategoría Emisiones fugitivas de Petróleo y Gas Natural: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022	122
Gráfico 24. Sector IPPU: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO ₂ -eq), 1990-2022	137

Gráfico 25. Sector IPPU: emisiones por cada GEI (kt CO ₂ eq), 1994-2022.....	139
Gráfico 26. Sector IPPU: emisiones por sustancia química HFC GEI (TM) 2010-2022	139
Gráfico 27. Industria de los Minerales (2ª): total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022	143
Gráfico 28. Subcategoría Producción de Cal: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022.	152
Gráfico 29. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022.	162
Gráfico 30. Industria de los Metales (2C): total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022	167
Gráfico 31. 2D Uso de Productos no Energéticos de combustibles y de solventes: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022.....	175
Gráfico 32. Uso de productos sustitutos de las SAO (2F): total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 2010-2022	184
Gráfico 33. Refrigeración y aire acondicionado (2F1): total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 2010-2022	185
Gráfico 34. Sector Agricultura: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO ₂ -eq), 1994-2022	198
Gráfico 35. Sector Agricultura: emisiones por cada GEI (kt CO ₂ eq), 1994-2022	200
Gráfico 36. Fermentación Entérica: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022	203
Gráfico 37. Gestión del estiércol: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022	214
Gráfico 38. Cultivo de arroz: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq, 1994-2022.....	223
Gráfico 39. Suelos Agrícolas: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022....	232
Gráfico 40. Quema de residuos agrícolas: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022	241
Gráfico 41. Encalado: total de GEI por fuente (kt CO ₂ eq), 1994-2022.....	247
Gráfico 42. Aplicación de urea en agricultura: total de GEI por fuente (kt CO ₂ -eq), 1994-2022	253
Gráfico 43. Distribución de emisiones (+) y absorciones (-) de GEI por categoría y subcategoría en el sector UTCUTS	266
Gráfico 44. Balance de GEI por categoría (kt CO ₂ -eq) del sector UTCUTS, serie 1994-2022	268
Gráfico 45. Balance por cada GEI (kt CO ₂ -eq) del sector UTCUTS, serie 1994-2022	270
Gráfico 46. Análisis de tendencias de las absorciones de CO ₂ por subcategorías (kt CO ₂ -eq) para la categoría Tierras forestales (4.A), serie 1994-2022	277
Gráfico 47. Emisiones (+) y absorciones (-) de GEI (kt de CO ₂ -eq) para el año 2022 a nivel de componente, pertenecientes a la subcategoría "Tierras Forestales que se mantienen como tales (3B1a)"	278
Gráfico 48. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Tierras de cultivo, serie 1994-2022.....	292

Gráfico 49. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Pastizales, serie 1994-2022.....	298
Gráfico 50. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Humedales, serie 1994-2022	305
Gráfico 51. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Asentamientos, serie 1994-2022	310
Gráfico 52. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Otras tierras, serie 1994-2022.....	315
Gráfico 53. Balance de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022	320
Gráfico 54. Distribución de emisiones por categoría en el sector Residuos (%).	325
Gráfico 55. Distribución de emisiones por tipo de GEI en el sector Residuos (%).	326
Gráfico 56. Sector Residuos: Emisiones por cada GEI (Kt CO ₂ -eq.), serie temporal 1994 -2022	327
Gráfico 57 .Sector Residuos: total de GEI por subcategoría (kt ₂ CO ₂ -eq.), serie 1994-2022.	329
Gráfico 58. Emisiones totales de GEI (kt CO ₂ -eq) del sector Residuos, serie 1994 – 2022.	329
Gráfico 59. Ecuación básica para el cálculo de emisiones.....	330
Gráfico 60. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022	334
Gráfico 61. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022	335
Gráfico 62. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por subcategoría (Kt CO ₂ eq) serie 1994-2022.	353
Gráfico 63. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022	354
Gráfico 64. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: total de emisiones de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) del 1994 al 2022	361
Gráfico 65. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: total de emisiones de GEI por tipo de gas (kt CO ₂ -eq) del 1994 al 2022.....	362
Gráfico 66. Categoría Eliminación y tratamiento de aguas residuales: total de GEI por subcategoría (kt CO ₂ -eq) serie 1994-2022.....	371

ACRÓNIMOS Y SIGLAS DEL NID

AC/CC	Aseguramiento de la calidad y control de la calidad
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC
BTR	Informe Bienal de Transparencia
C	Confidencial (clave de notación)
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
CH ₄	Gas 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
CO	Gas Monóxido de carbono
CO ₂	Gas Dióxido de carbono
CO ₂ eq	Gas Dióxido de carbono equivalente
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
CRT	Cuadros comunes para la presentación de información
D	Valor por defecto para los factores de emisión
FE	Factor de emisión
GEI	Gases de efecto invernadero
HFC	Hidrofluorocarbonos
IE	Incluida en otra parte (clave de notación)
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IPPU	Procesos industriales y uso de productos (sector)
Kt	Unidad de medida en Kilotonelada
MPG	Modalidades, procedimiento y directrices del Marco de Transparencia del Acuerdo de París
N ₂ O	Gas Óxido nitroso
NA	No aplica (clave de notación)
NDC	Contribución Determinada a Nivel Nacional
NE	No estimado (clave de notación)

NID	Documento del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
NIR	Informe del inventario nacional por sus siglas en inglés
NO	No ocurre (clave de notación)
NO _x	Gas Óxidos de nitrógeno
PCA	Potencial de calentamiento atmosférico
RE	Resumen ejecutivo
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
SF ₆	Gas Hexafluoruro de azufre
SO _x	Gas Óxidos de azufre
UTCUTS	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (sector)

1 CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL

Este Documento del Inventario Nacional (NIR por sus siglas en inglés) incluye el Sexto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Ecuador, siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 y su refinamiento 2019.

Este NIR incluye la información sobre los inventarios nacionales de GEI, las circunstancias nacionales y los arreglos institucionales del desarrollo del inventario; su proceso de elaboración; el archivo de información, las metodologías, métodos y fuentes de información utilizadas; el análisis de las categorías principales; plan de aseguramiento de la calidad y control de calidad; evaluación de la incertidumbre y la exhaustividad; sistemas de medición y la flexibilidad aplicada en el presente reporte.

1.1 Información general sobre inventarios de GEI y el cambio climático

1.1.1 Cambio climático

Con la finalidad de evitar duplicidad de contenidos, lo referente a este acápite se lo ha incluido en el Capítulo III de "Información Relativa a los Efectos del Cambio Climático y la Labor de Adaptación en Virtud del Artículo 7 del Acuerdo de París" de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia.

1.1.2 Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

El Ecuador, como país signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde el año 1994, ha asumido el compromiso de *"elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes"* (Artículo 4, Compromisos, CMNUCC y Decisión 1 de la Conferencia de las Partes número 16 de Cancún, 2010).

El Ecuador presenta en el Documento de Inventario de Gases de Efecto Invernadero al año 2022, basándose en las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para Inventarios Nacionales de GEI – versión 2006, con el refinamiento del año 2019. Además, da cumplimiento al plazo mínimo de reporte a lo establecido en el párrafo 58 de las Modalidades, Procedimientos y Guías (MPG) para el

Marco de Transparencia para las medidas y el apoyo que se hace referencia en el artículo 13 del Acuerdo de París de la Decisión 18/CMA.1. La presentación del presente documento tiene como objetivo no solamente dar cumplimiento a los compromisos ratificados por el estado ecuatoriano, sino que además busca es contar con información para el diseño de políticas y medidas de mitigación, que buscan reducir las emisiones y cumplir con las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC). Además, fortalece la transparencia sobre la situación del cambio climático en el país.

Acorde a las directrices del IPCC 2006, este INGEI comprende la estimación de emisiones de las fuentes y absorciones por sumideros de gases de efecto invernadero (GEI) correspondientes a los cinco sectores: Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés), Agricultura, Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) y Residuos. Los resultados contemplan los GEI de carácter antropogénico no controlados por el Protocolo de Montreal e incluyen: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y dióxido de azufre (SO₂). Además, incorpora los resultados de la actualización de los INGEI estimados y presentados con anterioridad a la CMNUCC en el marco de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización.

A continuación, se detalla los inventarios de GEI presentados previamente por Ecuador, el periodo de reporte y la metodología aplicada demostrando procesos de mejora continua, exhaustividad, coherencia, comparabilidad, exactitud y transparencia, siguiendo las buenas prácticas establecidas por las directrices del IPCC.

Tabla 1. Inventarios Nacionales de GEI de Ecuador presentados ante la CMNUCC.

Tipo de Reporte	Periodo de INGEI incluido*	Metodología aplicada	Año de presentación
Primera Comunicación Nacional - 1CN	1990	Directrices Revisadas del IPCC del 1996	2001
Segunda Comunicación Nacional - 2CN	1994, 2000, 2006	Directrices Revisadas del IPCC del 1996	2011
Primer Informe Bienal de Actualización - 1IBA	2010	Directrices Revisadas del IPCC del 1996	2016
Tercera Comunicación Nacional - 3CN	2012	Directrices Revisadas del IPCC del 1996	2017
Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización - 4CN/2IBA	2014, 2016 y 2018	Directrices del IPCC de 2006	2022

Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia – 5CN/1RBT	2020, 2021 y 2022	Directrices del IPCC de 2006, con el refinamiento de 2019	2024

Nota: En la presentación de cada reporte, se ha realizado el recálculo de los ciclos de inventarios de los periodos anteriores.
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

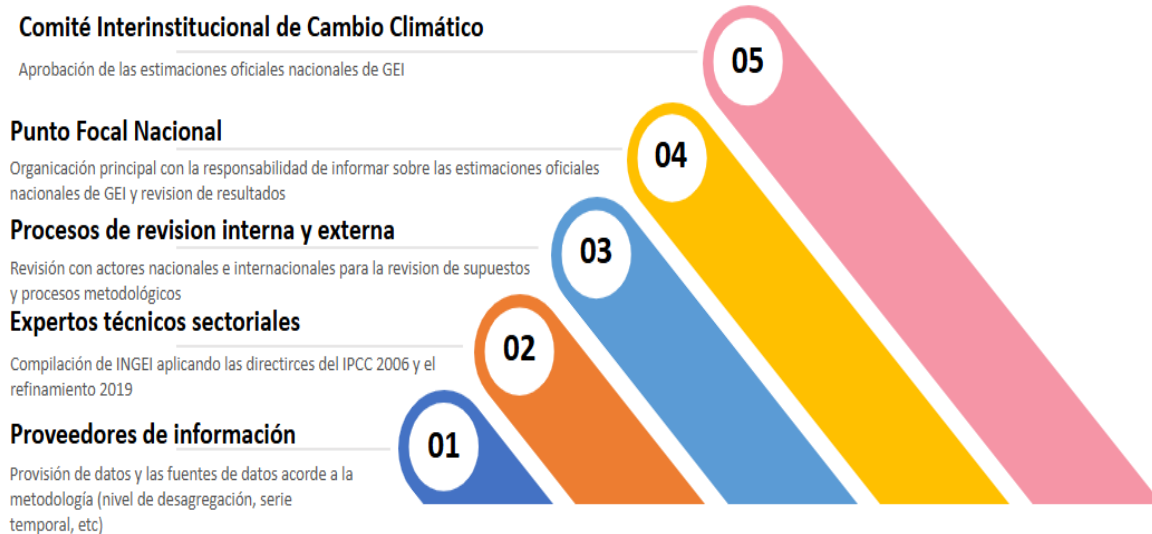
1.2 Descripción de las circunstancias nacionales y arreglos institucionales

Los arreglos institucionales ayudan a definir funciones y responsabilidades coherentes entre las organizaciones involucradas en el proceso de elaboración del INGEI. Estos se basan en los arreglos nacionales existentes, siempre que sea posible, o pueden reestructurarse para fomentar la eficacia del proceso. Además, favorecen los flujos de datos relevantes y la disponibilidad de los conocimientos técnicos para la preparación de informes y la comunicación con las partes interesadas. También incluyen a las organizaciones proveedores de información sectorial (CMNUCC, 2020).

La estructuración de los arreglos institucionales para la elaboración del INGEI de Ecuador se llevó a cabo conforme a lo establecido en el Capítulo 1 del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC del 2006. Esta estructura permite formalizar y comunicar los roles funcionales de las organizaciones involucradas, proporcionando una visión integral de las funciones de cada entidad.

A continuación, se presenta un esquema que ilustra la estructura en la que se basan dichos arreglos institucionales para la elaboración del INGEI del Ecuador.

Gráfico 1. Estructura arreglos institucionales para la elaboración del INGEI del Ecuador



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

En este contexto, la tabla 2 proporciona un mayor nivel de detalle sobre los actores involucrados en el desarrollo del INGEI.

Tabla 2. Actores vinculados en el desarrollo del INGEI.

Tipo de actor	Actor / Institución / Organización	Roles
Comité Directivo	Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC). Grupo Técnico de Trabajo del Comité Interinstitucional de Cambio Climático (GTCICC)	- Aprobación del documento del INGEI. - Revisión y validación técnica sectorial del INGEI. - Gestión y facilitación técnica de insumos y productos en el proceso. - Soporte en la elección de métodos en función de la disponibilidad de datos y las necesidades de toma de decisiones.
Punto Focal Nacional	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) Subsecretaría de Cambio Climático Dirección Nacional de Mitigación del Cambio Climático	- Gestión de recursos. - Toma de decisiones y presentación de informes. - Establecimiento de acuerdos con entidades colaboradoras que suministran datos, estudios de investigación, estimación de emisiones o revisiones de expertos, etc. - Responsable de la presentación del INGEI. - Coordinación y articulación con las instituciones del CICC y demás carteras de estado vinculadas a los sectores mitigación. - Liderazgo en el proceso de elaboración del INGEI. - Soporte técnico, supervisión, coordinación y seguimiento al proceso de elaboración del INGEI.
Coordinador de Inventarios	Coordinador/a del Proyecto 5CN1BTR	- Planificación estratégica del proceso - Coordinación con todos los actores y partes interesadas. - Gestión de suministro de datos y acuerdos. - Coordinación de las revisiones y respuestas a la revisión/análisis independiente y seguimiento de las recomendaciones. - Presentación de informes técnicos de datos de inventario de GEI y presentación formal de informes. - Desarrollo general de métodos, recopilación de datos, compilación y gestión de documentos. - Resolución de problemas transversales.

Tipo de actor	Actor / Institución / Organización	Roles
		- Redacción, control de calidad, archivo y documentación. - Identificación de posibles mejoras en las estimaciones. - Articulación con entidades sectoriales
Expertos Técnicos Sectoriales	Equipo Técnico de inventarios del Proyecto 5CN1BTR	- Desarrollo general de métodos, fuentes de datos, recopilación de datos, compilación y gestión de documentos. - Resolución problemas transversales. - Realización de investigaciones, recopilación de datos, cálculos, redacción, control de calidad, archivo y documentación. - Coordinación con otros expertos del sector. - Identificación de posibles mejoras en las estimaciones. - Revisión cruzada de productos sectoriales. - Control de calidad.
Proveedores de Información	Instituciones públicas competentes de los sectores de mitigación del cambio climático (Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Residuos y Usos de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura)	- Entrega oportuna de los datos de entrada en el formato adecuado. - Gestión de sistemas de adquisición, procesamiento y generación de informes de datos. - Comunicación con el punto focal nacional y equipo técnico, según sea necesario.
Otros colaboradores y usuarios	Expertos nacionales Expertos internacionales	- Aportación de conocimientos - Revisión independiente - Garantía de la Calidad

Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

1.2.1 Proceso de elaboración del inventario

Ecuador, como signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) desde 1994, ha asumido el compromiso de elaborar y actualizar periódicamente inventarios nacionales de emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (GEI) y su absorción por sumideros. Este mandato, establecido en el artículo 4, numeral 2 de la CMNUCC, busca promover la acción climática mediante el monitoreo constante de las emisiones y absorciones de GEI (CMNUCC, 1992).

Adicional a lo antes mencionado, con la ratificación del Acuerdo de París en 2017, el país reforzó este compromiso al adoptar el Marco de Transparencia

Reforzado (MTR), definido en el artículo 13. Este marco exige la presentación periódica de informes utilizando las metodologías desarrolladas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), con el objetivo de ofrecer una visión clara de las acciones nacionales frente al cambio climático y facilitar el monitoreo de avances hacia los objetivos globales.

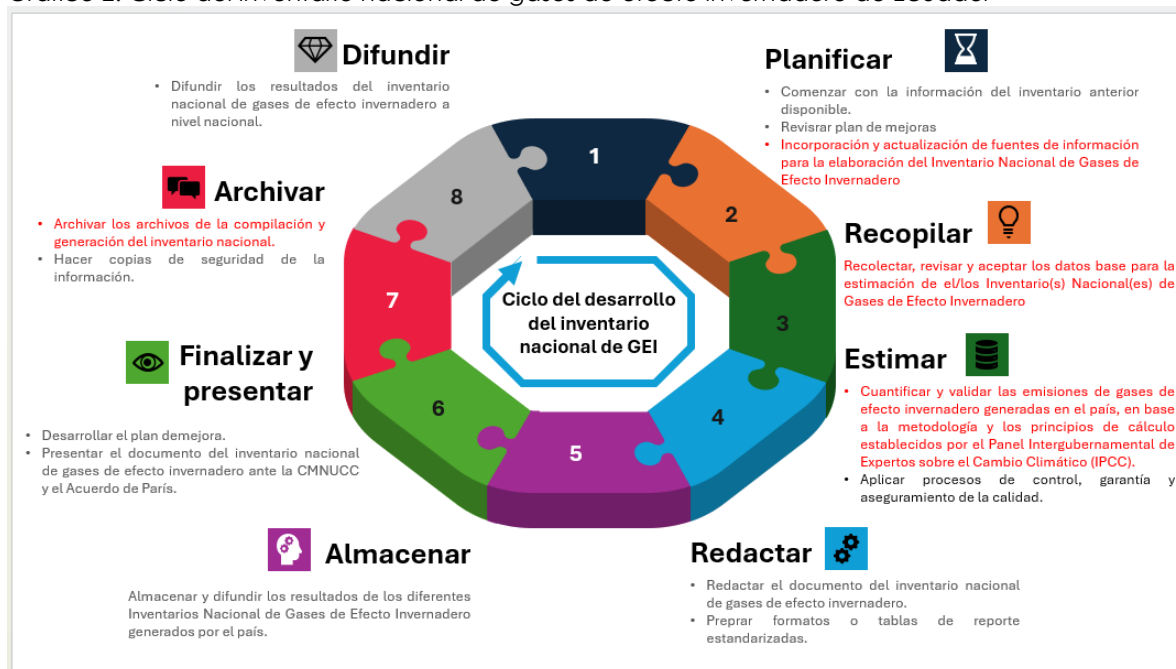
En este contexto, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), a través de la Subsecretaría de Cambio Climático (SCC) y la Dirección de Mitigación del Cambio Climático (DMCC), lideró la elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) correspondientes a los años 2020, 2021 y 2022. Asimismo, se realizaron recálculos de los ciclos de inventarios comprendidos entre 1994 y 2018, siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 y su refinamiento de 2019. Estos procesos fueron parte de las actividades requeridas por las Modalidades, Procedimientos y Directrices (MPG) de la Decisión 18/CMA.1, con el fin de garantizar la precisión, consistencia y robustez de los datos reportados.

Los inventarios se desarrollaron en el marco del proyecto 5CN1BTR, implementado bajo la iniciativa global UMBRELLA del PNUMA y financiado por el GEF, con administración financiera del IICA. El proyecto involucró a instituciones públicas y privadas que contribuyeron a identificar y validar fuentes de información oficial en Ecuador. Asimismo, se establecieron arreglos institucionales que fortalecieron la recopilación y consolidación de datos, garantizando su alineación con los estándares internacionales. Este enfoque permitió asegurar la calidad y robustez de la información generada, clave para cumplir con los compromisos climáticos internacionales y facilitar la transparencia en los reportes nacionales.

Es importante destacar que los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero son herramientas fundamentales para cuantificar las emisiones, evaluar su evolución y diseñar políticas de mitigación alineadas con las metas establecidas en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC). Además, fortalecen la transparencia y la rendición de cuentas, promoviendo una comprensión más clara de la situación climática del país. Esta información resulta clave para acceder a financiamiento internacional destinado a iniciativas de mitigación y adaptación, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos climáticos globales de Ecuador.

El Plan de Trabajo Permanente para el ciclo de compilación del INGEI de Ecuador se basa en el "Manual del Proceso de Generación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero". En el diagrama presentado a continuación, se ilustran las etapas y actividades del ciclo de inventario, las cuales dependen de las circunstancias nacionales específicas.

Gráfico 2. Ciclo del inventario nacional de gases de efecto invernadero de Ecuador



Nota: Los pasos de color rojo corresponden a “Manual del Proceso de Generación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero”.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

En este contexto, se presenta las fases utilizadas para la elaboración del INGEI de Ecuador.

1.2.1.1 Fases de la elaboración del INGEI

El proceso de elaboración del INGEI se inició a principios del año 2024 y concluyó en diciembre del mismo año. Durante este periodo se aseguró el cumplimiento de los principios de transparencia, exactitud, exhaustividad, coherencia y comparabilidad del MTR derivado del Acuerdo de París. El INGEI se desarrolló a partir de las fases implementadas que se describen a continuación en el Gráfico 3.

Gráfico 3. Fases de construcción del INGEI del Ecuador.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

1.2.1.1.1 Fase 1 – Levantamiento de información

Esta fase comprende la recopilación y validación de datos de actividad que se necesitan para calcular el INGEI, fue clave el rol que desempeñaron los actores públicos y privados, como proveedores de información según sus competencias.

Bajo este contexto, en cada sector de mitigación se realizó un mapeo previo de actores según los diferentes niveles de disponibilidad de la información, prelación de importancia, especificidad, desagregación, etc. Además, se implementó una estrategia de acercamiento con los generadores y proveedores, para la transferencia de información, tomando como base los arreglos institucionales establecidos, mencionados en el numeral 2 de este documento.

En la siguiente tabla se detallan los principales proveedores de información, para los sectores reportados en el inventario.

Tabla 3. Principales proveedores de información por sector.

Sector	Principales actores públicos	Principales actores privados y otros actores relevantes
Energía	- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNR) - Ministerio de Energía y Minas (MEM) - Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP Petroecuador	- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) - HOLCIM S.A. - UNACEM de Ecuador S.A.

IPPU	• Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) • Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP)	• HOLCIM S.A. • UNACEM de Ecuador S.A.
Agricultura	• Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y sus entidades adscritas (Agrocalidad, INIAP, etc.) • Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) • Banco Central del Ecuador (BCE) • Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)	• Asociaciones de productores agrícolas y pecuarios en los diferentes subsectores de actividad. • Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y IICA.
UTCUTS	• Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) • Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y sus entidades adscritas (Agrocalidad, INIAP, etc.)	• FAO
Residuos	• Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), (Proyecto Gestión de Residuos Sólidos y Economía Circular Inclusiva - GRECI) • Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) • Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) • Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA)	Fundación Gestión de Residuos FUNGERES • Empresas gestoras de residuos peligrosos

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

1.2.1.1.2 Fase 2 – Cálculo

Esta fase se centra en estimar emisiones y absorciones de GEI para los cinco sectores definidos por el IPCC, la estimación se realiza mediante hojas de cálculo alimentadas con la información recopilada y validada durante la preparación en la fase precedente. Incluye la compilación o agregación de los resultados de los inventarios sectoriales, el cálculo de categorías principales, la estimación de la incertidumbre y la evaluación de la exhaustividad del inventario.

Además, el cálculo integra en algunos casos, procedimientos estadísticos de estimación, proyección, empalme y modelación de datos (mayormente en la serie histórica) cuando se identifican brechas y vacíos de información oficial disponible, cambios de procedimiento y/o metodología en el levantamiento de la información significativos, y otras circunstancias que inciden en la obtención del dato y la presentación de una serie temporal coherente.

1.2.1.1.3 Fase 3 – Control, aseguramiento y garantía de calidad

El proceso de control de calidad interno fue liderado por el coordinador del inventario y el equipo de especialistas del proyecto 5CN1BTR, con el apoyo del equipo técnico de la Secretaría de Cambio Climático (SCC) del MAATE. Este proceso incluyó una revisión detallada de los resultados y la incorporación de sugerencias para ajustar y perfeccionar los datos del INGEI.

El aseguramiento y garantía de calidad del INGEI se realizó mediante una revisión exhaustiva liderada por expertos sectoriales externos, ajenos a las etapas de compilación y preparación del inventario. Este proceso, conocido como revisión de tercera parte, contó con profesionales de amplia experiencia que verificaron la conformidad de los cálculos con las Directrices del IPCC y aportaron recomendaciones técnicas para mejorar la calidad del inventario. La participación de estos especialistas fue coordinada a través de la Plataforma de Transparencia Climática para América Latina y el Caribe, fortaleciendo la rigurosidad técnica y la transparencia del proceso.

1.2.1.1.4 Fase 4 – Reporte

Incluye la presentación del reporte de los resultados del INGEI, elaborado conforme a los lineamientos de la CMNUCC y en el contexto de las decisiones 18/CMA 1, 5/CMA 3, 4/CMA 1.

1.2.2 Gestión de la información

Como parte del proceso de elaboración del inventario, se implementó un proceso de gestión de información en el que el equipo técnico de inventarios diseñó actividades siguiendo una lógica articulada y secuencial. Este enfoque buscó garantizar y fortalecer la transparencia, pertinencia y coherencia en los procesos posteriores relacionados con el manejo de los insumos de información recopilados y generados.

Entre las principales actividades realizadas están las siguientes:

- Actualización, ampliación y fortalecimiento del mapeo de actores proveedores y evaluadores de información.

- Actualización y reactivación de los arreglos institucionales.
- Solicitud formal de información específica a las fuentes, utilizando los canales establecidos en los arreglos institucionales.
- Recolección y compilación de información documental y estadística proveniente de fuentes de acceso libre.
- Compilación y sistematización de información oficial proporcionada por entidades y actores relevantes.
- Sistematización y depuración de la información recopilada.
- Realización de cálculos para ajustar la información a ser utilizada como datos de actividad y parámetros base.
- Integración de insumos de información complementarios.
- Ajuste y definición de variables, parámetros y factores basados en criterios de expertos.
- Compilación e integración interna de información por sectores.
- Archivo y documentación de cálculos, datos recopilados e insumos intermedios del procesamiento del inventario en el repositorio digital del proyecto y los archivos institucionales generales del MAATE. Esta información será vinculada en el futuro al Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI) como parte del Registro Nacional de Cambio Climático (RNCC), actualmente en desarrollo.

1.2.3 Proceso para el examen y la aprobación oficial del inventario

El proceso de revisión y aprobación de los resultados del INGEI se desarrolló siguiendo una secuencia estructurada. Inicialmente, se realizaron revisiones y validaciones internas por parte de la coordinación de inventarios y su equipo técnico. Posteriormente, se llevó a cabo una revisión complementaria a cargo de los especialistas sectoriales de la SCC del MAATE, quienes verificaron la incorporación de las recomendaciones y supuestos sectoriales, así como la correcta aplicación de la metodología empleada.

Finalizada esta etapa interna, se procedió a la validación por parte de los actores sectoriales que aportaron con información y criterios técnicos. La aprobación de estos resultados fue formalizada a través del grupo técnico y político del CICC.

1.3 Descripción de las metodologías, métodos y fuentes de información

Ecuador presenta el INGEI, desarrollado conforme a las Directrices del IPCC del 2006 y su refinamiento del 2019. En este inventario se evaluaron gases como: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) y dióxido de azufre (SO_2). Las estimaciones se realizaron utilizando los árboles de decisión de las Directrices del IPCC del 2006,

ajustando el nivel de complejidad metodológica según las características de las fuentes de emisión.

En general, se presentan tres niveles metodológicos: el Nivel 1 corresponde al método básico; el Nivel 2, al intermedio, y el Nivel 3 que es el más complejo y exigente en cuanto a datos y procedimientos. Los niveles 2 y 3, denominados métodos de Nivel Superior, se consideran más precisos. Ecuador utilizó el Nivel 1 para la mayoría de las categorías del inventario, excepto en Producción de cemento (sector IPPU), Fermentación entérica (sector Agricultura) y Tierras forestales (sector UTCUTS), donde se aplicó el Nivel 2. Los factores de emisión empleados provienen mayormente de las Directrices del IPCC del 2006, con su refinamiento del 2019 para ciertas categorías.

Para comparar las emisiones y absorciones de cada uno de los GEI reportados, se utilizó el Potencial de Calentamiento Global (PCG) establecido por el IPCC en su Quinto Informe de Evaluación (AR5). Este enfoque, basado en un horizonte temporal de 100 años, convierte las emisiones de los diferentes gases en unidades equivalentes de CO₂, facilitando así la comparación de su impacto. Los valores de PCG aplicados para los principales GEI se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 4. Potenciales de calentamiento global usados en el INGEI del Ecuador.

Gases de Efecto Invernadero	Potenciales de calentamiento global
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265
HFC-23	12400
HFC-32	677
HFC-125	3170
HFC-134a	1300
HFC-143a	4800
HFC-152a	138
HFC-227ea	3350
HFC-236fa	8060

Fuente: IPCC, Quinto Informe de Evaluación (AR5).
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Para desarrollar los cálculos, se adaptaron las hojas de cálculo incluidas en las Directrices del IPCC del 2006 y su refinamiento de 2019, ajustándolas a las necesidades específicas de Ecuador e integrando información propia del país. Estas herramientas detallan las asunciones, los datos empleados, los factores de emisión, las hipótesis planteadas, la incertidumbre asociada y los controles de calidad, asegurando la transparencia en los resultados obtenidos.

Es importante destacar que, para un mayor nivel de detalle, las secciones subsecuentes presentan información desglosada por cada sector. En estas, se profundiza en la metodología utilizada para los cálculos, así como en las diversas consideraciones relacionadas con el uso de parámetros y datos de actividad.

En relación con las fuentes de información utilizadas, a continuación, se describen las principales fuentes de datos de actividad empleadas para la elaboración del presente INGEI, organizadas por sector. Los datos fueron obtenidos tanto de instituciones públicas como privadas, incluyendo registros administrativos, estadísticas nacionales, estudios sectoriales y reportes especializados. Estas fuentes garantizaron la representatividad, confiabilidad y actualidad de la información, cumpliendo con los requisitos metodológicos establecidos por las Directrices del IPCC.

- **Sector Energía:** Con la información proporcionada por los registros estadísticos de la Agencia de Regulación y Control de la Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) y el Ministerio de Energía y Minas (MEM), en conjunto con el Instituto de Investigación Geológico Energético (IIGE), se encargan de preparar el Balance Energético Nacional (BEN), siendo este la principal fuente de información para el INGEI de este sector.
- **Sector Procesos Industriales y Uso de Productos:** La mayor parte de los datos de actividad del sector fueron obtenidos de las diferentes industrias que componen el sector. Una gran cantidad de fuentes de datos de actividad estadísticos y paramétricos que incluyen tanto al sector privado, como al sector público (encuestas e informes estadísticos anuales). El detalle de los datos de actividad, las fuentes y los cálculos intermedios se describirán en las categorías y subcategorías correspondientes.
- **Sector Agricultura:** Para este sector la fuente principal de datos se relaciona a la institución rectora de la estadística nacional que es el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), misma que a través de su proceso de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), genera la información anual de población de ganado, superficies de cultivos y fertilizantes orgánicos utilizados. Adicionalmente se utiliza información generada por procesos de análisis complementario del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) principalmente en relación a los cultivos, además de información del Banco Central del Ecuador para importación de fertilizantes sintéticos nitrogenados, y de forma suplementaria también se consideran fuentes como, las asociaciones de productores ganaderos y avícolas, empresas productoras de cal, entre otros que fortalecen los procesos de consistencia del dato y definición de parámetros para el cálculo.

- **Sector Usos de la Tierra, Cambio de Usos de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS):**

Con el propósito de estimar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector UTCUTS, se integraron diversas fuentes de información complementarias. Entre las principales, se utilizaron los datos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el Proyecto Socio Bosque (PSB) y los Bosques Protectores, los cuales proporcionaron información detallada sobre la evolución de estos espacios naturales. Para la cuantificación de la superficie afectada por incendios forestales, se empleó la plataforma FAOSTAT.

Adicionalmente, se incorporaron los mapas de cobertura y las matrices de cambio de uso de las tierras, elaborados por el MAATE, los cuales ofrecieron información actualizada sobre el uso de la tierra. Para asegurar la precisión de las estimaciones y evitar duplicidades, se realizó un cotejo entre los datos oficiales del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques del MAATE y la información obtenida del PSB, Bosques Protectores y el SNAP.

Es importante destacar que, para llevar a cabo el cálculo de las estimaciones de gases de efecto invernadero para el sector UTCUTS, se emplearon las Directrices del IPCC, las cuales sirvieron como referencia fundamental para asegurar la consistencia y la calidad de los datos utilizados en el análisis.

- **Sector Residuos:** La recopilación de datos de actividad se basó en diversas fuentes institucionales, destacando el aporte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) con información demográfica y datos específicos provenientes de la ENEMDU y la Encuesta Estructural Empresarial. Asimismo, se utilizó la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), desarrollada mediante un convenio interinstitucional entre el INEC, Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), Banco de Desarrollo del Ecuador (BDE) y ARCA, la cual proporciona información clave sobre la gestión de residuos sólidos, el consumo de energía y los recursos hídricos. Además, se incluyen datos sobre la gestión de residuos peligrosos suministrados por el MAATE a través de su Dirección de Residuos y Sustancias Químicas.

Para cuantificar las emisiones de GEI asociadas a todas las categorías analizadas, se aplicaron los factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPPCC del 2006.

Para obtener más detalles sobre los métodos aplicados en cada categoría y el sector de Residuos, se pueden consultar en la CRT adjunto a este documento. Además, se incluye una descripción específica por categoría en los numerales siguientes, donde se explican los métodos utilizados para los cálculos correspondientes.

1.4 Descripción de las categorías principales

Según las Directrices del IPCC del 2006, una categoría principal es aquella que, por su influencia significativa, se prioriza dentro del INGEI de un país. Su impacto puede medirse en términos de nivel absoluto, tendencias históricas o incertidumbre de las emisiones y absorciones de GEI. Identificar estas categorías permite optimizar los recursos disponibles, mejorar la calidad del inventario y aumentar la confianza en las estimaciones realizadas.

En el INGEI del Ecuador, las categorías principales se identificaron mediante el Método 1 cuantitativo. Este método clasifica las categorías según su contribución al 95% de las emisiones y absorciones totales, considerando su nivel y tendencia histórica. El análisis abarcó 237 subcategorías en cinco sectores, utilizando dos niveles: nivel (peso relativo en el último año) y tendencia (evolución histórica), con y sin el sector de UTCUTS, para determinar con mayor precisión su relevancia. Las categorías definidas por razones cualitativas se encuentran incluidas en el análisis.

El presente reporte incluye una mejora significativa en el análisis de categorías principales, con un enfoque más desagregado por sector. Esto permitió revisar subcategorías y fuentes de manera individual para identificar su incidencia específica en la generación de emisiones y sus tendencias plurianuales. Los resultados indican que 24 subcategorías fueron consideradas principales en los cuatro enfoques analizados, con predominancia del sector Energía, seguidas por Agricultura y Residuos. Además, 5 subcategorías fueron principales en tres análisis, 10 en dos análisis (destacando principalmente las del sector de UTCUTS) y 8 subcategorías en un solo análisis, excluyendo UTCUTS, sumando un total de 47 categorías/subcategorías principales en al menos un análisis.

Por tipo de gas, las categorías relacionadas con fuentes y sumideros de CO₂ fueron las más predominantes, seguidas de las fuentes de CH₄ y N₂O. En cuanto a actividades específicas, las categorías vinculadas al uso de combustibles fósiles en transporte, industria y el sector residencial destacan por su relevancia, tanto en los análisis históricos como en los de nivel. También se identificó como significativa la producción de cemento, la fermentación entérica de bovinos en el sector agricultura y los vertederos de residuos gestionados en el sector residuos. Estas actividades representan un aporte sustancial al inventario de emisiones.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las categorías principales identificadas en el INGEI para el Ecuador, las siglas CP señalan que esa subcategoría se determina como "categoría principal" según cada tipo de análisis realizado.

Tabla 5. Resumen de las categorías principales identificadas en el INGEI 2022 del Ecuador de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia.

Código	Sector	Categoría	Gas	Con UTCUTS		Sin UTCUTS	
				Evaluación de tendencia	Evaluación de nivel	Evaluación de tendencia	Evaluación de nivel
1A3b	Energía	Transporte terrestre/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	CP	CP	CP	CP
1A3b	Energía	Transporte terrestre/ Gasolina para motores	CO ₂	CP	CP	CP	CP
5A1	Desechos	Sitios de disposición de residuos gestionados	CH ₄	CP	CP	CP	CP
1A4b	Energía	Residencial/ Gases licuados de petróleo	CO ₂	CP	CP	CP	CP
2f	IPPU	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	HFC	CP	CP	CP	CP
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Fuelóleo residual	CO ₂	CP	CP	CP	CP
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	CP	CP	CP	CP
3A1	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Ganado no lechero en crecimiento	CO ₂	CP	CP	CP	CP
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Gas / Diesel Oil	CH ₄	CP	CP	CP	CP
1A5	Energía	No especificado/ Gasolina para motores	CO ₂	CP	CP	CP	CP
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Petróleo crudo	CO ₂	CP	CP	CP	CP
1B2a ⁱⁱ	Energía	Petróleo/ Producción	CH ₄	CP	CP	CP	CP
2A1	IPPU	Producción de Cemento	CO ₂	CP	CP	CP	CP
3A1	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Ganado lechero	CH ₄	CP	CP	CP	CP
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas Natural (seco)	CO ₂	CP	CP	CP	CP
1A3d	Energía	Navegación marítima y fluvial/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	CP	CP	CP	CP
3A1	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Ganado no lechero vacas	CH ₄	CP	CP	CP	CP
1A5	Energía	No especificado/ Gases licuados de petróleo	CO ₂	CP	CP	CP	CP
3A1	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Ganado no lechero Toros	CH ₄	CP	CP	CP	CP
5D2	Desechos	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH ₄	CP	CP	CP	CP
1B2a ⁱⁱ	Energía	Petróleo/ Producción	CO ₂	CP	CP	CP	CP
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Fuelóleo residual	CO ₂	CP	CP	CP	CP

Código	Sector	Categoría	Gas	Con UTCUTS		Sin UTCUTS	
				Evaluación de tendencia	Evaluación de nivel	Evaluación de tendencia	Evaluación de nivel
3C4	Agricultura	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas N ₂ O Fertilizantes sintéticos	N ₂ O	CP	CP	CP	CP
1A4a	Energía	Comercial/Institucional/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	CP	CP	CP	CP
3C7	Agricultura	Cultivo de Arroz - Emisiones de CH ₄	CH ₄		CP	CP	CP
1A5	Energía	No especificado/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	CP		CP	CP
3A1	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Resto de Categorías (No Bovinos)	CH ₄	CP		CP	CP
5D1	Desechos	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH ₄ , N ₂ O		CP	CP	CP
1A4c	Energía	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías/ Gasolina para motores	CO ₂	CP		CP	CP
4.A.1	UTCUTS	Tierras forestales que permanecen como tales (Incremento anual de biomasa)	CO ₂	CP	CP		
4.B.2	UTCUTS	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	CP	CP		
4.C.2	UTCUTS	Tierras convertidas en tierras pastizales	CO ₂	CP	CP		
4.D.2	UTCUTS	Tierras convertidas en Humedales	CO ₂	CP	CP		
4.E.2	UTCUTS	Tierras convertidas en asentamientos	CO ₂	CP	CP		
4.F.2	UTCUTS	Tierras convertidas en otras tierras	CO ₂	CP	CP		
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Gases licuados de petróleo	CO ₂			CP	CP
1A3e	Energía	Otro tipo de transporte/ Petróleo crudo	CO ₂			CP	CP
1A3a	Energía	Aviación civil/ Queroseno para motor de reacción	CO ₂			CP	CP
3C5	Agricultura	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas N ₂ O Volatilización	N ₂ O		CP		CP
5A2	Desechos	Sitios de disposición de residuos no gestionados	CH ₄		CP		CP
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas de refinería	CO ₂			CP	
3A2	Agricultura	Manejo de Estiercol - Emisiones de CH ₄ Ganado porcino	CH ₄			CP	
1A5	Energía	No especificado/ Queroseno para motor de reacción	CO ₂			CP	
3C4	Agricultura	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas N ₂ O Residuos Agrícolas	N ₂ O				CP



**REPÚBLICA
DEL ECUADOR**



**QUINTA
COMUNICACIÓN
NACIONAL
Y PRIMER REPORTE BIENAL
DE TRANSPARENCIA**

**Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica**

Código	Sector	Categoría	Gas	Con UTCUTS		Sin UTCUTS	
				Evaluación de tendencia	Evaluación de nivel	Evaluación de tendencia	Evaluación de nivel
1A4a	Energía	Comercial/Institucional/ Gases licuados de petróleo	CO ₂			CP	
2A4	IPPU	Otros usos de los carbonatos en los procesos	CO ₂			CP	
2A2	IPPU	Producción de Cal	CO ₂			CP	
3C5	Agricultura	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas N ₂ O Lixiviación	N ₂ O				CP

Notación: "CP" Categoría principal

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 398 7600
www.ambiente.gob.ec



1.5 Descripción del plan de AC/CC y su aplicación

Se implementó un proceso dinámico de control de calidad en la elaboración de los inventarios, liderado por el coordinador del inventario y el equipo de especialistas del proyecto 5CN1BTR, con el respaldo técnico de la SCC del MAATE. Este proceso contó, además, con la participación activa de las principales entidades sectoriales, así como de proyectos y procesos paralelos relacionados con la mitigación del cambio climático. La colaboración de estos actores fue fundamental durante todas las etapas de construcción del inventario, incluyendo la validación de resultados y tendencias, asegurando la calidad y coherencia de la información generada.

Las actividades internas de control y garantía de calidad incluyeron procedimientos generales como controles rutinarios en la compilación y coordinación del reporte, así como revisiones cruzadas dentro del equipo de inventarios. Estas acciones contemplaron validaciones genéricas de cálculos, procesamiento de datos, exhaustividad y documentación, aplicables a todas las categorías de fuentes y sumideros del inventario, asegurando la integridad y precisión del proceso.

Adicionalmente, se llevaron a cabo eventos de socialización, talleres sectoriales y reuniones multiactor. Estas actividades facilitaron la revisión de resultados, la incorporación de sugerencias y la propuesta de mejoras al INGEI. Como resultado, se fortalecieron la calidad, la transparencia y la confiabilidad del inventario, garantizando su alineación con estándares internacionales y su utilidad en el diseño de políticas climáticas efectivas.

Bajo este contexto, mediante la aplicación del control de calidad, se verificó el cumplimiento de los objetivos establecidos, entre los cuales destacan:

- Garantizar la integridad, corrección y exhaustividad de los datos.
- Identificar y corregir errores u omisiones en el proceso.
- Documentar y archivar todo el material relacionado con los inventarios, así como registrar las actividades de control de calidad para mejorar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud.
- Asegurar que el inventario refleje las mejores estimaciones posibles de emisiones y absorciones, en función del estado actual de los datos disponibles para el año de cálculo.

El aseguramiento de calidad del INGEI se llevó a cabo mediante una revisión exhaustiva liderada por expertos externos, independientes de las etapas de

compilación y preparación del inventario. Este proceso, conocido como revisión de tercera parte, incluyó profesionales altamente experimentados que evaluaron la conformidad de los cálculos con las directrices del IPCC y ofrecieron recomendaciones técnicas para optimizar la calidad del inventario. Coordinada a través de la Plataforma de Transparencia Climática para América Latina y el Caribe, esta revisión fortaleció la rigurosidad técnica y la transparencia, abarcando los sectores Energía, IPPU, Agricultura, UTCUTS y Residuos.

1.6 Evaluación general de la incertidumbre

La incertidumbre del INGEI se estimó siguiendo las Directrices del IPCC del 2006 y su refinamiento del 2019, utilizando el método de Nivel 1. Este método evalúa la incertidumbre en las categorías individuales, en el inventario total y en las tendencias entre el año base (1994) y el año de interés (2022). La incertidumbre de cada categoría se pondera por las emisiones o absorciones correspondientes, lo que permite calcular su contribución a la incertidumbre combinada total (IPCC 2006). Este análisis refleja la calidad de los datos de actividad y los factores de emisión empleados, de modo que las mejoras en estos elementos se traducen en una posible reducción de la incertidumbre general.

La incertidumbre en los datos de actividad está influenciada por factores como la accesibilidad a las fuentes, la calidad intrínseca de los datos, los procesos complementarios de estimación y ajuste, y las metodologías empleadas en su recopilación. Por su parte, la incertidumbre de los factores de emisión y parámetros intermedios se basa, en su mayoría, en valores por defecto de las Directrices del IPCC, aunque en algunos casos específicos se integran factores ajustados a las circunstancias nacionales.

En esta ocasión, el análisis de incertidumbre del INGEI de Ecuador revela una incertidumbre combinada de $\pm 12,1\%$ en el balance de emisiones y absorciones para el año final del periodo y de $\pm 15,6\%$ en el análisis de tendencias. El sector UTCUTS es el principal contribuyente a esta incertidumbre, con una incidencia del 82,46% en la tendencia general, seguido por el sector Residuos con una contribución del 71,28% en la incertidumbre del año final y 10,20% en la tendencia, y el sector Agricultura con un 19,25% y 4,46%, respectivamente.

En el caso del sector UTCUTS, la subcategoría "Tierras Convertidas en Tierras Forestales" es una de las principales fuentes de incertidumbre, debido a los datos provenientes del informe sobre la exactitud del Mapa de Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra. Además, la incertidumbre de los factores de emisión en esta categoría se estima teóricamente en un 50%. Por otro lado, la subcategoría "Tierras

Convertidas en Pastizales" presenta niveles de incertidumbre más altos, alcanzando hasta el 75%, utilizando valores por defecto de las Directrices del IPCC del 2006, Volumen 4, capítulo 6, Cuadro 6.4. Para Bosque Nativo, se emplean estimaciones de incertidumbre propias adaptadas a las condiciones locales.

Adicionalmente, se obtuvieron los datos de incertidumbre combinada y agregada por categorías de cada sector. Los resultados muestran que el sector con mayor incertidumbre es el de Residuos, con un 71,28% de incertidumbre sectorial. Le sigue el sector UTCUTS, con un 37,60% de incertidumbre general, debido a las razones previamente mencionadas. En tercer lugar, se encuentra el sector de IPPU, con un 23,99%, mientras que el sector de Agricultura presenta una incertidumbre del 19,25%. Finalmente, el sector de Energía registra la incertidumbre más baja del inventario, con un 3,60% al cierre del periodo analizado.

La tabla a continuación presenta un resumen de los resultados del análisis de incertidumbre general del inventario y desglosados por sector.

Tabla 6. Resultados generales del análisis de incertidumbre del inventario – tabla resumen.

Sector	Emisiones/absorciones en el año de base	Emisiones/absorciones en el año t	Incertidumbre por sector al año t	Contribución en la incertidumbre total en el año t	Contribución a la incertidumbre total de la tendencia
	kt CO ₂ equivalente	kt CO ₂ equivalente	%	%	%
Energía	17496,78	41674,65	3,60	1,97	1,21
IPPU	1273,27	4245,79	23,99	0,91	0,78
UTCUTS	62875,45	25823,20	37,60	82,46	83,27
Agricultura	14067,62	11728,64	19,25	4,46	4,45
Residuos	898,12	4790,32	71,28	10,20	10,30
Total	0,00	0,00		0,00	0,00
Incertidumbre total en el inventario	96611,24	88262,61		100,00	100,00
Total excluyendo categorías seleccionadas				12,10	15,60

Elaborado por: Proyecto / 5CN1BTR

1.7 Evaluación general de la exhaustividad

El INGEI de Ecuador para 2022 incluye las categorías de fuentes y sumideros presentes en el país, considerando la información disponible al momento de su estimación. Este enfoque asegura que las emisiones y absorciones reflejen de manera representativa las condiciones nacionales. En cuanto a las oportunidades

de mejora, siguiendo los lineamientos establecidos por las Directrices del IPCC de 2006 y su refinamiento en 2019, se han identificado y documentado en las secciones correspondientes las acciones que el país planea implementar.

Estas acciones están orientadas a perfeccionar la calidad, precisión y exhaustividad de las estimaciones y los reportes en futuros ciclos de inventario, fortaleciendo la alineación con estándares internacionales y apoyando la transparencia en los compromisos climáticos.

1.7.1 Información sobre la exhaustividad

En el caso de Ecuador, el INGEI abarca las emisiones y absorciones de GEI estimadas para todo el territorio continental nacional, considerando la serie temporal de los años 1994, 2000, 2006, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021 y 2022. Los gases incluidos en las estimaciones son CO₂, N₂O y CH₄, además de los gases precursores CO, NO_x, COVDM, SO₂ y los hidrofluorocarbonos (HFC).

En las Tablas Comunes de Reporte (CRT), integradas en los anexos del Documento del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (DIN) del Año 2022 del Ecuador, se utilizaron claves de notación para identificar las categorías excluidas del inventario, ya sea por falta de datos de actividad o porque las actividades indicadas en las Directrices del IPCC del 2006 no se realizan en el país. Para más detalles, consultar la Tabla 9 del anexo de las CRT.

1.7.2 Descripción de las categorías insignificantes

Las MPG establecen que puede utilizarse la clave de notación "NE" (no estimada) cuando las estimaciones sean insignificantes y no impacten de manera significativa en los resultados generales del inventario. Sin embargo, en el INGEI de Ecuador presentado en este reporte, no se empleó la clave de notación "NE" para estimaciones consideradas insignificantes. Esto refleja el compromiso del país con la transparencia y la exhaustividad en la elaboración del inventario, priorizando la inclusión de todas las fuentes y sumideros relevantes dentro de los límites establecidos por la disponibilidad de datos.

1.8 Sistemas de medición

De acuerdo con el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), se aplicaron los Potenciales de Calentamiento Atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO_{2-eq}). En cumplimiento de las MPG para el reporte conjunto de emisiones y absorciones de los diferentes

GEI, estos valores de PCA se utilizaron para garantizar la uniformidad en las estimaciones, permitiendo su representación en unidades de CO₂-eq. Los valores específicos de PCA aplicados se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Potencial de calentamiento atmosférico y potencial de cabio 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	Potencial de cambio de la temperatura media mundial
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-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	3.350	1.460
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	8.060	8.380

Fuente: Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5)

La estimación de emisiones y absorciones de GEI se expresa en unidades de masa, específicamente en kilotoneladas (kt). En este contexto, los valores positivos indican emisiones generadas por las fuentes, mientras que los valores negativos reflejan absorciones de CO₂ por los sumideros. Además, en las hojas de trabajo, resúmenes y demás documentación, se emplean unidades del Sistema Internacional (SI) de manera coherente. Esto garantiza uniformidad en la presentación de las emisiones y absorciones dentro del DIN 2024, asegurando claridad y consistencia en los reportes.

1.9 Resumen de la flexibilidad aplicada²

En el marco del Artículo 13 del Acuerdo de París, Ecuador ha adoptado flexibilidades específicas para la elaboración del INGEI. Esta medida se adapta a las capacidades del país, permitiendo enfrentar desafíos técnicos y de recursos, al tiempo que garantiza la transparencia y coherencia en los informes.

Este enfoque apoya el cumplimiento de los compromisos internacionales y promueve la mejora continua en la gestión de datos relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente en las series temporales.

² 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.

Las series temporales incluidas en este informe abarcan únicamente los períodos para los cuales se dispone de inventarios previamente desarrollados. Ante la ausencia de datos completos en la serie histórica entre 1990 y 2019, Ecuador ha hecho uso de la flexibilidad permitida para reportar la información disponible. En los apartados siguientes, se describen la aplicación de estas flexibilidades, los avances logrados y las acciones planificadas para superar estas limitaciones.

Adicionalmente, las flexibilidades empleadas por el país en la presentación del inventario nacional se relacionan con la información sobre ciertos gases, como los perfluorocarburos (PFC), el hexafluoruro de azufre (SF_6) y el trifluoruro de nitrógeno (NF_3). Esto se debe a la falta de metodologías y procesos definidos para el análisis y reporte de estas sustancias en el momento del informe.

Finalmente, se considera también la flexibilidad aplicada a la presentación de un plan formal de aseguramiento y control de calidad del inventario. Aunque ya se llevan a cabo acciones específicas relacionadas con estos requerimientos, estas aún no están estructuradas como un plan institucionalizado y articulado interinstitucionalmente, lo que representa un área clave para fortalecer en futuros reportes.

Para obtener más detalles sobre las flexibilidades establecidas en el marco de la elaboración del INGEI, se incluyen todos los requerimientos correspondientes en la tabla Flex_Summary de los Common Report Table (CRT). Se recomienda consultar dicha tabla para una descripción detallada. Además, esta información se encuentra ampliada en el Capítulo VII: Aplicación de Flexibilidades y Mejoras Planificadas, donde se profundiza en la implementación de las flexibilidades y las acciones previstas para su optimización, presentada en la 5CN1BR.

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

En 2022, las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) en Ecuador alcanzaron 88.262,87 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$, lo que representa una reducción aproximada del 8,6% en comparación con 1994, marcando una tendencia de disminución a lo largo del periodo analizado.

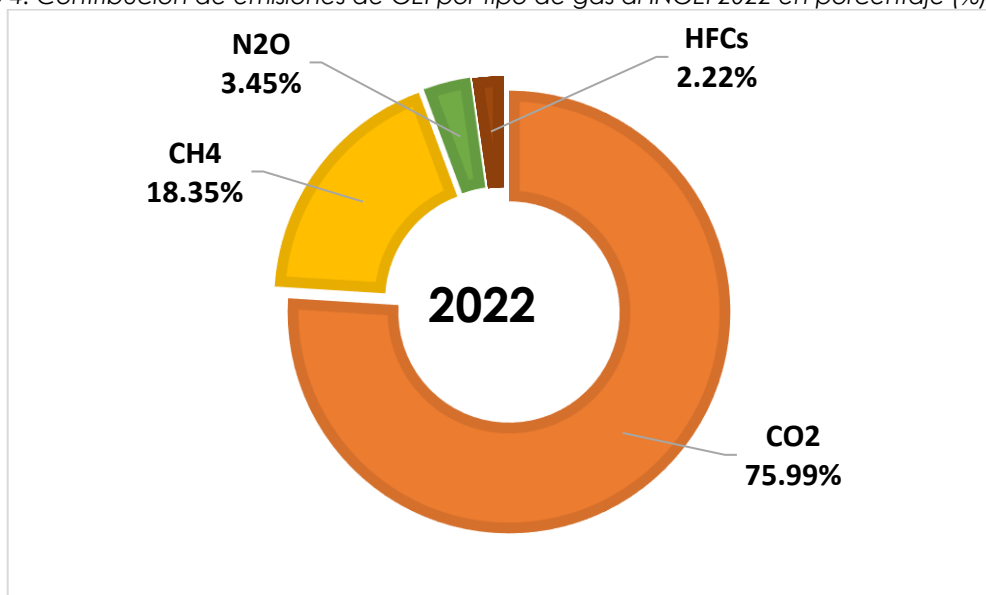
El sector Energía es el principal emisor, contribuyendo con el 47,22% (41.674,68 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$) del total nacional. Le sigue el sector UTCUTS, que aporta el 29,26% (25.823,20

kt CO₂-eq), y el sector Agricultura, con el 13,29% (11.728,67 kt CO₂-eq). Los sectores de Residuos y Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) representan el 5,43% (4.790,78 kt CO₂-eq) y el 4,81% (4.245,78 kt CO₂-eq), respectivamente

2.2 Emisión nacional de GEI por tipo de gas

La distribución nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por tipo de gas muestra que el dióxido de carbono (CO₂), considerando emisiones netas, representa el 75,99% del total. Le sigue el metano (CH₄) con un 18,35%, el óxido nitroso (N₂O) con un 3,45% y, finalmente, los hidrofluorocarbonos (HFC), que contribuyen con el 2,22% (Ver gráfico 4).

Gráfico 4. Contribución de emisiones de GEI por tipo de gas al INGEI 2022 en porcentaje (%).



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

A continuación, se presentan los resultados del INGEI correspondientes al año 2022, desglosados por tipo de gas evaluado: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

2.2.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

Las emisiones totales de dióxido de carbono (CO₂) en términos netos fueron para el año 2022 de 67.070,45 kt CO₂-eq, mismas que provienen mayoritariamente del sector energía, con el 57,83%, gracias al aporte total de 38.787,23 kt CO₂-eq cuya mayor parte proviene de la categoría combustión de combustibles fósiles en el año 2022.

El sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) registró una emisión neta de dióxido de carbono (CO_2) de 25.795,13 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$. En cuanto a las emisiones en términos netos de carbono únicamente su peso respecto del total en las emisiones del gas es de 38,46%.

Por su parte, el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) aportó con 2.288,20 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ mayormente provenientes de la categoría Industria de los minerales, sector que representó el 3,41 % de las emisiones totales de dicho gas. A su vez, las emisiones de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ del sector Agricultura representaron el 0,27% del total con solo 183,01 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ en emisiones por el gas.

2.2.2 Metano (CH_4)

En 2022, las emisiones de metano (CH_4) contabilizaron 16.191,79 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$, generadas principalmente en el sector Agricultura, que representó el 55,74% (9.024,72 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$). Le siguen el sector Residuos, con un 28,27% (4.578,11 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$); el sector Energía, con un 15,85% (2.567,00 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$); y el sector UTCUTS, que contribuyó con un 0,14% (21,96 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$).

En el sector Agricultura, la mayor fuente de emisiones de CH_4 provino de la categoría Fermentación entérica, que representó el 82% de las emisiones sectoriales. Por su parte, en el sector Residuos, las emisiones de CH_4 se generaron principalmente a partir de los procesos anaeróbicos de descomposición de materia orgánica en los residuos sólidos urbanos.

2.2.3 Óxido Nitroso (N_2O)

En 2022, las emisiones de óxido nitroso (N_2O) alcanzaron 3.043,05 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$. El sector Agricultura fue el mayor contribuyente, representando el 82,84% (2.520,94 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$) del total. Le siguen el sector Energía con el 10,53% (320,46 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$), el sector Residuos con el 6,43% (195,55 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$) y el sector UTCUTS con el 0,20% (6,11 kt $\text{CO}_{2\text{-eq}}$).

En el sector Agricultura, la categoría Suelos agrícolas aportó el 87% de las emisiones de este gas dentro del sector. Por su parte, en el sector Residuos, la categoría Tratamiento y descarga de aguas residuales representó el 98% de las emisiones totales de N_2O del sector.

La matriz resumen del inventario nacional GEI con el detalle de volumen de emisiones por sector, categoría y tipo de gas se muestra a continuación:

2.2.4 Hidrofluorocarbonos (HFC)

En 2022, las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) alcanzaron 1.957,58 kt CO₂-eq. Al sector de IPPU se le atribuye este tipo de gas, de los cuáles el 34% se refiere a la aplicación en refrigeración comercial, mediana y grande, seguido de refrigeración industrial (24%) y por aire acondicionado y móvil (19%). De este gas se realiza su estimación en el presente reporte por primera vez.

Tabla 8. Resumen del inventario nacional de GEI 2022, por sectores y categorías (kt CO₂ eq)

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt CO ₂ eq)	CH ₄ (kt CO ₂ eq)	N ₂ O (kt CO ₂ eq)	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)	67.070,45	16.191,79	3.043,05	1.957,58	0,00	0,00	0,00	0,00	88.262,87
1.	Energía	38.787,23	2.567,00	320,46						41.674,68
1.A.	Actividades de quema de combustible	37.467,04	230,31	315,26						38.012,61
1.A.1.	Industrias de la energía	6.866,44	7,04	12,81						6.886,29
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	3.581,86	13,23	18,82						3.613,91
1.A.3.	Transporte	20.769,85	143,17	269,05						21.182,07
1.A.4.	Otros sectores	3.720,22	64,32	10,02						3.794,57
1.A.5.	Otro	2.528,68	2,55	4,56						2.535,79
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	1.320,19	2.336,69	5,20						3.662,07
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO	NO						NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	1.320,19	2.336,69	5,20						3.662,07
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO								NO
2.	Procesos industriales y uso de productos	2.288,20			1.957,58					4.245,78
2.A.	Industria de los minerales	2.198,39								2.198,39
2.B.	Industria química									
2.C.	Industria de los metales	86,67								86,67
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	3,14								3,14
2.E.	Industria electrónica									NA
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				1.957,58					1.957,58
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos									NA
2.H.	Otros (especificar)									
3.	Agricultura	183,01	9.024,72	2.520,94						11.728,67

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt CO ₂ eq)	CH ₄ (kt CO ₂ eq)	N ₂ O (kt CO ₂ eq)	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)
3.A.	Fermentación entérica		7.409,73							7.409,73
3.B.	Gestión del estiércol		331,18	316,61						647,79
3.C.	Cultivo del arroz		1.239,95							1.239,95
3.D.	Suelos agrícolas		NE	2.193,56						2.193,56
3.E.	Quema prescrita de sabanas		NA	NA						NA
3.F.	Quema de residuos agrícola en el campo		43,86	10,76						54,26
3.G.	Encalado	23,79								23,79
3.H.	Aplicación de urea	159,22								159,22
3.I.	Otros fertilizantes que contienen carbono	NE								NE
3.J.	Otros (especificar)	NO	NO	NO						NO
4.	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	25.795,13	21,96	6,11						25.823,20
4.A.	Tierras forestales	-17.014,15	21,96	6,11						-16.986,08
4.B.	Tierras de cultivo	36.768,47	NA	NA						36.768,47
4.C.	Pastizales	1.299,66	NA	NA						1.299,66
4.D.	Humedales	2,84	NA	NA						2,84
4.E.	Asentamientos	3.954,44	NA	NA						3.954,44
4.F.	Otras tierras	783,86	NA	NA						783,86
4.G.	Productos de madera recolectada	0,00								0,00
4.H.	Otros (especificar)	NE	NA	NA						0,00
5.	Residuos	16,88	4.578,11	195,55						4.790,54
5.A.	Disposición de residuos sólidos	NE	3.665,93							3.665,93
5.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos		3,77	2,68						6,45
5.C.	Incineración y quema abierta de residuos	16,88	0,00	0,32						17,20
5.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		908,40	192,55						1.100,95
5.E.	Otros (especificar)	NA	NA	NA						NA

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt CO ₂ eq)	CH ₄ (kt CO ₂ eq)	N ₂ O (kt CO ₂ eq)	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)
6.	Otros (especificar)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		65.573,00	16.181,92	3.040,31	1.957,58	0,00	0,00	0,00	0,00	86.752,81
	Elementos informativos	38.787,23	2.567,00	320,46						41.674,68
1.D.1.	Combustibles internacionales	37.467,04	230,31	315,26						38.012,61
1.D.1.a.	Aviación	6.866,44	7,04	12,81						6.886,29
1.D.1.b.	Navegación	3.581,86	13,23	18,82						3.613,91
1.D.2.	Operaciones multilaterales	20.769,85	143,17	269,05						21.182,07
1.D.3.	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	3.720,22	64,32	10,02						3.794,57
1.D.4.	CO ₂ capturado	2.528,68	2,55	4,56						2.535,79
5.F.1.	Almacenamiento a largo plazo de C en sitios de disposición de residuos	1.320,19	2.336,69	5,20						3.662,07
	Emisiones indirectas de N ₂ O	NO	NO	NO						NO
	Emisiones indirectas de CO ₂	NA								NA
Total de CO₂ equivalente sin UTCUTS										62.439,67
Total de CO₂ equivalente con UTCUTS										88.262,87
Total de CO₂ equivalente, incluyendo emisiones indirectas de CO₂, sin UTCUTS										62.439,67
Total de CO₂ equivalente, incluyendo emisiones indirectas de CO₂, con UTCUTS										88.262,87

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

Fuente: con base en hoja **Summary1** de los CRT.

2.3 Descripción de la tendencia de las emisiones y absorciones por sector y gas

2.3.1 Descripción de la tendencia por sector

Las emisiones totales de GEI reportadas para el año 2022 (88.262,87 kt CO₂-eq) reflejan una disminución del 8,6% en comparación con las registradas en 1994 (96.611,18 kt CO₂-eq). Sin embargo, en relación con 2018 (80.359,99 kt CO₂-eq), último año reportado en el inventario anterior, se observa un aumento del 9,8% para 2022. La variación promedio interanual durante el periodo 1994-2022 se calcula en 0,72%.

Desde 2010, el sector Energía ha sido el principal contribuyente de emisiones de GEI, con una tasa de variación promedio interanual del 3,46%. Antes de ese año, el sector UTCUTS lideraba en emisiones, aunque presenta una tasa de variación promedio interanual negativa de -0,79% para todo el periodo.

Las variaciones en las emisiones están asociadas a diversos factores, entre ellos: (1) la entrada en operación de centrales hidroeléctricas, destacando Coca Codo Sinclair desde 2016; (2) la reducción del consumo energético en la región Costa tras el terremoto de abril de 2016; (3) la disminución en el uso de combustible de aviación; (4) las restricciones de movilidad durante 2020 y 2021 para mitigar el COVID-19; (5) el aumento en las absorciones de tierras forestales y la reducción de emisiones en tierras agrícolas; y (6) la disminución en la producción de cultivos y el uso de fertilizantes sintéticos, entre otros.

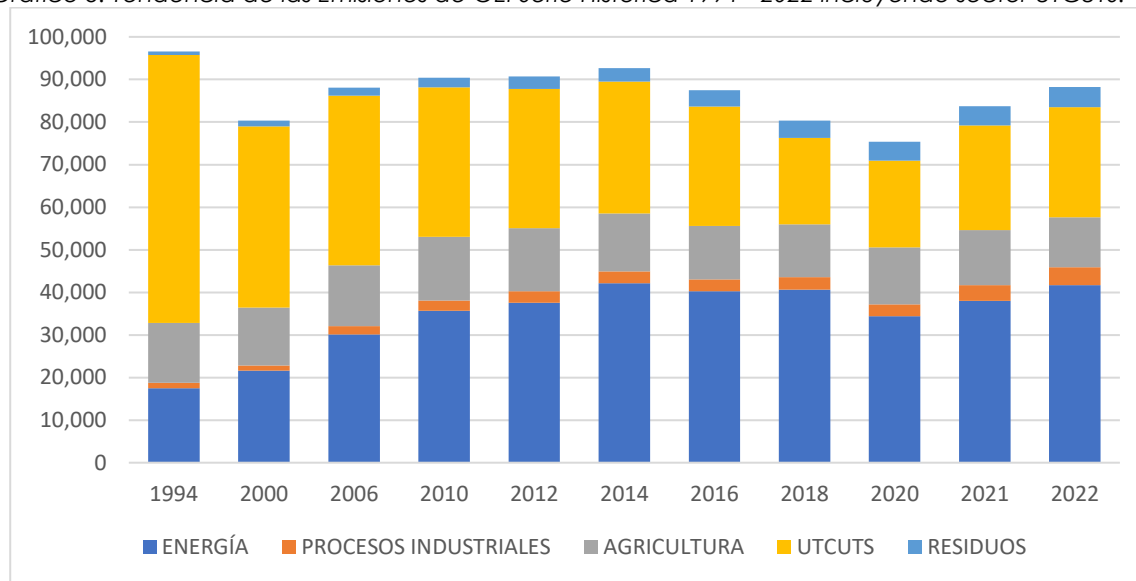
La Tabla 9 y Gráfico 6, presenta Análisis de Tendencia de Emisiones de GEI (kt CO₂-eq) de la serie Histórica 1994 - 2022 incluyendo sector UTCUTS.

Tabla 9. Análisis de Tendencia de Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 incluyendo sector UTCUTS
kt CO₂-eq.

Sector	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Energía	17.496,80	21.612,10	30.127,00	35.668,90	37.566,40	42.129,30	40.264,00	40.651,30	34.381,00	38.019,00	41.674,68
IPPU	1.273,26	1.243,34	1.945,30	2.420,31	2.698,26	2.777,42	2.767,27	2.943,62	2.834,35	3.655,36	4.245,78
Agricultura	14.067,63	13.579,55	14.249,13	15.005,16	14.810,87	13.635,93	12.570,33	12.377,81	13.377,30	12.930,59	11.728,67
UTCUTS	62.875,45	42.575,69	39.901,07	35.116,06	32.680,61	30.968,43	28.055,80	20.294,77	20.319,03	24.604,02	25.823,20
Residuos	898,05	1.290,73	1.827,33	2.271,90	2.987,06	3.141,85	3.853,34	4.092,49	4.450,46	4.526,76	4.790,54
Total neto	96.611,18	80.301,41	88.049,83	90.482,33	90.743,20	92.652,93	87.510,74	80.359,99	75.362,14	83.735,73	88.262,87

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Gráfico 5. Tendencia de las Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 incluyendo sector UTCUTS.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

El total de emisiones contabilizadas en el INGEI, excluyendo el sector UTCUTS, alcanzó un volumen de 62.439,67 kt CO_{2-eq} en 2022. Analizando la tendencia de emisiones sin este sector, se observa que la tasa de variación entre el primer año de reporte, 1994 (33.735,74 kt CO_{2-eq}), y el último año, 2022, supera el 85%. A partir de 2010, la variación interanual muestra una notable reducción y mayor estabilidad. Comparando las emisiones de 2022 con las del último año del inventario previo, 2018, se registra un aumento del 4% (ver Tabla 9 y Gráfico 9).

Excluyendo UTCUTS, el volumen total de emisiones del inventario en 2022 es un 30% menor, y la tasa de variación promedio interanual para el periodo 1994-2022 se sitúa en 2,34%.

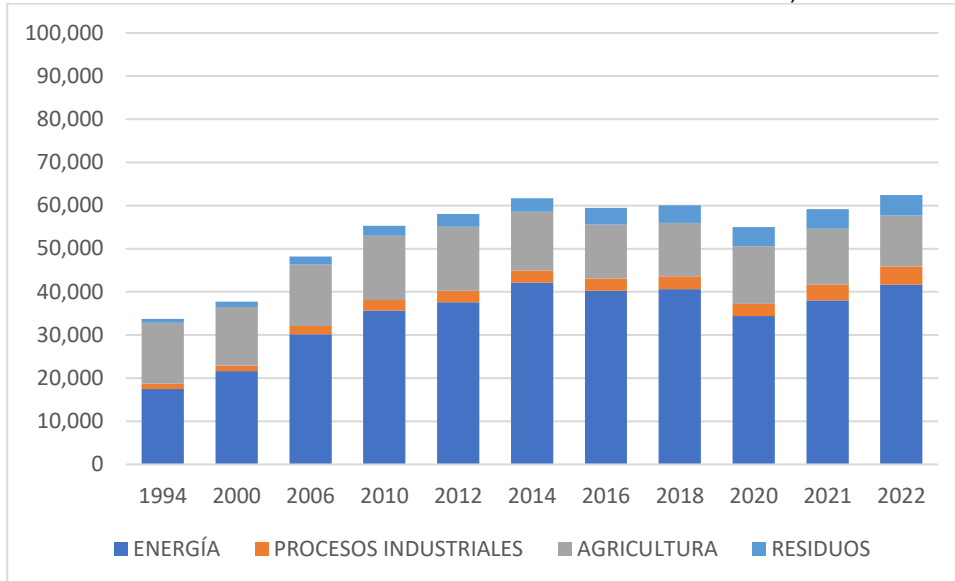
La Tabla 10 y Gráfico 6, presenta Análisis de Tendencia de Emisiones de GEI (kt CO_{2-eq}) de la serie Histórica 1994 - 2022 incluyendo sector UTCUTS.

Tabla 10. Análisis de Tendencia de Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 excluyendo sector UTCUTS.

Sector	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Energía	17.496,80	21.612,10	30.127,00	35.668,90	37.566,40	42.129,30	40.264,00	40.651,30	34.381,00	38.019,00	41.674,68
IPPU	1.273,26	1.243,34	1.945,30	2.420,31	2.698,26	2.777,42	2.767,27	2.943,62	2.834,35	3.655,36	4.245,78
Agricultura	14.067,63	13.579,55	14.249,13	15.005,16	14.810,87	13.635,93	12.570,33	12.377,81	13.377,30	12.930,59	11.728,67
Residuos	898,05	1.290,73	1.827,33	2.271,90	2.987,06	3.141,85	3.853,34	4.092,49	4.450,46	4.526,76	4.790,54
Total neto	33.735,74	37.725,72	48.148,76	55.366,27	58.062,59	61.684,50	59.454,94	60.065,22	55.043,11	59.131,71	62.439,67

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 6. Tendencia de las Emisiones de GEI Serie Histórica 1994 - 2022 excluyendo sector UTCUTS.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

2.3.2 Descripción de la tendencia por gas de efecto invernadero

La tendencia del total de volumen de CO₂ sin contar las emisiones del sector UTCUTS presenta una variación significativa que alcanza el 148% entre el año 1994 de inicio del periodo y el 2022 último año reportado, llegando a las 41.275,27 kt CO₂-eq, en cambio considerando el total del volumen de CO₂ contando las emisiones del sector UTCUTS, la tasa de variación en todo el periodo 1994 – 2022 es de un - 15,6% llegando al último año de reporte a las 67.070,40 kt CO₂-eq, análisis basado en el gas que presenta más volumen de emisiones. La tasa de variación interanual promedio de CO₂ sin contar el sector UTCUTS llega al 3,7% y contado con el sector UTCUTS llega al 2,2% de cambio año a año.

Con respecto al CH₄ y al N₂O no existen variaciones significativas durante el periodo de los inventarios reportados 1994-2022, para los dos gases el promedio de variación interanual de todo el periodo llega a menos del 0,1%, marcando como año más significativo el cambio de 2021 a 2022 sobre todo en cuanto el óxido nitroso que llega a las 3.040,36 kt CO₂-eq (total incluyendo el sector UTCUTS) mayormente generadas en el sector agricultura.

En el caso de los gases HFC la variación promedio interanual del periodo llega al 24,8% entre 1994 y 2022 llegando a las 1.957,31 kt CO₂-eq, tendencia ésta que está estrechamente ligada a las importaciones de los insumos relacionados con estos gases.

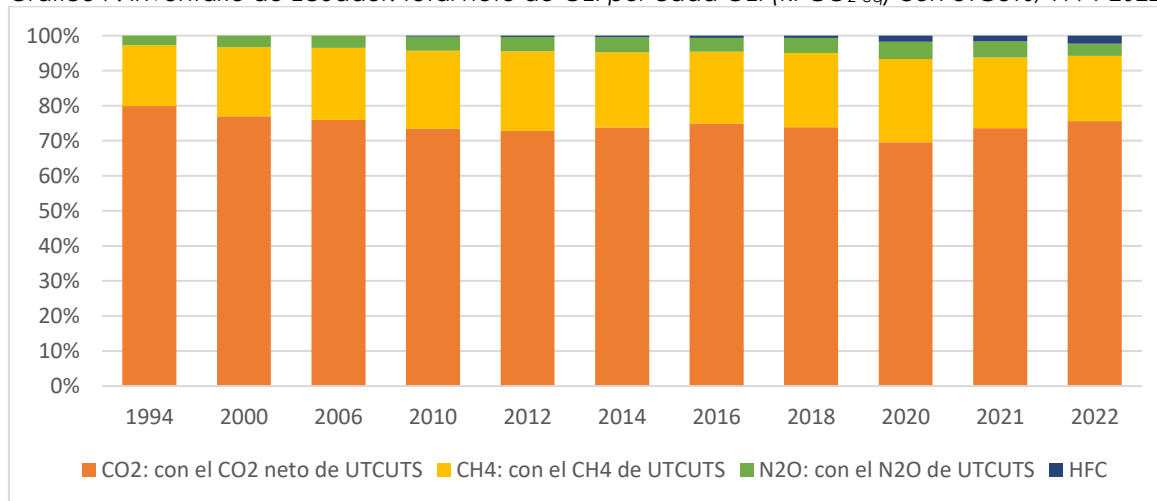
La Tabla 11 y Gráfico 7, presenta la información referente a las tendencias por tipo de GEI del sector Residuos en el INGEI de Ecuador.

Tabla 11. Inventario de Ecuador: emisiones y absorciones por cada GEI (kt CO₂-eq)

GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CO ₂ : sin el CO ₂ neto de UTCUTS	16.638,08	20.753,22	29.269,61	35.323,16	37.309,83	41.562,44	39.600,30	40.260,42	33.476,22	37.769,35	41.275,27
CO ₂ : con el CO ₂ neto de UTCUTS	79.497,12	63.327,50	69.164,52	70.425,30	69.916,49	72.520,37	67.640,12	60.536,92	53.773,11	62.350,77	67.070,40
CH ₄ : sin el CH ₄ de UTCUTS	14.772,54	14.556,23	16.165,73	16.771,65	17.340,02	16.476,23	16.242,98	16.075,29	16.817,06	16.350,30	16.169,83
CH ₄ : con el CH ₄ de UTCUTS	14.785,38	14.557,33	16.170,55	16.782,54	17.397,87	16.484,44	16.255,48	16.089,58	16.834,38	16.367,98	16.191,79
N ₂ O: sin el N ₂ O de UTCUTS	2.325,12	2.416,27	2.713,42	3.056,52	3.123,63	3.271,34	3.138,77	3.210,41	3.546,83	3.687,01	3.036,99
N ₂ O: con el N ₂ O de UTCUTS	2.328,69	2.416,58	2.714,76	3.059,55	3.139,73	3.273,63	3.142,25	3.214,39	3.551,65	3.691,93	3.043,10
HFC				214,93	289,11	374,48	472,90	519,10	1.203,00	1.325,05	1.957,58
PFC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Mezclas no específicas de HFC y PFC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SF ₆	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF ₃	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total (sin UTCUTS)	33.735,74	37.725,72	48.148,76	55.366,27	58.062,60	61.684,50	59.454,95	60.065,21	55.043,11	59.131,71	62.439,67
Total neto (con UTCUTS)	96.611,19	80.301,41	88.049,83	90.482,33	90.743,21	92.652,93	87.510,75	80.359,98	75.362,14	83.735,73	88.262,87
Total (sin UTCUTS, con indirectos)	33.735,74	37.725,72	48.148,76	55.366,27	58.062,60	61.684,50	59.454,95	60.065,21	55.043,11	59.131,71	62.439,67
Total neto (con UTCUTS, con indirectos)	96.611,19	80.301,41	88.049,83	90.482,33	90.743,21	92.652,93	87.510,75	80.359,98	75.362,14	83.735,73	88.262,87

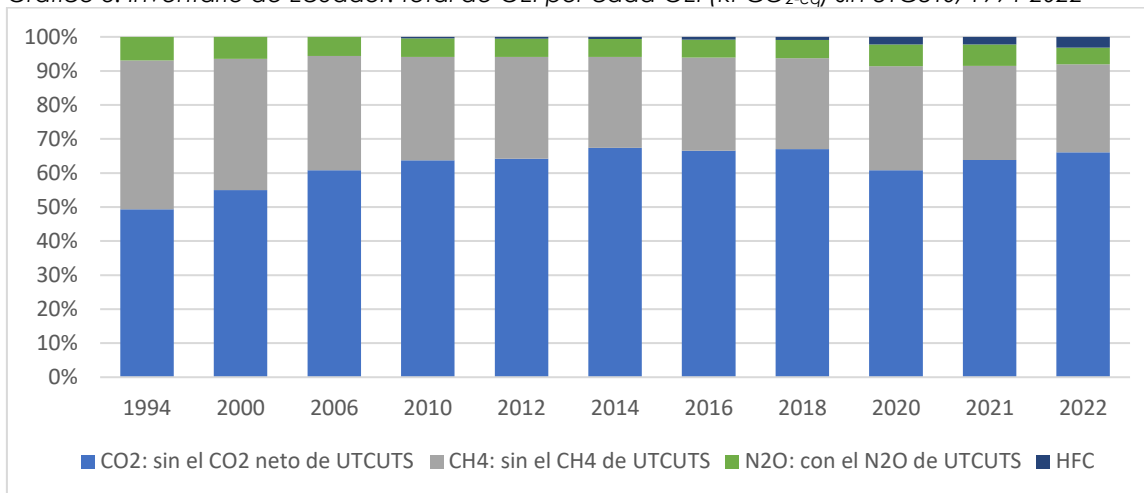
Fuente: con base en hoja **Table10s6** de los CRT.

Gráfico 7. Inventario de Ecuador: total neto de GEI por cada GEI (kt CO₂-eq) con UTCUTS, 1994-2022



Fuente: con base en hoja **Table10s6** de los CRT.

Gráfico 8. Inventario de Ecuador: total de GEI por cada GEI (kt CO₂-eq) sin UTCUTS, 1994-2022



Fuente: con base en hoja **Table10s6** de los CRT.

3 ENERGÍA (1)

3.1 Panorama general del sector

En el Ecuador, la Constitución, en su artículo 313 cita: “El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos...”, “Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas ...”. En base a este marco normativo el Gobierno Nacional abarca en su mayoría todos los procesos referentes al sector Energía. Esto quiere decir que el sector público ecuatoriano es un pilar fundamental para la estimación de gases de efecto invernadero ya que contiene la mayor parte de registros administrativos (datos de actividad) necesarios para estimar el inventario de gases de efecto invernadero.

El presente capítulo muestra los aspectos metodológicos clave para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector de energía. Además, ofrece una explicación detallada de los datos de actividad, factores de emisión, flexibilidades aplicadas y tendencias, en conjunto con una presentación de los principios metodológicos aplicados en este proceso.

3.1.1 Descripción del sector

El crecimiento económico de los países desarrollados (Anexo I según la UNFCCC), desde la revolución industrial, ha sido el incremento del uso de los distintos tipos de energía. Según Barreto, C. (2012) el uso intensivo de energía tiene una relación directa con la acumulación de capital.

El IPCC considera las siguientes actividades dentro del Sector:

- Exploración y explotación de fuentes primarias de energía;
- Centros de transformación de energía primaria a secundaria;
- Transporte y distribución de combustibles;
- Combustión en medios estacionarios o móviles.

Las emisiones de estas actividades se dividen en dos principales grupos:

- a. 1A-Actividades de quema de combustible.** - Se entienden como la oxidación intencional de combustibles (fósiles, biomasa, etc.) dentro de una máquina diseñada para aprovechar la energía resultante de la combustión directamente como calor o indirectamente como energía mecánica.
- b. 1B-Emisiones fugitivas procedentes de la fabricación de combustibles.** - Constituyen fugas por evaporación dentro de las instalaciones de extracción, transporte, industrialización y comercialización de combustibles.

Para estas dos categorías se estiman los siguientes gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

En el Ecuador se estiman emisiones en los siguientes categorías y subcategorías (ver tabla 12):

Tabla 12. Resumen de las categorías de GEI estimadas en Ecuador al 2022

Categorías	Subcategorías	Gas
1A Quema de combustibles	1A1. Industrias de la Energía	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	1A2. Industrias Manufactureras y de la de Construcción	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	1A3. Transporte	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	1A4. Otros Sectores	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	1A5. No Especificado	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	1B2. Petróleo y Gas Natural	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

3.1.2 Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI del sector energía de Ecuador de 2022, por tipo de GEI se estimaron en 38.787,2 kt CO₂; 91,7 kt CH₄; 1,2 kt de NO₂; 98,8 kt de NO_x; 193,2 kt de CO; 81,9 kt de COVDM; y 746,4 de kt de SO_x.

Tabla 13. Sector Energía: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2022.

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)
1.	Energía	38.787,2	91,7	1,2	98,8	193,2	81,9	746,4	41.674,7
1.A.	Actividades de quema de combustible	37.467,0	8,2	1,2	98,8	193,2	31,8	746,4	38.012,6
1.A.1.	Industrias de la energía	6.866,4	0,3	0,0	8,5	1,6	0,2	21,4	6.886,3
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	2.605,3	0,1	0,0	4,4	0,8	0,1	12,9	2.612,8
1.A.1.b.	Refinación del petróleo	1.245,5	0,0	0,0	0,0	0,0	IE	NO	1.248,9
1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	3.015,6	0,1	0,0	4,0	0,8	0,1	8,5	3.024,5
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	3.581,9	0,5	0,1	2,5	0,5	0,2	0,3	3.613,9
1.A.2.a.	Hierro y acero	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.b.	Metales no ferrosos	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.c.	Sustancias químicas	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.d.	Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.f.	Minerales no metálicos	402,3	0,1	0,0	2,5	0,5	0,2	0,3	406,2
1.A.2.g.	Otros (especificar)	3.179,6	0,4	0,1	-	-	-	-	3.207,7
1.A.3.	Transporte	20.769,8	5,1	1,0	73,9	160,3	26,5	721,2	21.182,1
1.A.3.a.	Aviación civil	325,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	327,4
1.A.3.b.	Transporte terrestre	19.029,0	5,0	1,0	49,5	158,7	25,8	718,3	19.427,6
1.A.3.c.	Ferrocarriles	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	990,7	0,1	0,0	23,2	1,5	0,6	0,0	1.000,4
1.A.3.e.	Otro tipo de transporte	425,2	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	2,9	426,6
1.A.4.	Otros sectores	3.720,2	2,3	0,0	6,7	28,5	4,3	1,5	3.794,6
1.A.4.a.	Comercial / Institucional	643,1	0,1	0,0	2,8	0,8	0,2	0,9	646,4
1.A.4.b.	Residencial	2.608,1	2,2	0,0	2,1	27,1	4,0	0,1	2.676,5

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)
1.A.4.c.	Agricultura / Silvicultura / Pesca	469,0	0,1	0,0	1,9	0,6	0,1	0,5	471,7
1.A.5.	Otro (no especificado en otra parte)	2.528,7	0,1	0,0	7,2	2,3	0,6	2,0	2.535,8
1.A.5.a.	Estacionaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	-
1.A.5.b.	Móvil	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	-
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	1.320,2	83,5	0,0	-	-	50,2	-	3.662,1
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-
1.B.1.a.	Minería y manejo del carbón	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-	-
1.B.1.b.	Transformación de combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-
1.B.1.c.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	1.320,2	83,5	0,0	-	-	50,2	-	3.662,1
1.B.2.a.	Petróleo	1.319,0	82,2	0,0	-	-	50,0	-	3.624,4
1.B.2.b.	Gas natural	1,2	1,3	-	-	-	0,2	-	37,7
1.B.2.c.	Venteo y quemado	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.B.2.d.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	-	-	-	-	-	-	NO
1.C.1.	Transporte de CO ₂	NO	-	-	-	-	-	-	NO
1.C.2.	Inyección y almacenamiento	NO	-	-	-	-	-	-	NO
1.C.3.	Otros	NO	-	-	-	-	-	-	NO
Elementos informativos									
1.D.1.	Combustibles internacionales	3.660,3	0,3	0,1	66,9	3,8	1,7	0,7	710,3
1.D.1.a.	Aviación	705,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	2.983,1
1.D.1.b.	Navegación	2.955,3	0,3	0,1	65,9	3,8	1,7	0,7	-
1.D.2.	Operaciones multilaterales	NO	-	-	-	-	-	-	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)
1.D.3.	Emisiones de CO ₂ de la biomasa	1.926,0							1.926,0
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

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

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table1 de los CRT.

Las emisiones de GEI del sector Energía para el año 2022 representaron el 47,22 % (41.675 kt CO₂-eq) respecto al total nacional. La categoría "Quema de combustibles (1A)" aporta con el 91% (38.013 kt CO₂-eq) del total de las emisiones del sector y la categoría de "Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B)" aporta con el restante 9% (3.662 kt CO₂-eq). La principal subcategoría de la categoría 1A es "Transporte (1A3)" con una cantidad de 21.182,1 kt CO₂-eq que representa el 51% de las emisiones de GEI del sector Energía, seguido de la subcategoría "Industrias de la Energía (1A1)" con 6.886,3 kt CO₂-eq (17%) y 3.794,6 kt CO₂-eq de la subcategoría "Otros Sectores (1A4)" (9%). Para el 2022 se presenta un 2,5% de crecimiento de las emisiones del sector Energía frente a los valores oficiales presentados para el periodo 2018 en la Cuarta Comunicación y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un crecimiento de 138% en comparación a los valores estimados para 1994 (ver Tabla 14 y Gráfico 9).

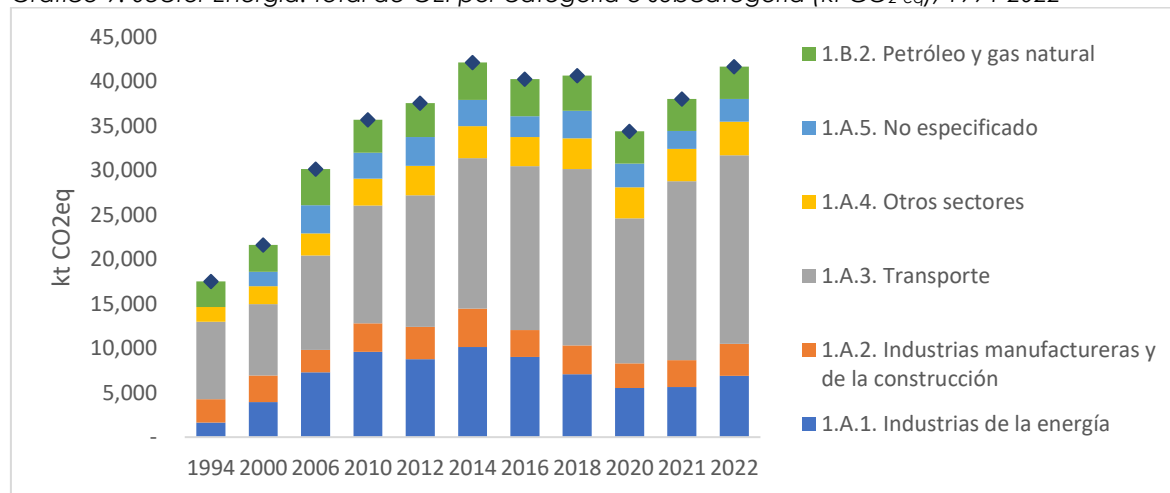
Es importante mencionar que, debido a las restricciones para evitar la propagación del COVID-19 existió una reducción de 13,7% de emisiones de GEI entre el periodo 2019-2020 debido a las restricciones de movilidad sobre todo el territorio nacional. Estas restricciones se fueron flexibilizando paulatinamente por ende las emisiones se fueron incrementando hasta los niveles antes mencionados.

Tabla 14. Sector Energía: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO₂-eq) serie 1994-2022

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
1.A.1. Industrias de la energía	1.633,8	3.939,9	7.275,1	9.588,2	8.768,9	10.121,5	9.022,5	7.082,7	5.508,2
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	2.646,4	2.993,0	2.524,2	3.201,8	3.627,7	4.316,6	3.021,6	3.225,0	2.785,9
1.A.3. Transporte	8.708,5	8.020,8	10.642,3	13.244,1	14.787,8	16.926,0	18.432,4	19.834,2	16.319,7
1.A.4. Otros sectores	1.640,9	2.020,3	2.469,8	3.042,8	3.317,7	3.605,3	3.257,8	3.438,4	3.479,8
1.A.5. No especificado	-	1.611,7	3.163,9	2.912,2	3.224,2	2.933,2	2.335,3	3.127,4	2.643,9
1.B.2. Petróleo y gas natural	2.867,2	3.026,4	4.051,6	3.679,8	3.840,1	4.226,8	4.194,4	3.943,7	3.643,6
Total	17.496,8	21.612,1	30.127,0	35.668,9	37.566,4	42.129,3	40.264,0	40.651,3	34.381,0

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table 10s1 de los CRT.

Gráfico 9. Sector Energía: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO₂-eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

En el Sector Energía el principal gas de efecto invernadero es el CO₂ producto de la combustión y el contenido de carbono de cada combustible. Además, se estiman cantidades de CH₄ y N₂O que dependen de la tecnología y condiciones de operación de maquinaria en el país.

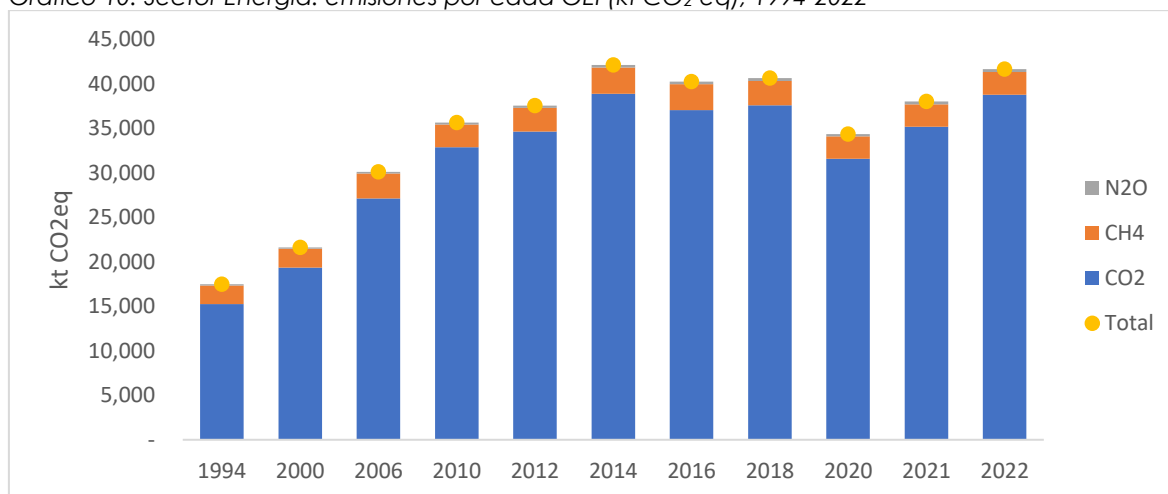
Respecto al total de emisiones del sector Energía por tipo de gas de efecto invernadero (GEI), se reporta para el año 2022 una emisión de 38.787,2 kt CO₂-eq que representan el 93% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), 2.567,0 kt CO₂-eq de metano (CH₄) que representan un 6% del total y 320,5 kt CO₂-eq de óxido nítrico (N₂O) que representan el 1% (ver Tabla 15 y Gráfico 10).

Tabla 15. Sector Energía: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq) serie 1994-2022.

GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CO ₂	15.255,4	19.360,3	27.150,1	32.885,7	34.650,8	38.907,8	37.056,8	37.590,5	31.592,7	35.184,5	38.787,2
CH ₄	2.090,7	2.114,5	2.787,9	2.562,1	2.673,0	2.943,8	2.917,3	2.752,5	2.531,5	2.529,5	2.567,0
N ₂ O	150,7	137,3	189,0	221,1	242,7	277,8	290,0	308,4	256,8	304,9	320,5
Total	17.496,8	21.612,1	30.127,0	35.668,9	37.566,4	42.129,3	40.264,0	40.651,3	34.381,0	38.019,0	41.674,7

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Gráfico 10. Sector Energía: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Respecto a las emisiones de precursores del sector Energía se estimaron los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM) y Dióxido de Azufre (SO₂, se reporta para el año 2022 una emisión de 1.120,4 kt. De este total el 67% corresponde a Dióxido de Azufre (SO₂) con 746,4 kt, con 17% el Monóxido de Carbono con 193,2, con el 9% los Óxidos de Nitrógeno con 98,8 kt y el restante 7% corresponden a los Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM). Para el 2022 se presenta un 5,2% de crecimiento de las emisiones de precursores en el sector Energía frente a los valores oficiales presentados para el periodo 2018 en la Cuarta Comunicación y Segundo

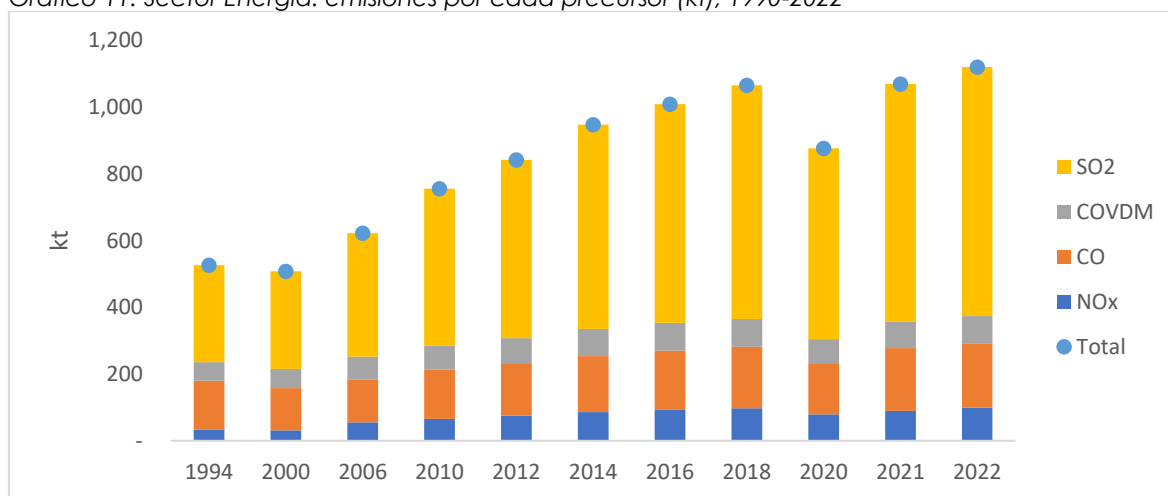
Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un crecimiento de 112,7% en comparación a los valores estimados para 1994 (ver Tabla 16 y Gráfico 11).

Tabla 16. Sector Energía: emisiones por cada precursor (kt) serie 1994-2022

Precursor	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
NOx	32,8	30,8	55,3	65,8	75,1	86,3	92,8	97,3	79,4	89,4	98,8
CO	146,7	127,0	127,6	147,6	157,4	167,5	177,3	184,0	153,1	188,7	193,2
COVDM	56,3	57,2	69,3	70,7	75,3	81,6	83,6	83,5	72,3	79,9	81,9
SOX	290,9	292,9	370,1	471,9	534,1	612,2	655,6	700,6	572,2	711,9	746,4
Total	526,8	507,9	622,4	756,0	841,8	947,5	1.009,3	1.065,5	876,9	1.069,8	1.120,4

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Gráfico 11. Sector Energía: emisiones por cada precursor (kt), 1990-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

3.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

De acuerdo con el requerimiento dentro del refinamiento 2019 de las directrices de la IPCC 2006, cada método de cálculo debe ser seleccionado en base a la herramienta "árbol de decisión". Esta herramienta da una pauta a seguir en base a varios factores. Uno de ellos, es el análisis de categorías principales presentadas en inventarios anteriores y la importancia de cada uno, en este caso los combustibles que presentan emisiones en este sector. La Tabla 17, muestra una síntesis de los métodos utilizados para la elaboración de este inventario.

Tabla 17. Métodos utilizados para la estimación de GEI en el sector Energía

Categoría de Fuente o sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1. Energía	T1, IE, NE, NO, NA	D NE, NO, NA	T1, IE, NE, NO, NA	D, NE, NO, NA	T1, IE, NE, NO, NA	D, NE, NO, NA
1A. Actividades de quema de combustible (método sectorial)	T1, IE, NE	D, NE	T1, IE, NE	D, NE	T1, IE, NE	D, NE
1B. Emisiones fugitivas de combustibles	T1, NA, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NO
1C. Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre, NE = No estimado
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

3.2 Actividades de quema de combustibles (1A)

3.2.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Esta categoría consolida todas las emisiones por combustión intencional de combustibles dentro de una máquina, que tenga como objetivo producir calor para uso directo o proporcionarlo para un proceso de trabajo.

La Tabla 18 considera las subcategorías contabilizadas en el INGEI donde también se ubica el nombre de su registro en el Balance Energético Nacional (BEN).

Tabla 18. Categoría Quema de Combustibles: comparación categorías IPCC-BEN

Categoría del IPCC	Nombre de Registro en el BEN
1A1 – Industrias de la energía	Centrales Eléctricas Autoprodutores Consumo propio
1A2 – Industrias de la manufactura y minería	Industria Autoprodutores
1A3 – Transporte	Transporte Consumo Propio
1A4 – Otros Sectores	Residencial Comercial, Ser, Pub Agro, pesca y minería
1A5 – No especificado	Construcción y otros

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Como se observa dentro de la tabla en la parte superior, muchos de los sectores no se encuentran alineados a las directrices del IPCC, siendo necesario realizar cálculos externos con los datos de la matriz del BEN, para alinear correctamente cada uno de los consumos en el sector correspondiente. El IPCC considera que la

información calculada de esta manera, que tiene una orientación desde el consumo de combustible (bottom-up) se denomina como "Método Sectorial".

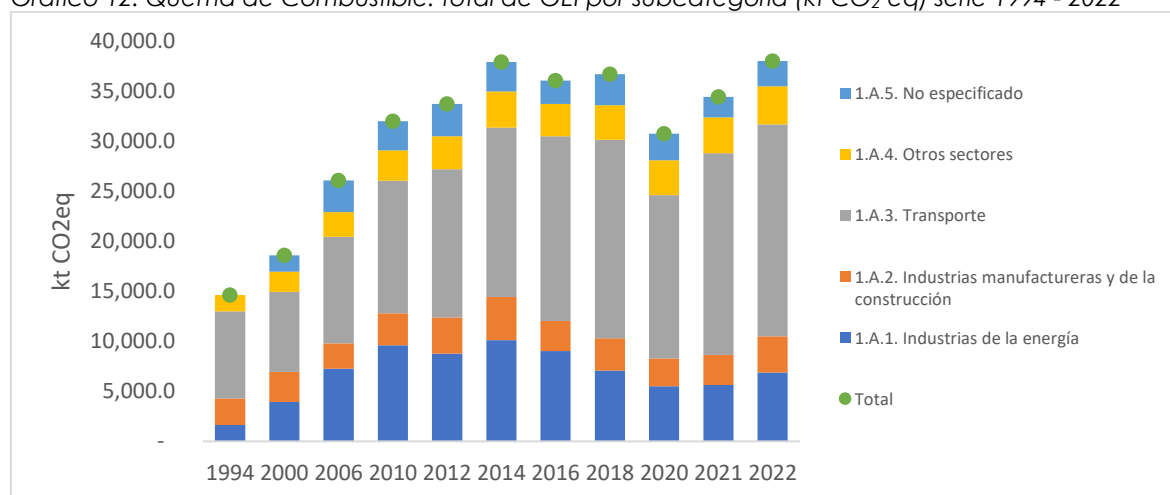
Las emisiones de la categoría Quema de Combustibles en el sector Energía para el año 2022 representan el 91% (38.012,6 kt CO₂-eq) respecto del sector. La subcategoría "Transporte (1A3)" aporta con el 56% (21.182,1 kt CO₂-eq) del total de las emisiones de esta categoría seguido de las subcategorías "Industrias de la Energía (1A1)" con el 18% (6.886,3 kt CO₂-eq), 10% (3.794,6 kt CO₂-eq) "Otros Sectores (1A4)", 10% (3.613,9 kt CO₂-eq) "Industrias de la Manufactura y Construcción (1A2)" y 7% (2.535,8 kt CO₂-eq) "No Especificado (1A5)". (ver tabla 19 y Gráfico 12).

Tabla 19. Quema de Combustible: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq) serie 1994 - 2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
1.A.1. Industrias de la energía	1.633,8	3.939,9	7.275,1	9.588,2	8.768,9	10.121,5	9.022,5	7.082,7	6.385,3	5.508,2	5.630,6
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	2.646,4	2.993,0	2.524,2	3.201,8	3.627,7	4.316,6	3.021,6	3.225,0	2.952,1	2.785,9	3.013,7
1.A.3. Transporte	8.708,5	8.020,8	10.642,3	13.244,1	14.787,8	16.926,0	18.432,4	19.834,2	19.845,7	16.319,7	20.144,7
1.A.4. Otros sectores	1.640,9	2.020,3	2.469,8	3.042,8	3.317,7	3.605,3	3.257,8	3.438,4	3.524,2	3.479,8	3.602,3
1.A.5. No especificado	-	1.611,7	3.163,9	2.912,2	3.224,2	2.933,2	2.335,3	3.127,4	3.372,7	2.643,9	2.024,5
Total	14.629,5	18.585,7	26.075,4	31.989,1	33.726,3	37.902,6	36.069,6	36.707,7	36.079,9	30.737,5	34.415,7

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Gráfico 12. Quema de Combustible: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq) serie 1994 - 2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

3.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Ecuador reporta la información del Sector Energía bajo la metodología de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE) a través de su Manual de Estadísticas Energéticas (OLADE, 2017). Este documento estadístico presenta la información en unidades físicas (barriles, galones, toneladas, etc) y en unidades energéticas (kBEP – Barriles Equivalentes de Petróleo) diferentes a las solicitadas en las directrices del IPCC (TeraJoules - TJ). En este sentido, se debe realizar un cálculo intermedio para obtener la información en el formato indicado por el IPCC.

El Balance Energético Nacional - BEN, se presenta en miles barriles equivalentes de petróleo (kBEP) y a su vez en unidades físicas, para realizar la conversión a unidades energéticas se utilizan los factores de conversión provistos por la OLADE (OLADE, 2017), en la Tabla 20 se muestran los factores mencionados.

Tabla 20. Sector Energía: Factores de conversión BEN-Ecuador

Unidad inicial	Tipo de Combustible	Factor	Unidad final
1	kBBL de petróleo	1,0015	kBEP
1	kBBL de gasolina	0,8934	kBEP
1	kBBL de diésel oil	1,0015	kBEP
1	kBBL de combustibles pesados	1,034	kBEP
1	kBBL de GLP	0,6701	kBEP
1	kBBL de kerosene	0,9583	kBEP
10 ³	m ³ de gas natural	5,9806	kBEP
10 ³	kWh de hidro/geo/electricidad	0,6196	kBEP
1	kton de leña	2,5940	kBEP
1	kton de carbón vegetal	4,9718	kBEP
1	kton de carbón mineral	5,0439	kBEP
1	kton de coque de carbón	4,8998	kBEP
1	ton de uranio	71,2777	kBEP
1	kBBL de etanol	0,5980	kBEP
1	kBBL de biodiésel	0,9508	kBEP
1	kton de bagazo	1,3114	kBEP
1	KBBL	42	miles gal
1	kg de GLP	0,0076	kBEP
1	MMm ³	35,3147	MMPC
1	kton jugo de caña	0,4453	kBEP
1	kton melaza	1,2970	kBEP
1	kBEP de gases	4,7	MMPC
1	KBEP de no energético	23,6275	miles gal

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Para acoplar esta información con los requerimientos de las directrices del IPCC (información en TJ) se utiliza la información como muestra la siguiente ecuación:

$$C_{comb_{TJ}} = C_{fisica_{BEP}} * \frac{1 \text{ BEP}}{5,81 \text{ TJ}}$$

Donde:

C_{comb_{TJ}}= Consumo de combustible expresado en Terajoules (TJ)

Cfísica= Consumo de combustible en unidades físicas (barriles, metros cúbicos, toneladas)

Folade_{BEP}= Factor de conversión unidad física de combustible a BEP

Una vez realizados los cálculos intermedios se determinan y comparan los valores calóricos de los combustibles para asegurar que estos valores se encuentren dentro de los rangos de incertidumbre del IPCC (ver Tabla 21).

Tabla 21. Sector Energía: Comparación valores calóricos OLADE-IPCC

Nombre del IPCC	Nombre del BEN	Poder calórico OLADE (TJ/Gg)	Poder calórico IPCC (TJ/Gg)	Diferencia	Cumple rango de incertidumbre
Petróleo crudo	Petroleo	41,84	42,30	-1%	Si
Gasolina para motores	Gasolina	43,93	44,30	-1%	Si
Queroseno para motor de reacción	Kerosene y Turbo	46,70	44,10	6%	Si
Otro Queroseno	Kerosene y Turbo	46,70	43,80	7%	Si
Gas / Diesel Oil	Diesel Oil	42,68	43,00	-1%	Si
Fuelóleo residual	Residual Fuel Oil	41,00	40,40	1%	Si
Gases licuados de petróleo	Gas Licuado	46,37	47,30	-2%	Si
Óleos Usados	Lubricantes	47,62	40,20	18%	Si
Coque de petróleo	Petcoke	28,47	32,50	-12%	Si
Gas de refinería (1)	Gases	-	-	-	-
Gas Natural (seco) (1)	Gas Natural	-	-	-	-
Madera / Desechos de Madera	Leña	15,07	15,60	-3%	Si
Biogasolina	Etanol	27,20	27,00	1%	Si
Otra biomasa sólida primaria	Productos De Caña / Otra Biomasa	7,62	11,60	-34%	Si
Biodiesel (1)	Aceite De Piñón	-	-	-	-
Carbón de coque	Carbón	29,31	28,20	4%	Si
Bitumen	Asfaltos	39,16	40,20	-3%	Si
Gasolina para aviación	Avgas	43,93	44,30	-1%	Si
Otros productos de petróleo	Espiritu Blanco	43,93	40,20	9%	Si
Carbón Vegetal	Ne	NE	NE	NE	NE

Nota: (1) No disponible en las unidades requeridas; NE: no estimado.

Elaborado por: MAAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Una vez con la información bajo los requerimientos del IPCC, la estimación de GEI en esta categoría está basada en el resultado de la herramienta árbol de decisión. Según el resultado de esta herramienta se debe aplicar el “nivel 1” para todos los cálculos. Para este nivel se deben utilizar los factores de conversión y factores de emisión por defecto del IPCC utilizando la ecuación 2.1, del volumen 2 de las directrices del IPCC 2006.

$$Emisión_{GEI} = Dato\ de\ actividad_{TJ} * Factor\ de\ emisión_{GEI, fuente}$$

Donde:

Emisión_{GEI} = Emisiones de gas de efecto invernadero

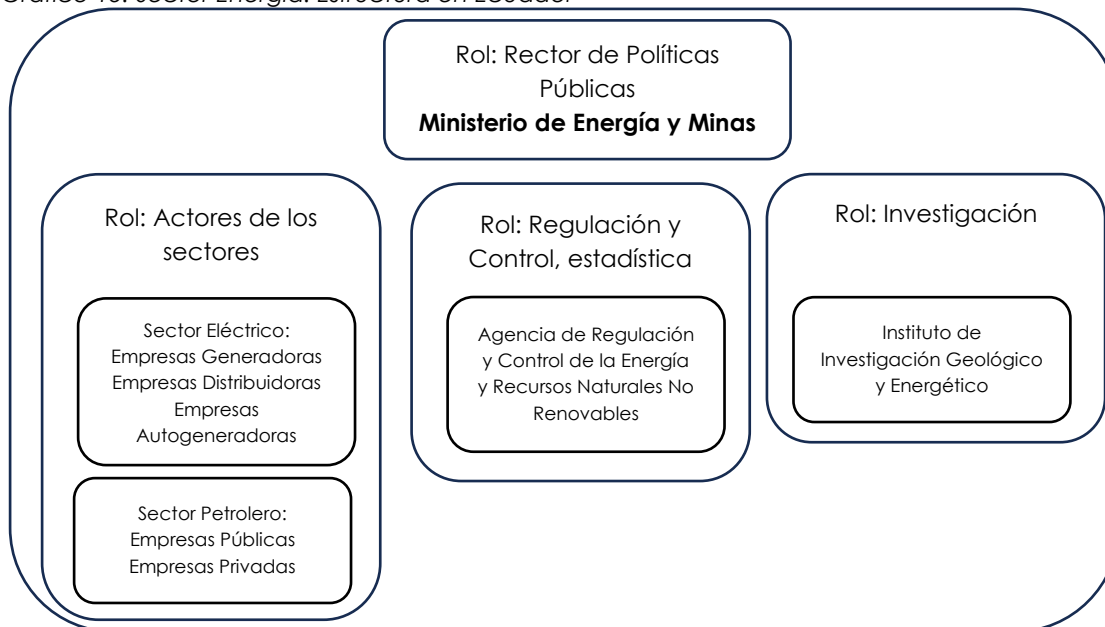
Dato de actividad_{TJ} = Consumo de combustible (diésel, gasolina, fuel oíl, etc..) en TJ

Factor de emisión_{GEI, fuente} = Factor de emisión seleccionado por tipo de GEI y tipo de fuente (móvil, estacionaria).

3.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad para el sector Energía son las cantidades utilizadas de energía y cantidades de suministro doméstico de energéticos registradas. En el Gráfico 13 se muestra la estructura nacional del sector Energía al momento de realizar el inventario de gases de efecto invernadero.

Gráfico 13. Sector Energía: Estructura en Ecuador



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

En Ecuador durante el proceso del INGEI, la Agencia de Regulación y Control de la Energía y Recursos Naturales No Renovables fue la institución legalmente encargada de la recolección de registros administrativos en los sectores de electricidad, hidrocarburos y minería.

Con la información proporcionada por esta agencia, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) en conjunto con el Instituto de Investigación Geológico Energético (IIGE) se encargan de preparar el Balance Energético Nacional (BEN), siendo este la principal fuente de información para el INGEI de este sector.

Es necesario mencionar que en la fecha de elaboración de este informe - agosto del 2024, La Agencia de Regulación y Control de la Energía y Recursos Naturales No renovables (ARCERNNR) a través del Decreto Ejecutivo 256, se disuelve y crea las nuevas agencias:

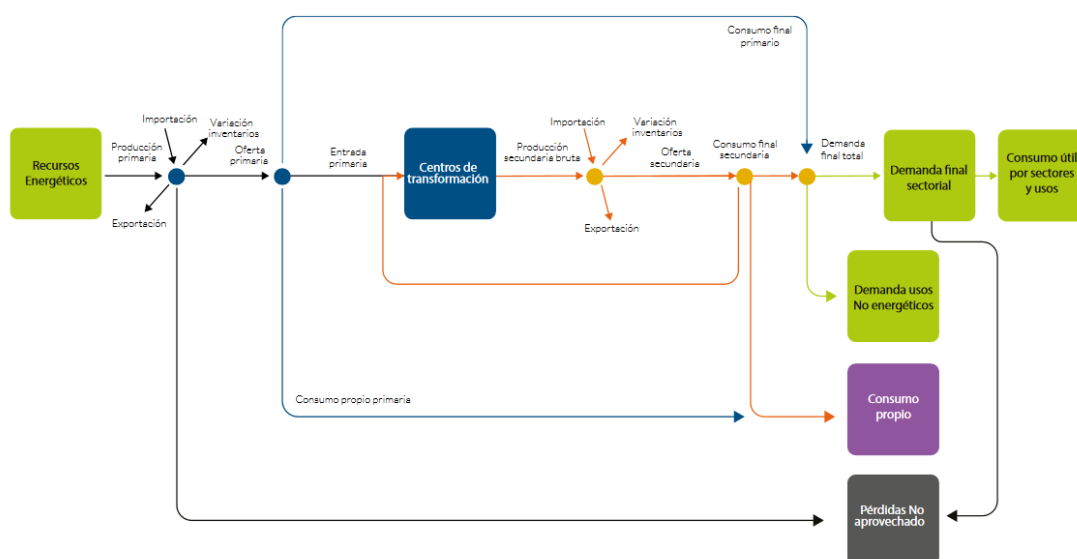
- Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH)
- Agencia de Regulación y Control de la electricidad (ARCONEL)
- Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM)

A pesar de que este particular, los productos y procesos no se ven afectados. Sin embargo, es importante mencionarlo para mantener la transparencia para la elaboración de futuros inventarios.

3.2.2.2 Balance Energético Nacional

El Balance Energético Nacional (BEN) es una publicación anual de síntesis estadística, donde se encuentra recopilada la información de los sectores de hidrocarburos, electricidad y energía renovable. Su principal objetivo es el análisis de los flujos energéticos nacionales desde la producción hasta el consumo, el Gráfico 14 muestra idealmente todos los flujos de la energía dentro de un país.

Gráfico 14. Sector Energía: Flujos de Balance Energético



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Al ser los principales actores del sector Energía instituciones públicas, el balance de energía se elabora con información compartida entre estas instituciones, tomando en cuenta los siguientes aspectos.

La información en el sector eléctrico se compila a través de ARCERNR (Coordinación – Electricidad), que a su vez la pública dentro de su plataforma SISDAT-BI, donde se puede acceder de manera digital a la siguiente información:

- Producción de electricidad mensual
- Combustibles mensuales utilizados para generación eléctrica
- Infraestructura
- Transmisión de electricidad
- Distribución de electricidad
- Indicadores del sector

La información del sector de hidrocarburos se presenta en reportes estadísticos digitales de manera anual, publicados por la ARCERNR (Coordinación Hidrocarburos) y Ministerio de Energía y Minas. Es necesario mencionar que estos informes a su vez se nutren de la información de las empresas Petroecuador EP que se encuentra encargada de los procesos de exploración, producción, transporte, industrialización y comercialización del petróleo y sus derivados.

El BEN, es elaborado oficialmente por el Estado ecuatoriano desde el año 2012, actualmente se elabora bajo los lineamientos del Manual de estadísticas energéticas de OLADE 2017. Durante los años de publicación del BEN se han ido perfeccionando la recopilación de información y la identificación de los consumos energéticos finales, estas mejoras en la metodología son:

- Registro de biogás para generación eléctrica desde el año 2016,
- Exclusión de lubricantes del registro de productos no energéticos,
- Registro del GNL despachado para industrias y hogares,
- Registro de crudo a boca de pozo,
- Estimación del consumo de combustible nacional en los sectores de transporte, comercial y residencial,
- Registro de variación de inventarios (existencias), con datos de campo,
- Registro de alcohol para uso energético,
- Entre otros

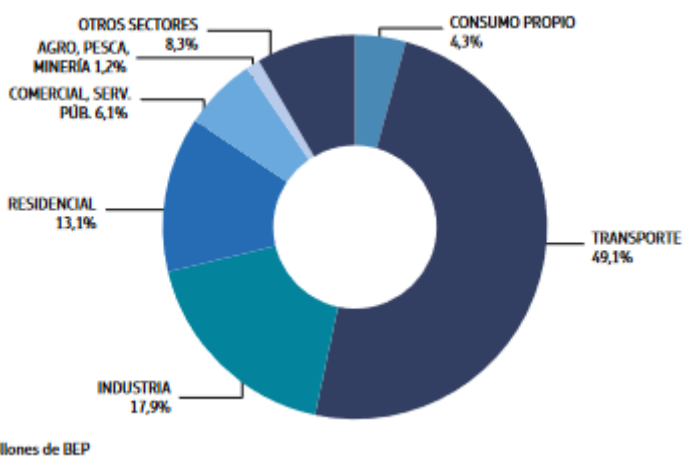
Debido a que el Balance Energético Nacional se actualiza regularmente, el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) realizó la recomendación de utilizar la publicación más actual de este producto estadístico. Esto debido a que este producto presenta una serie histórica actualizada con una periodicidad de 10

años. Es por esto por lo que, para todo el proceso de elaboración de este documento, se utilizó el Balance Energético 2022 y series históricas 2011-2022.

La publicación del BEN presenta un capítulo específicamente de inventarios de GEI. Es importante mencionar este capítulo, debido a que las emisiones de esta publicación se realizan en base a la división de categorías de la metodología OLADE. Las diferencias metodológicas entre las metodologías OLADE e IPCC, hacen que esta información deba ser tratada para poder compararla. Una vez tratados y analizados los datos de ambos INGEI se pueden utilizar como garantía y control de calidad.

Los principales resultados para el año 2022, son los presentados en el Gráfico 15, donde se muestra que el sector transporte representa el 49,1% del consumo nacional de energía, seguido del sector industria con 17,9% y el residencial con 13,1%, los demás sectores representan el 19,9%.

Gráfico 15. Sector Energía: Demanda de energía por sector



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.2.3 Información de la Industria Cementera

El Balance Energético Nacional presenta la información del consumo energético del sector industria de manera agregada. Por este motivo y en base a las mejoras presentadas en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador, se realizaron acercamientos con la industria cementera para desagregar sus valores. Las empresas cementeras en han llevado a cabo varias iniciativas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de las cuales se destacan las empresas HOLCIM S.A y Unión Andina de Cementos (UNACEM) con las siguientes:

- Reemplazo de fuel oil o coque de petróleo por Aceites lubricantes de desecho (en manera de co-procesamiento de residuos)
- Reemplazo de fuel oil o coque de petróleo por biomasa de palma africana
- Reemplazo de fuel oil o coque de petróleo con combustibles RDF (Refuse-Derived Fuel) co-procesando residuos sólidos municipales.

Además, la industria del cemento es una de las pocas en el país que importan su propio combustible (coque de petróleo). En base a este hecho son la única fuente para determinar los valores exactos de combustibles utilizados. Actualmente el BEN considera una estimación del coque utilizado en base a los registros del Servicios de Aduanas de Ecuador (SENAE), sin embargo y considerando que la oferta y la demanda pueden variar, para el INGEI se utiliza la información enviada por esta industria.

3.2.2.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

En el apartado de esta sección sobre aspectos metodológicos se menciona que el cálculo de emisiones para esta categoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. Los factores para cada sector en específico se pueden encontrar en los volúmenes 1, 2, 3 y 4 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, además, en la categoría "1B. Emisiones provenientes por la fabricación de combustibles", se utilizaron los factores nivel 1 del refinamiento 2019 de las directrices IPCC 2006. Debido a la gran cantidad de factores de emisión utilizados durante el proceso de elaboración de este INGEI y con el fin de facilitar la comprensión de este documento, en cada sección de cada subcategoría se encuentran mencionados los factores usados.

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

El proceso de elaboración de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, promueve a la nación varias medidas de control y garantía de calidad. Una de estas medidas es calcular las cantidades de CO₂ en el método de referencia, el cual es un método que utiliza información general sobre el suministro de energía de un país y compararlo con el CO₂ del método sectorial, que es un método donde se utilizan los consumos finales por sector. Esta comparación solicitada por las directrices IPCC 2006, se promueve como buena práctica para el control de calidad de los datos. El porcentaje de diferencia recomendada para validar la información de GEI estimada donde la diferencia no debe ser superior al 5% de las

cantidades totales de CO₂, de ser este porcentaje mayor, el país debe preparar una justificación donde se respalde esos porcentajes de diferencia.

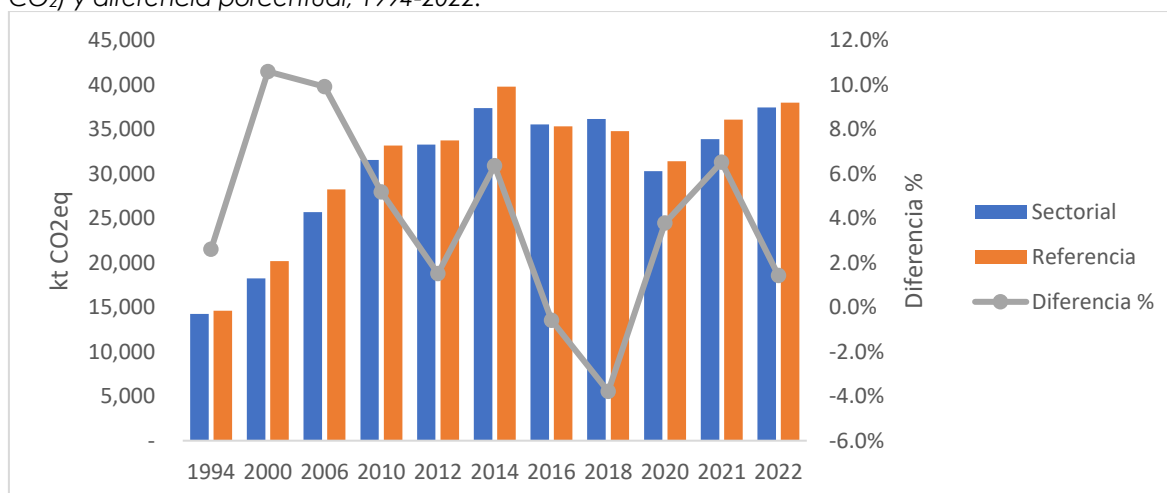
La comparación solicitada en la metodología IPCC 2006 entre los métodos de referencia y sectorial, es una buena práctica para el control de calidad de los datos. Esta comparación se la utiliza para validar la información de GEI estimada, según los resultados presentados para el año 2022 en el método de referencia se presenta una emisión de 38.001,8 kt de CO_{2-eq} que comparado con el resultado del mismo año del método sectorial (37.467,0 kt de CO_{2-eq}) es 1,43%. Las diferencias porcentuales se muestran en la tabla 22 y Gráfico 16.

Tabla 22. Comparación entre métodos: emisiones de CO₂ del método sectorial y de referencia (kt CO₂), serie 1994-2022

Método	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Sectorial	14.238,0	18.254,1	25.688,7	31.560,8	33.270,7	37.401,6	35.556,9	36.174,2	35.545,8	30.286,5	33.888,5
Referencia	14.609,9	20.189,1	28.236,9	33.195,4	33.772,0	39.784,6	35.350,2	34.804,6	36.630,4	31.434,1	36.098,7
Diferencia	371,9	1.935,0	2.548,2	1.634,6	501,3	2.383,0	-206,8	-1.369,5	1.084,6	1.147,6	2.210,2
Diferencia %	2,61%	10,60%	9,92%	5,18%	1,51%	6,37%	-0,58%	-3,79%	3,05%	3,79%	6,52%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 16. Comparación entre métodos: emisiones de CO₂ del método sectorial y de referencia (kt CO₂) y diferencia porcentual, 1994-2022.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Como se menciona en el apartado anterior sobre la diferencia sugerida por el IPCC, los valores de diferencia deben mantenerse en el rango de 5%, este rango se mantiene en los años 1994, 2010, 2012, 2016, 2018, 2019, 2020 y 2022. Para los años 2000, 2006, 2014 y 2021, donde las diferencias sobrepasan el rango sugerido (5%), se justifica estos valores debido a los cambios metodológicos que se han ido implementando dentro del BEN, lo que ha ido variando los resultados publicados y por tanto la diferencia porcentual calculada en esta sección.

3.2.3.2 Aspectos metodológicos del método de referencia

El método de referencia es un método de estimación "Top Down", que calcula el carbono emitido por los combustibles con información de suministro energético de un país. Para obtener estas emisiones se debe seguir los siguientes pasos:

- Calcular el consumo aparente de combustible en unidades físicas (utilizar datos según la ecuación pág. 6.5, cap.6, volumen 2 de la Directriz IPCC 2006)
- Convertir el consumo aparente en Terajoules (Unidad común)
- Multiplicar por el contenido de carbono de cada combustible
- Estimar carbono excluido
- Multiplicar por el factor de carbono sin oxidar (valor de 1 por defecto)
- Convertir a emisiones de CO₂
- Datos de Actividad

La información necesaria para llevar a cabo el método de referencia es la información de suministro energético del país. Se necesitarán los datos mencionados en la ecuación 6.1 del volumen 6 de las directrices del IPCC en los casos que aplique:

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_2 &= [(\text{Consumo aparente}_{\text{combustible}} * \text{Factor de conversión}_{\text{combustible}} \\ &\quad * \text{Contenido de carbono}_{\text{combustible}}) * 10^{-3} - \text{carbono excluido}_{\text{combustible}} \\ &\quad * \text{Factor de oxidación} * \frac{44}{12}] \end{aligned}$$

Donde:

Emisiones de CO₂= Emisiones de CO₂ (kt CO₂)

Consumo aparente= Producción + Importaciones – Exportaciones – Variación de Inventarios – bunkers internacionales en unidades físicas

Factor de conversión= Factor de conversión de unidades físicas a unidades energéticas (TJ)

Contenido de carbono= Contenido de carbono (tonelada de carbono/TJ)

Carbono excluido= Carbono usado como insumos de procesamiento o usos no energéticos (kt CO₂)

Factor de oxidación= Cantidad de carbono quemado durante la combustión, el valor usado generalmente es 1 a menos que se tenga datos específicos.

44/12= Relación entre el peso molecular del CO₂ y del carbono.

A continuación, se muestran los datos de consumo aparente utilizados durante la elaboración de este INGEI (ver tabla 23).

Tabla 23. Consumo aparente por tipo de combustible

Año	Petróleo crudo [kbb]	Líquidos de gas Natural [kbb]	Gasolina [kbb]	Queroseno para motor a reacción [kbb]	Gas/Diesel Oil [kbb]	Fuelóleo residual [kbb]	GLP [kbb]	Bitumen [kbb]	Lubricantes [kbb]	Coque de petróleo [kton]	Coque de carbon [kton]	Gas natural (seco) [MPC]	Residuos (fracción diferente de biomasa) [kBEP]	Aceites de desecho [kBEP]
1994	50.369,4	0,0	-278,8	-153,8	-354,7	-14.706,0	2.696,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2000	64.685,8	1.481,7	-569,5	-644,1	1.558,9	-19.744,7	4.714,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4.776,3	0,0	0,0
2006	65.748,5	780,7	4.483,7	-1.266,9	11.206,9	-19.075,3	8.431,9	0,0	0,0	220,6	0,5	18.821,2	0,0	11,8
2010	57.718,3	704,1	11.664,0	-1.042,5	20.179,7	-16.010,3	9.395,1	0,0	0,0	233,7	0,4	23.886,5	0,0	90,5
2012	61.190,2	827,2	12.622,4	-1.400,1	16.762,0	-15.377,9	9.012,6	0,0	0,0	206,2	0,0	28.903,0	0,0	67,4
2014	55.283,2	1.084,3	18.403,8	-1.354,8	25.247,5	-10.146,8	10.723,1	245,6	63,8	225,3	0,0	33.676,2	0,0	158,2
2016	61.393,7	1.215,2	15.389,6	-1.827,0	17.793,7	-15.471,6	9.874,5	0,0	66,9	257,0	44,4	34.207,1	0,0	95,0
2018	62.016,6	1.135,3	17.528,3	-2.009,7	19.778,1	-20.871,3	11.150,2	0,0	58,0	265,5	0,0	29.959,8	9,5	90,5
2020	60.251,3	1.114,4	20.262,4	-2.019,8	20.805,4	-18.755,1	12.168,4	0,0	56,6	212,9	0,0	26.716,2	26,3	80,0
2021	51.850,3	1.096,9	15.100,1	-936,9	18.342,7	-17.115,7	12.498,6	0,0	43,0	222,1	0,0	22.785,4	32,2	31,0
2022	62.792,4	1.170,8	18.186,1	-1.468,5	22.938,1	-23.687,0	12.750,7	0,0	39,5	244,5	34,8	24.077,1	129,1	70,0

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.3.3 Aspectos metodológicos del método de referencia

En el apartado de esta sección sobre aspectos metodológicos se menciona que el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. Los factores se pueden encontrar en la tabla 1.4 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 2 - Energía, capítulo 1 - Introducción. La Tabla 24 muestra los factores utilizados.

Tabla 24. Método de Referencia: factores de emisión aplicados

Combustibles	FE - CO ₂	
	Valor	Unidad
Petróleo crudo	20	† C/TJ
Gasolina	18,9	† C/TJ
Queroseno para motor a reacción	19,5	† C/TJ
Gas/Diesel Oil	20,2	† C/TJ
Fuelóleo residual	21,1	† C/TJ
GLP	17,2	† C/TJ
Bitumen	22	† C/TJ
Coque de petróleo	26,6	† C/TJ
Gas natural (seco)	15,3	† C/TJ
Aceites de desecho	20	† C/TJ

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de efecto invernadero nacionales de efecto invernadero (IPCC, 2006)

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.4 Combustibles internacionales

3.2.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de los combustibles internacionales

Las emisiones del transporte internacional son las emisiones generadas por actividades de transporte que tenga el punto de salida, por ejemplo, dentro del territorio ecuatoriano y su punto de llegada en otros países. En Ecuador, la empresa Petroecuador EP es la encargada del despacho de combustibles en terminal (a clientes mayoristas). Por esta razón todos los despachos reportados de los combustibles para esta actividad se registran mediante esta empresa pública. La siguiente tabla y figura muestran la evaluación de las emisiones generadas por este sector en la serie 1994-2022.

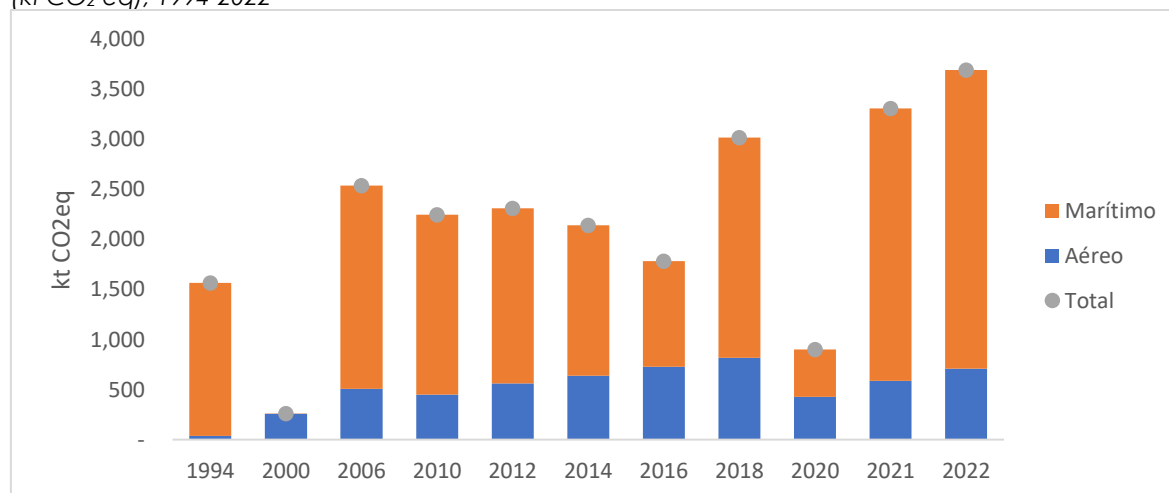
Las emisiones de transporte internacional por disposición de las Directrices del IPCC 2006, no se deben contabilizar en el total nacional. Estas emisiones se deben reportar como nota de información. En total alcanzan un valor de 3.693,4 kt CO₂-eq al año 2022. Los valores reportados en transporte marítimo internacional (2.983,1 kt CO₂-eq representan el 81% del total y el transporte aéreo el 19% (710,3 kt CO₂-eq) del total. Se presenta una reducción de 13,1% con los valores reportados para el año 2018 en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un crecimiento de 1.761% en comparación al valor estimado para 1994 (ver Tabla 25 y Gráfico 17).

Tabla 25. Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO₂ eq)

Transporte internacional	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Aéreo	38,2	258,4	508,2	449,9	562,3	639,5	727,9	817,4	841,5	427,6	587,9
Marítimo	1.527,7	1,5	2.028,9	1.798,5	1.748,6	1.501,1	1.055,9	2.202,3	1.742,9	472,4	2.722,1
Total	1.565,9	259,9	2.537,1	2.248,4	2.310,9	2.140,6	1.783,8	3.019,7	2.584,4	900,0	3.309,9

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 17. Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.4.2 Aspectos metodológicos de los combustibles internacionales

Siguiendo las disposiciones de las directrices del IPCC y los resultados de la herramienta árboles de decisiones, todos los cálculos para esta actividad se los debe realizar siguiendo el nivel 1.

El combustible para la actividad de transporte internacional en Ecuador se expende a través de un mecanismo de venta por bandera (sitio en el cual está registrada la empresa) de la embarcación o avión.

Ecuador como proceso de garantía y control de calidad, realiza un proceso de registro del combustible internacional comercializado de acuerdo con la tarifa de despacho propuesta por la Empresa Pública de Hidrocarburos EP Petroecuador. Durante el proceso de elaboración del Balance Energético Nacional, el Instituto de Investigación Geológico y Energético, realiza un proceso en el que se analiza la oferta y demanda de combustibles procurando que el ajuste estadístico de esta información se mantenga en valores coherentes con los estipulado por el Ministerio de Energía y Minas de entre el 5 y 10% de variación.

3.2.4.2.1 Datos de actividad

Los datos de actividad utilizados dentro del cálculo de este inventario se encuentran disponibles dentro del Balance Energético Nacional 2022, documento elaborado en base a las directrices regionales dictadas por el Manual de Estadísticas de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE); además los registros son similares a los publicados por las directrices de la IPCC.

La información general de los datos de actividad se presenta en la Tabla 26.

Tabla 26. Combustibles internacionales: datos de actividad por combustible o fuente de GEI [TJ]

Año	Gasolina para motores	Gas/Diésel Oil	Fuelóleo residual	Queroseno para motor de reacción
1994	-	4.235,1	15.498,5	529,7
2000	-	20,4	-	3.586,3
2006	-	693,6	25.304,8	7.054,0
2010	8,7	880,9	22.169,2	6.244,7
2012	8,7	610,7	21.789,4	7.804,4
2014	13,2	628,5	18.600,2	8.875,9
2016	19,5	950,4	12.588,0	10.103,2
2018	19,3	2.449,2	25.825,7	11.345,7
2020	30,9	968,8	5.091,2	5.935,7
2021	28,7	671,7	34.172,9	8.159,9
2022	27,1	1.306,3	36.907,9	9.859,9

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Debido a los cambios de denominación en los registros de despachos de combustibles existen ciertas variaciones entre los años de publicación del

inventario, por lo que, el equipo encargado de realizar el INGEI se encuentra permanentemente en reuniones con las instituciones encargadas del manejo estadístico para poder estandarizar las necesidades de información.

3.2.4.2.2 Factores de emisión

En el apartado de esta sección sobre aspectos metodológicos se menciona que el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. Los factores se pueden encontrar en las Tablas 3.5.2 y 3.6.4 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 2 - Energía, capítulo 3 – Combustión móvil. La tabla 27 muestra los factores utilizados.

Tabla 27. Combustibles internacionales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Combustibles	FE – CO ₂		FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Gasolina para motores	69.300,0	kg CO ₂ /TJ	10,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Gas / Diesel Óil	74.100,0	kg CO ₂ /TJ	7,0	kg CH ₄ /TJ	2,0	kg N ₂ O/TJ
Fuelóleo residual	77.400,0	kg CO ₂ /TJ	7,0	kg CH ₄ /TJ	2,0	kg N ₂ O/TJ
Queroseno para motor de reacción	71.500,0	kg CO ₂ /TJ	0,5	kg CH ₄ /TJ	2,0	kg N ₂ O/TJ

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.5 Materias primas y uso no energético de los combustibles

Debido a la producción escasa de productos no energéticos, la información que influye en este cálculo se presenta en la sección del Método de Referencia, así como en los CRT.

3.2.6 Industrias de la energía

3.2.6.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Esta subcategoría, presenta las emisiones generadas durante la producción de energía como por ejemplo las plantas de generación de electricidad, refinerías y otros centros de transformación. En la tabla 28 se muestran los sectores del IPCC utilizados y también una comparación de cómo se encuentra registrada la información dentro del Balance Energético Nacional.

Tabla 28. Subcategoría Industrias de la Energía: Definiciones comparadas con el equivalente nacional

Definición del IPCC	Sector BEN	Comentarios
1A1ai Generación de electricidad	Centrales eléctricas	A nivel nacional se tienen registradas las empresas que generan electricidad como actividad principal como Empresas "Generadoras y Distribuidoras"

Definición del IPCC		Sector BEN	Comentarios
1A1b	Refinación de petróleo	Consumo propio	Se registran los valores de los derivados de petróleo utilizados dentro de las tres principales refinerías y las plantas topping.
1a1cii	Otras industrias de la energía	Autoprodutores	Es necesario separar el consumo de los autogeneradores industriales de los autogeneradores del sector energía

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Las emisiones de la subcategoría "Industrias de la Energía (1A1)" alcanzan un valor de 6.886,3 kt CO₂-eq al año 2022. La principal fuente de emisión es el Fuel Oil residual con 2.508,2 kt CO₂-eq que representan el 36%, seguidos de Diesel Oil con 1.968,0 kt CO₂-eq que representan el 29%, el Petróleo Crudo con 1.280,4 y el Gas Natural 760,9 kt CO₂-eq ambos representando el 30% y los demás combustibles que representan el 5% restante. Se presenta una reducción del 3% con los valores reportados para el periodo 2018 en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un aumento de 321% en comparación al valor estimado para 1994 (ver tabla 29 y ver figura 18).

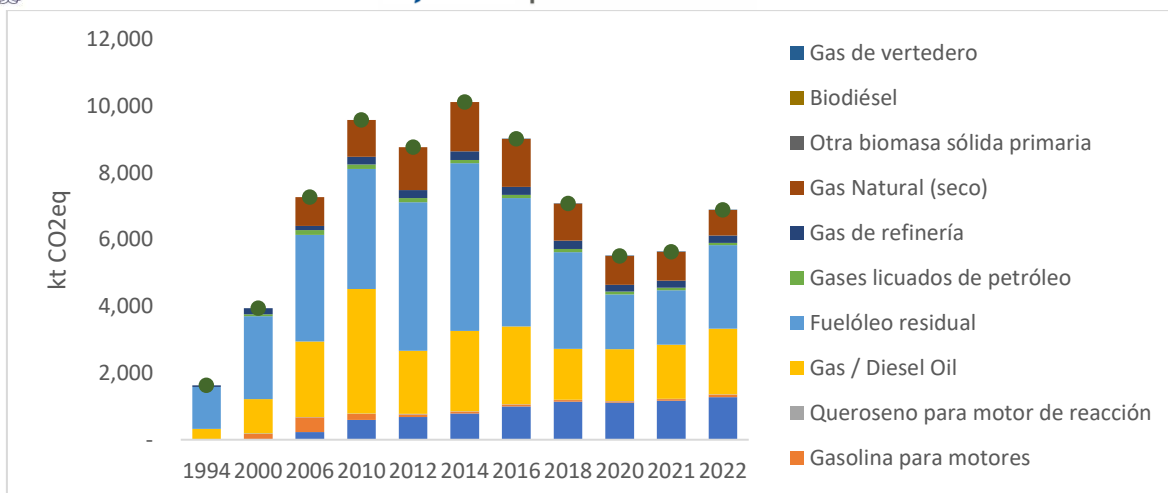
Tabla 29, Subcategoría Industrias de la Energía: total de GEI por fuente de GEI (kt CO₂ eq)

Fuente	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Petróleo crudo	-	-	229,6	591,5	684,2	785,5	997,2	1.139,9	1.110,4	1.170,1	1.280,4
Gasolina para motores	3,0	174,7	438,4	184,6	74,8	61,0	57,6	46,4	43,7	49,1	71,0
Queroseno para motor de reacción	-	14,4	11,1	11,5	16,0	10,5	7,3	8,9	9,3	10,1	9,6
Gas / Diesel Oil	327,3	1.029,7	2.264,2	3.728,8	1.887,9	2.405,0	2.333,8	1.525,5	1.550,7	1.620,7	1.968,0
Fuelóleo residual	1.254,7	2.482,4	3.199,2	3.604,7	4.457,4	5.031,1	3.850,0	2.903,0	1.646,9	1.628,7	2.508,2
Gases licuados de petróleo	-	57,1	140,8	130,4	125,2	97,2	96,5	95,7	80,7	76,0	68,0
Gas de refinería	48,8	181,6	123,3	229,4	239,7	258,6	233,7	246,5	203,1	216,4	220,1
Gas Natural (seco)	-	-	868,6	1.107,3	1.283,8	1.472,6	1.446,4	1.116,8	861,9	858,7	760,9
Otra biomasa sólida primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	0,7	-
Biodiésel	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
Gas de vertedero	-	-	-	-	-	-	0,015	0,050	0,051	0,048	0,048
Total	1.633,8	3.939,9	7.275,1	9.588,2	8.768,9	10.121,5	9.022,5	7.082,7	5.508,2	5.630,6	6.886,3

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La reducción de emisiones de GEI registrada en esta subcategoría se debe principalmente a la puesta en marcha de cinco centrales hidroeléctricas consideradas proyectos "emblemáticos" del Ecuador: Coca Codo Sinclair (2010), Manduriacu (2012), Sopladora (2016), Delsitanisagua (2018) y Minas-San Francisco (2019), que han desplazado el Fuel Oil utilizado para generación eléctrica. Es importante mencionar que el Ecuador desde el año 2023 ha presentado problemas de suministro de energía eléctrica debido a largo periodos de estiaje y por ende se espera que las emisiones de gases de efecto invernadero se incrementen en los próximos reportes.

Gráfico 18. Subcategoría Industrias de la Energía: total de GEI por combustible (kt CO₂ eq), 1990-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.6.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de esta categoría está basada en el resultado de la herramienta árbol de decisión, según el cual indica que se debe aplicar el nivel 1" para todos los cálculos. Para esta estimación se deben utilizar los factores de conversión y factores de emisión por defecto del IPCC. A continuación, se muestran una síntesis de los métodos aplicados para la estimación en esta categoría (ver tabla 30).

Tabla 30. Subcategoría Industrias de la energía: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Fuente	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1A1. Industrias de la energía	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
1A1a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE
1A1ai. Generación de electricidad	T1	D	T1	D	T1	D
1A1aii. Generación combinada de calor y energía (CHP)	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1A1aiii. Plantas generadoras de energía	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1A1b. Refinación del petróleo	T1	D	T1	D	T1	D
1A1c. Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1A1ci. Manufactura de combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1A1cii. Otras industrias de la energía	T1	D	T1	D	T1	D

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

De ser necesario, en la sección 3.1.4. de este documento se explica a detalle el cálculo utilizado.

3.2.6.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados dentro del cálculo de este inventario se encuentran disponibles dentro del Balance Energético Nacional 2022. Este documento está elaborado en base a las directrices regionales dictadas por el Manual de Estadísticas de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE). La Subcategoría nombrada "1.A.2 Industrias de la energía" por el IPCC difiere a la información publicada en el BEN. Por tanto, es necesario tomar las siguientes consideraciones en cuenta para el uso de esta información:

- Centrales eléctricas corresponde se debe registrar en la fuente 1.A.1.a.i. Generación de electricidad
- Autoprodutores se debe dividir entre autoprodutores del sector energético para registrarlos en la categoría 1.A.1.c.ii. Otras Industrias de la energía y los autoprodutores del sector industrial en la categoría 1.A.2.g.viii Industrias no especificadas
- El consumo propio de crudo se debe registrar en la fuente 1.A.3.e.i. Transporte por ductos y los demás consumos propios en la 1.A.1.b Refinación de petróleo.

La información agrega de los datos de actividad se presenta en la tabla 31.

Tabla 31. Subcategoría Industrias de la Energía: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)

Año	Petróleo crudo	Gasolina para motores	Queroseno para motor de reacción	Gas / Diesel Oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Gas de refinación	Gas Natural (seco)	Biodiésel	Gas de vertedero
1994	-	42,5	-	4.402,7	16.160,0	-	846,2	-	-	-
2000	-	2.511,5	201,2	13.850,7	31.971,4	904,8	3.149,3	-	-	-
2006	3.122,3	6.303,8	154,2	30.455,7	41.204,3	2.229,5	2.137,9	15.467,4	-	-
2010	8.043,3	2.654,4	160,2	50.157,1	46.426,9	2.064,1	3.978,6	19.718,0	-	-
2012	9.303,8	1.075,2	222,8	25.393,9	57.408,6	1.981,9	4.157,8	22.862,1	1,1	-
2014	10.680,3	877,7	146,9	32.349,8	64.797,5	1.539,2	4.485,3	26.224,2	0,7	-
2016	13.559,0	828,9	101,9	31.392,2	49.586,0	1.528,4	4.053,0	25.757,3	0,9	282,1
2018	15.499,3	666,6	124,5	20.519,7	37.388,6	1.515,3	4.275,4	19.888,8	-	925,1
2020	15.099,2	628,2	129,8	20.858,8	21.210,9	1.277,6	3.523,2	15.349,4	0,8	928,6
2021	15.911,0	706,2	140,3	21.799,9	20.976,9	1.203,7	3.754,1	15.291,2	0,7	885,0
2022	17.410,1	1.020,6	134,2	26.472,3	32.304,7	1.076,6	3.817,3	13.550,2	-	872,7

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.6.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

En el apartado de esta sección sobre aspectos metodológicos, se menciona que el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. Los factores se pueden encontrar en la tabla 2.2 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 2 - Energía, capítulo 2 - Combustión estacionaria. La tabla 32 muestra los factores utilizados.

Tabla 32. Subcategoría Industria de la Energía: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Petróleo crudo	73.300,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Gasolina para motores	69.300,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Gas / Diesel Oil	74.100,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Fuelóleo residual	77.400,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Gases licuados de petróleo	63.100,0	kg CO ₂ /TJ	1,0	kg CH ₄ /TJ	0,1	kg N ₂ O/TJ
Gas Natural (seco)	56.100,0	kg CO ₂ /TJ	1,0	kg CH ₄ /TJ	0,1	kg N ₂ O/TJ
Biodiésel	70.800,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Gas de vertedero	56.400,0	kg CO ₂ /TJ	1,0	kg CH ₄ /TJ	0,1	kg N ₂ O/TJ

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.6.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla **Flex_Summary** de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz y al Capítulo VII "Aplicación de flexibilidades y mejoras planificadas en el marco del proceso de elaboración de la 5CN1BTR" del documento de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia.

3.2.6.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

El cálculo de la incertidumbre es uno de los requisitos solicitados por las directrices de elaboración de inventarios de GEI del IPCC. En el Ecuador los datos de actividad no son reportados con porcentaje de incertidumbre por tanto se utiliza las recomendaciones brindadas en las Directrices IPCC del 2006. La tabla 33 muestra los valores de incertidumbres utilizados para la estimación de la Subcategoría Industrias de la Energía.

Tabla 33. Subcategoría Industrias de la Energía: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Petróleo crudo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gasolina para motores	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Queroseno para motor de reacción	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas / Diesel Oil	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Fuelóleo residual	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas de refinería	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas Natural (seco)	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Petróleo crudo	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gasolina para motores	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Queroseno para motor de reacción	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gas / Diesel Oil	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Fuelóleo residual	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gases licuados de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gas de refinería	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gas Natural (seco)	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Petróleo crudo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gasolina para motores	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Queroseno para motor de reacción	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gas / Diesel Oil	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Fuelóleo residual	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gases licuados de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gas de refinería	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gas Natural (seco)	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Para mantener la consistencia dentro de la serie histórica del INGEI, se han realizado las actualizaciones de todos los inventarios presentados con el refinamiento 2019 de la metodología IPCC 2006, en cuanto a datos de actividad se han utilizado los balances energéticos históricos, actualmente se encuentra a espera que los cambios metodológicos realizados en el último BEN se los realicen para la serie 1994-2005, ya que en este periodo de tiempo la información se encuentra en actualización.

3.2.6.5 AC/CC de la subcategoría

3.2.6.5.1 Control de calidad

- Revisión de la información publicada del BEN
- Revisión de la información base para el BEN
- Generación de una plantilla automatizada estándar en base a las directrices IPCC 2006 y refinamiento 2019 de la metodología IPCC 2006
- Revisión del algoritmo de extracción de datos desde la base de datos hacia la planilla
- Verificación de una tendencia coherente de los datos
- Comparación de la información de los datos estadísticos del BEN con reportes sectoriales (hidrocarburos, electricidad y de industria petrolera)
- Verificar el año del INGEI en la planilla de drivers

3.2.6.5.2 Garantía de calidad

Se realizaron reuniones con cada uno de los siguientes actores para que se tenga aval de los datos y la forma de utilizarlos:

- EP Petroecuador
- Instituto de Investigación Geológico Energético
- Ministerio de Energía y Minas

Este tipo de reuniones se las hace como forma de socialización de la metodología del IPCC que para datos de actividad utiliza información en un formato diferente al usado a nivel nacional.

El Balance Energético de Ecuador también estima emisiones de gases de efecto invernadero, una manera de verificación es la comparación con esta información. Esta información encontrarse bajo las directrices de la metodología OLADE es necesario:

- Restar las emisiones en productos no energéticos del BEN
- Restar las emisiones de CO₂ de la biomasa del BEN

3.2.6.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Debido a que los Inventarios de gases de efecto invernadero son una herramienta que dependen de datos de actividad de varias instituciones, revisar los cálculos históricos es una buena práctica de control y garantía de calidad cada que se realiza el proceso de elaboración un inventario. En comparación al último INGEI publicado por el Ecuador en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, han surgido los siguientes hechos relevantes para considerar un recalcu del INGEI.

- Actualización metodológica del Balance Energético Nacional

Específicamente para la subcategoría “1A1-Industrias de la Energía” se pueden mencionar los siguientes cambios.

- Recategorización de la fuente de emisión “Desechos municipales (fracción perteneciente a la biomasa)” a gas de vertedero.

La tabla 34 muestra las diferencias donde se comprarán los resultados del INGEI 1994-2022 frente al INGEI 1994-2018 donde se puede apreciar diferencias causadas por los factores mencionados en el apartado superior.

Tabla 34. Categoría Industrias de la Energía: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	1.634,0	3.940,4	7.276,0	9.498,3	8.681,4	10.046,7	8.887,9	6.935,3			
INGEI actual	1.633,8	3.939,9	7.275,1	9.588,2	8.768,9	10.121,5	9.022,5	7.082,7	5.508,2	5.630,6	6.886,3
Diferencia	-0,24	-0,54	-0,91	89,86	87,50	74,81	134,63	147,40			
Diferencia %	-0,01%	-0,01%	-0,01%	0,95%	1,01%	0,74%	1,51%	2,13%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

3.2.6.7 Mejoras planificadas para la subcategoría

Debido a que Ecuador presenta la información en un formato diferente, se ha solicitado a las entidades encargadas de la estadística energética nacional tomen en consideración los siguientes puntos para el plan de mejora del INGEI en el siguiente orden:

- Reportar el BEN bajo la metodología de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).
- Estudio para definición de poderes calóricos
- Estudio para definición de Factores de emisión en sectores priorizados
- Estudio para definición de valores de incertidumbre

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

Esta subcategoría, presenta las emisiones producidas en industrias durante la elaboración de productos como por ejemplo calderas en industrias textiles, energía utilizada en minería, etc. En la tabla 35 se muestran los sectores del IPCC utilizados y también una comparación de cómo se encuentra registrada la información dentro del Balance Energético Nacional.

Tabla 35. Subcategoría Industrias de la Energía: Definiciones comparadas con el equivalente nacional

Definición IPCC	Sector BEN	Comentarios
1A2f Minerales no metálicos	No reportadas en el BEN	La información utilizada representa aproximadamente el 84% de la comercialización de cemento en el Ecuador, esta información no se encuentra en el BEN debido a que las empresas al ser privadas, no están obligadas a reportar su información públicamente.
1A2gviii Industria no especificada	Industria	La información publicada con el BEN, se debe cruzar con la información de las industrias cementeras para evitar doble contabilidad.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

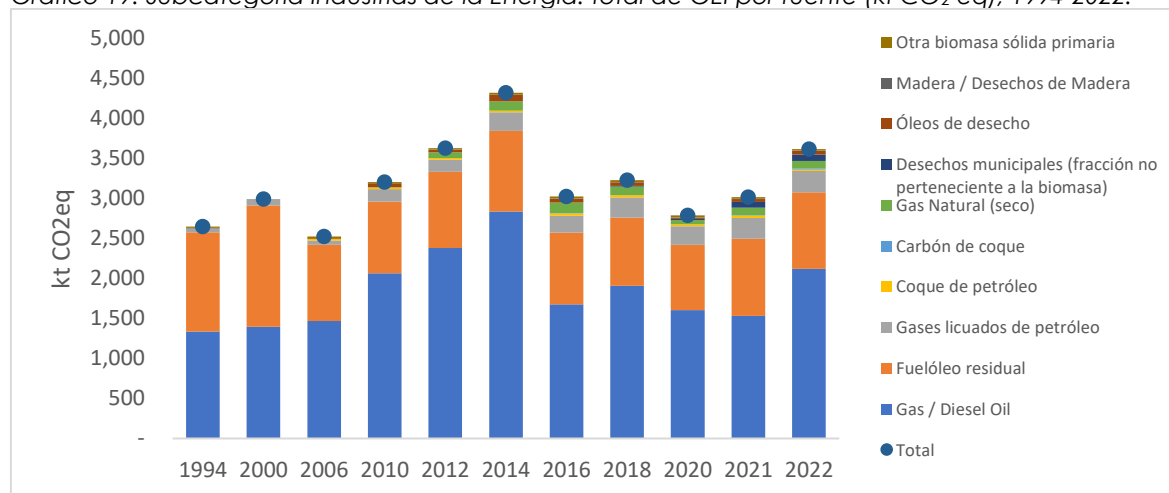
Las emisiones de la subcategoría "Industrias Manufactureras y de la construcción (1A2)" alcanzan un valor de 3.613,9 kt CO₂-eq al año 2022. La principal fuente de emisión es el Diesel Oil con 2.119,7 kt CO₂-eq que representan el 59%, seguidos de Fuel Oil residual con 955,0 kt CO₂-eq que representan el 26%, el Gas Licuado de Petróleo que equivale al 7% y los demás combustibles mostrados en la siguiente tabla que representan 0,8 %. Se presenta un incremento en 12% con los valores reportados para el periodo 2018 la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un incremento de 37% en comparación al valor estimado para 1994 (ver tabla 36 y figura 19).

Tabla 36. Subcategoría Industrias Manufacturaras y de la Construcción: total de GEI por combustible (kt CO₂ eq)

Fuente	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Gasolina para motores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Queroseno para motor de reacción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gas / Diesel Oil	1.334,6	1.393,7	1.468,5	2.062,5	2.378,9	2.833,1	1.675,2	1.909,2	1.603,1	1.531,1	2.119,7
Fuelóleo residual	1.242,5	1.516,8	951,8	896,9	952,3	1.008,4	894,0	850,6	814,3	964,3	955,0
Gases licuados de petróleo	47,5	82,5	52,7	155,8	151,9	231,8	215,2	250,7	233,2	260,7	268,4
Coque de petróleo	-	-	22,6	23,9	21,1	23,1	26,3	27,2	22,8	25,0	17,1
Carbón de coque	-	-	0,1	0,1	-	-	6,2	-	-	4,9	10,2
Gas Natural (seco)	-	-	-	-	69,1	114,3	129,7	110,3	53,1	98,4	97,9
Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)	-	-	-	-	-	-	-	5,1	17,5	70,2	76,8
Óleos de desecho	-	-	6,0	46,2	34,5	80,8	48,5	46,3	15,9	35,8	49,9
Madera / Desechos de Madera	5,5	-	3,2	3,1	3,2	3,6	3,7	3,9	4,0	4,1	4,2
Otra biomasa sólida primaria	16,2	-	19,2	13,4	16,6	21,4	22,7	21,5	22,1	19,2	14,7
Total	2.646,4	2.993,0	2.524,2	3.201,8	3.627,7	4.316,6	3.021,6	3.225,0	2.785,9	3.013,7	3.613,9

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 19. Subcategoría Industrias de la Energía: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.7.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de esta categoría está basada en el resultado de la herramienta árbol de decisión, según el cual indica que se debe aplicar el nivel 1 para todos los cálculos. Para esta estimación se deben utilizar los factores de conversión y factores de emisión por defecto del IPCC. A continuación, se muestran una síntesis de los métodos aplicados para la estimación en esta categoría (ver tabla 37).

Tabla 37. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Categoría de Fuente o 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
1A2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1A2a. Hierro y acero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2b. Metales no ferrosos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2c. Productos químicos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2d. Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2e. Procesamiento de los alimentos, bebidas y tabaco	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2f. Minerales no metálicos	T1	D	T1	D	T1	D
1A2g. Otras	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2gi. Maquinaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2gii. Equipos de transporte	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2giii. Minería (con excepción de combustibles) y Cantería	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2giv. Madera y productos de madera	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2gv. Construcción	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2gvi. Textiles y Cuero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2gvii. Vehículos y maquinaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A2gviii. Industria No Especificada	T1	D	T1	D	T1	D

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Es importante mencionar que Ecuador ha venido trabajando en la desagregación de la información en la subcategoría de Industrias manufactureras y de la construcción. Debido a que este trabajo aún se encuentra en desarrollo por parte de las instituciones generadoras de información, el inventario presenta algunos sectores de la industria con notación IE, se detalla a continuación cual es la agregación de cada uno de estos sectores:

Tabla 38. Segmentos de la subcategoría 1.A.2 Industrias de la Manufactura y construcción que utilizan notación IE

Categoría con notación IE	Categoría donde se incluye
1.A.2.a. Hierro y Acero	1.A.2.g Otros. Es importante mencionar que, debido al esquema de tarifas de Ecuador solamente se registra en sus estadísticas los combustibles en la categoría INDUSTRIAL y no por tipo de industrias. La información extraída para la subcategoría 1.A.2.f se la realizó en base a
1.A.2.b. Metales no ferrosos	
1.A.2.c. Sustancias Químicas	
1.A.2.d. Pulpa Papel e imprenta	



Categoría con notación IE	Categoría donde se incluye
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	información enviada directamente por este segmento de la industria.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

De ser necesario, en la sección 3.1.4 de este documento se explica a detalle el cálculo utilizado.

3.2.7.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados dentro del cálculo de este inventario se dividen en dos grupos. El primer grupo de datos de actividad para las fuentes 1.A.2.f son obtenidos directamente de las Industrias Cementeras en el Ecuador. Esta Industria tiene la particularidad que importan directamente coque de petróleo y coque de carbón para su uso, además de haber implementado iniciativas de economía circular de co-procesamiento de residuos para la mitigación al cambio climático con la quema de residuos de biomasa (cascarilla de palma), quema de Desechos Municipales (fracción no perteneciente a la biomasa) y aceites automotrices reciclados dentro de sus hornos de proceso. El segundo grupo de datos de actividad son los datos reportados al BEN 2022 que son los registrados bajo tarifa "Segmento Industrial" para la categoría 1.A.2.g.viii.

La tabla 39 muestra la compilación de los datos de actividad del sector de Industrias de la Manufactureras y de la Construcción.

Tabla 39. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)

Año	Gas / Diesel Oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Coque de petróleo	Carbón de coque	Gas Natural (seco)	Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)	Óleos de desecho	Madera / Desechos de Madera	Otra biomasa sólida primaria
1994	17.952,0	16.002,5	752,8	-	-	-	-	-	2.900,7	8.544,8
2000	18.747,0	19.535,3	1.306,4	-	-	-	-	-	-	-
2006	19.753,6	12.259,3	835,0	231,2	0,7	-	-	79,9	1.688,0	10.114,6
2010	27.743,2	11.551,1	2.466,5	244,9	0,6	-	-	614,9	1.612,6	7.041,3
2012	31.999,4	12.265,6	2.404,8	216,2	-	1.229,9	-	458,2	1.688,0	8.762,6
2014	38.108,2	12.988,1	3.671,1	236,1	-	2.035,8	-	1.075,1	1.883,9	11.246,7
2016	22.533,9	11.514,0	3.407,5	269,4	65,3	2.310,3	-	645,3	1.960,0	11.929,0
2018	25.681,2	10.955,8	3.970,4	278,3	-	1.964,5	55,0	615,2	2.039,2	11.342,1
2020	21.563,0	10.488,3	3.692,4	232,8	-	944,9	187,3	210,9	2.121,6	11.634,0
2021	20.595,7	12.419,2	4.128,4	256,3	51,2	1.752,8	749,9	475,4	2.164,0	10.079,2
2022	28.512,2	12.299,3	4.249,9	174,9	107,4	1.743,3	821,0	664,0	2.207,3	7.721,4

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.7.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

En el apartado de esta sección, sobre aspectos metodológicos se menciona que, el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. A pesar de los esfuerzos a nivel nacional para rastrear el uso final e identificar las subcategorías específicas de estos datos, en base a las entrevistas realizadas al Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador, se llegó al consenso de utilizar los factores relacionados con Industrias de la energía durante el proceso de elaboración del INGEI de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización. Los factores se pueden encontrar en la tabla 2.2 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 2 - Energía, capítulo 2 – Combustión estacionaria. La tabla 40 muestra los factores utilizados.

Tabla 40. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		Fe - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Gas / Diesel Oil	74.100,0	kgCO ₂ /TJ	3,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Fuelóleo residual	77.400,0	kgCO ₂ /TJ	3,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Gases licuados de petróleo	63.100,0	kgCO ₂ /TJ	1,0	kgCH ₄ /TJ	0,1	kgN ₂ O/TJ
Gas Natural (seco)	56.100,0	kgCO ₂ /TJ	1,0	kgCH ₄ /TJ	0,1	kgN ₂ O/TJ
Madera / Desechos de Madera	112.000,0	kgCO ₂ /TJ	30,0	kgCH ₄ /TJ	4,0	kgN ₂ O/TJ
Otra biomasa sólida primaria	100.000,0	kgCO ₂ /TJ	30,0	kgCH ₄ /TJ	4,0	kgN ₂ O/TJ
Coque de petróleo	97.500,0	kgCO ₂ /TJ	3,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Carbón de coque	94.600,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCH ₄ /TJ	1,5	kgN ₂ O/TJ
Desechos municipales (Fracción no perteneciente a la biomasa)	94.700,0	kgCO ₂ /TJ	30,0	kgCH ₄ /TJ	4,00	kgN ₂ O/TJ
Óleos de desecho	73.300,0	kgCO ₂ /TJ	30,0	kgCH ₄ /TJ	4,0	kgN ₂ O/TJ

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.7.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla **Flex_Summary** de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz y al Capítulo VII "Aplicación de flexibilidades y mejoras planificadas en el marco del proceso de elaboración de la 5CN1BTR" del documento de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia.

3.2.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

El cálculo de la incertidumbre es uno de los requisitos solicitados por las directrices de elaboración de inventarios de GEI del IPCC. En el Ecuador los datos de actividad

no son reportados con porcentaje de incertidumbre por tanto se utiliza las recomendaciones brindadas en las Directrices IPCC del 2006. La tabla 41 muestra los valores de incertidumbres utilizados para la estimación de la subcategoría "Industrias de la Manufactura y la construcción (1A2)".

Tabla 41. Subcategoría Industrias de la Manufactura y la Construcción: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Gasolina para motores	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Queroseno para motor de reacción	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas / Diesel Oil	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Fuelóleo residual	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Lubricantes	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Coque de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas Natural (seco)	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gasolina para motores	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Queroseno para motor de reacción	CH ₄	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas / Diesel Oil	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Fuelóleo residual	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gases licuados de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Lubricantes	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Coque de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gas Natural (seco)	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Madera / Desechos de Madera	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Otra biomasa sólida primaria	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gasolina para motores	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Queroseno para motor de reacción	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gas / Diesel Oil	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Fuelóleo residual	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gases licuados de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Lubricantes	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Coque de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gas Natural (seco)	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Madera / Desechos de Madera	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Otra biomasa sólida primaria	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Para mantener la consistencia dentro de la serie histórica del INGEI, se han realizado las actualizaciones de todos los inventarios a la metodología IPCC 2006, en cuanto a datos de actividad se han utilizado los balances energéticos históricos, actualmente se encuentra a espera que los cambios metodológicos realizados en el último BEN se los realicen para la serie 1994-2005, ya que en este periodo de tiempo la información se encuentra aun con la metodología anterior. Además, se han incrementado las emisiones debido a la actualización metodológica y la

inclusión de nuevos combustibles de la industria cementera por lo cual se han incrementado la cantidad de combustibles usados.

3.2.7.5 AC/CC de la subcategoría

3.2.7.5.1 Control de calidad

- Revisión de la información publicada del BEN
- Revisión de la información base para el BEN
- Generación de una plantilla automatizada estándar en base a las directrices IPCC 2006
- Revisión del algoritmo de extracción de datos desde la base de datos hacia la planilla
- Verificación de una tendencia coherente de los datos
- Comparación de la información de los datos estadísticos del BEN con reportes sectoriales (hidrocarburos, electricidad y de industria petrolera)
- Verificar el año del INGEI en la planilla de drivers
- Revisión despachos de combustibles de EP Petroecuador
- Verificación del coque de petróleo con la información del Servicio Nacional de Aduana del Ecuador

3.2.7.5.2 Garantía de calidad

Se realizaron reuniones con cada uno de los siguientes actores para que se tenga aval de los datos y la forma de utilizarlos:

- Instituto de Investigación Geológico y Energético
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables

Este tipo de reuniones se las hace como forma de socialización de la metodología del IPCC que para datos de actividad utiliza información en un formato diferente al usado a nivel nacional.

3.2.7.5.3 Verificación

El Balance Energético de Ecuador también estima emisiones de gases de efecto invernadero, una manera de verificación es la comparación con esta información. Esta información encontrarse bajo las directrices de la metodología OLADE es necesario:

- Restar las emisiones en productos no energéticos del BEN
- Restar las emisiones de CO₂ de la biomasa del BEN

3.2.7.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Debido a que los Inventarios de gases de efecto invernadero son una herramienta, que dependen de datos de actividad de varias instituciones; revisar los cálculos históricos es una buena práctica de control y garantía de calidad en el proceso de elaboración un inventario. En referencia al último INGEI publicado por el Ecuador en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en la serie 1994-2018, han surgido los siguientes hechos relevantes para considerar un recalcu del INGEI.

- Actualización metodológica del Balance Energético Nacional
- Convenio de información con las Industrias Cementeras en Ecuador para el envío de información precisa sobre el uso de combustibles dentro de sus procesos.

Específicamente para la subcategoría "1A2-Industrias Manufactureras y de la Construcción" se pueden mencionar los siguientes cambios.

- Actualización INGEI: Recategorización del consumo de combustibles para generación eléctrica en Industria Cementera hacia la categoría "1A2-Industrias Manufactureras y de la construcción"
- Actualización Industria Cementera: Nuevo registro de combustibles RDF (Refuse-Derived Fuel) que en la categorización corresponderían a Desechos Municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)

La tabla 44, muestra las diferencias donde se compararán los resultados de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización y los elaborados para la Quinta Comunicación Nacional y Primer Informe Bienal de Transparencia donde se puede apreciar diferencias explicadas por los factores antes mencionados.

Tabla 42. Subcategoría Industrias Manufactureras y de la Construcción: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	2.647,2	1.595,1	1.021,3	2.809,9	3.195,3	3.940,0	2.396,1	2.562,6			
INGEI actual	2.646,4	2.993,0	2.524,2	3.201,8	3.627,7	4.316,6	3.021,6	3.225,0	2.785,9	3.013,7	3.613,9
Diferencia	-0,82	1397,89	1502,93	391,93	432,35	376,55	625,51	662,36			
Diferencia %	-0,03%	87,64%	147,16%	13,95%	13,53%	9,56%	26,11%	25,85%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

3.2.7.7 Mejoras planificadas para la subcategoría

Debido a que Ecuador, presenta la información en un formato diferente, se ha solicitado a las entidades encargadas de la estadística energética nacional tomen en consideración los siguientes puntos para el plan de mejora del INGEI en el siguiente orden:

- Reportar el BEN bajo la metodología de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).
- Estudio para definición de poderes calóricos
- Estudio para definición de Factores de emisión en sectores priorizados
- Estudio para definición de valores de incertidumbre

Además, para esta su categoría es importante mantener un proceso estandarizado para con la Industria Cementera para que la información se pueda obtener a tiempo durante cada proceso de elaboración del INGEI.

3.2.8 Transporte

3.2.8.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Esta subcategoría, presenta las emisiones producidas en todos los medios de transporte que utilizan combustible fósil por ejemplo vehículos pesados que funcionan con motor de combustión interna, aviones con motores a reacción. En la tabla 43 se muestran los sectores del IPCC utilizados y también una comparación de cómo se encuentra registrada la información dentro del balance energético nacional.

Tabla 43. Subcategoría Transporte: Definiciones comparadas con el equivalente nacional

Definición del IPCC		Sector BEN	Comentarios
1A3a	Aviación de cabotaje	Transporte aéreo	
1A3b	Transporte terrestre	Transporte Terrestre, incluye las subcategorías Transporte de carga y pasajeros	
1A3dii	Navegación marítima y fluvial nacional	Transporte Marítimo	
1A3ei	Transporte por tuberías	Consumo propio	Esta información se refiere al consumo de combustible dentro de los oleoductos principales del Ecuador.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

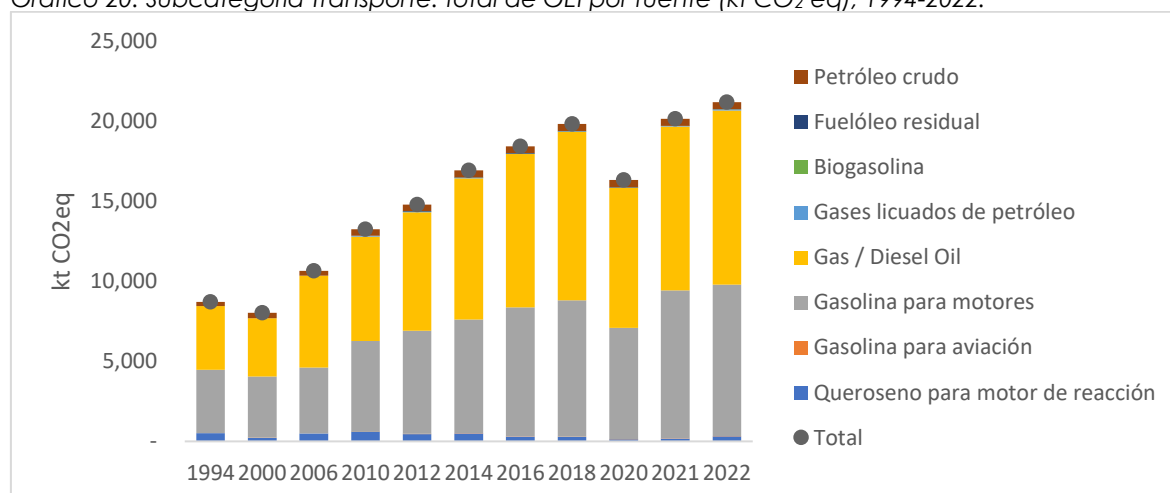
Las emisiones de la subcategoría 1A3 alcanzan un valor de 21.182,1 kt CO₂ eq al año 2022. La principal fuente de emisión es el Diesel Oil con 10.870,2 kt CO₂ eq que representan el 51%, seguidos de la Gasolina para motores con 9.466,8 kt CO₂ eq que representan el 45%, y los demás combustibles mostrados en la tabla con una presencia del 4%. Se presenta un aumento del 7% con los valores reportados para el periodo 2018 en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un aumento de 143% en comparación al valor estimado para 1994 (ver tabla 44 y Gráfico 20).

Tabla 44. Subcategoría Transporte: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

Fuente	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Queroseno para motor de reacción	509,2	216,3	501,9	587,7	452,1	494,7	293,3	276,0	125,5	170,5	312,6
Gasolina para aviación	-	10,7	-	9,3	11,2	13,5	12,5	13,4	11,9	13,9	14,8
Gasolina para motores	3.964,1	3.822,2	4.116,6	5.683,7	6.439,4	7.096,0	8.062,3	8.520,0	6.957,8	9.237,6	9.466,8
Gas / Diesel Oil	3.984,2	3.647,6	5.735,3	6.513,0	7.412,0	8.822,3	9.582,3	10.524,0	8.729,1	10.240,1	10.870,2
Gases licuados de petróleo	-	-	-	33,0	30,8	32,4	19,0	16,5	20,4	35,8	80,5
Biogasolina	-	-	-	-	1,3	2,3	5,2	8,3	5,6	9,0	10,5
Fuelóleo residual	-	-	-	27,3	33,8	24,1	28,7	28,8	14,6	-	-
Petróleo crudo	251,0	323,9	288,5	390,0	407,3	440,8	429,1	447,2	454,9	437,8	426,6
Total	8.708,5	8.020,8	10.642,3	13.244,1	14.787,8	16.926,0	18.432,4	19.834,2	16.319,7	20.144,7	21.182,1

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 20. Subcategoría Transporte: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.8.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de esta categoría está basada en el resultado de la herramienta árbol de decisión, según el cual indica que se debe aplicar el nivel 1 para todos los cálculos. Para esta estimación se deben utilizar los factores de conversión y factores de emisión por defecto del IPCC. A continuación, se muestran una síntesis de los métodos aplicados para la estimación en esta categoría (ver tabla 45).

Tabla 45. Subcategoría Transporte: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Fuente	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1A3. Transporte	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
1A3a. Aviación civil	T1	D	T1	D	T1	D
1A3aii. Aviación de cabotaje	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1A3b. Transporte terrestre	T1	D	T1	D	T1	D
1A3bi. Automóviles	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3bi1. Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3bi2. Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3bii. Camiones para servicio ligero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3bii1. Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3bii2. Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3biii. Camiones para servicio pesado y autobuses	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3biv. Motocicletas	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3bv. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3bvi. Catalizadores basados en urea	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1A3c. Ferrocarriles	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1A3d. Navegación marítima y fluvial	T1	D	T1	D	T1	D
1A3dii. Navegación marítima y fluvial nacional	T1	D	T1	D	T1	D
1A3e. Otro tipo de transporte	T1	D	T1	D	T1	D
1A3ei. Transporte por tuberías	T1	D	T1	D	T1	D
1A3eii. Todo terreno	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Es importante mencionar que Ecuador ha venido trabajando en la desagregación de la información en la subcategoría de Transporte. Debido a que este trabajo aún se encuentra en desarrollo por parte de las instituciones generadoras de información, el inventario presenta algunos sectores de la industria con notación IE, se detalla a continuación cual es la agregación de cada uno de estos sectores:

Tabla 46. Segmentos de la subcategoría 1.A.3 Transporte que utilizan notación IE

Categoría con notación IE	Categoría donde se incluye
1A3bi. Automóviles	El Ecuador actualmente se encuentra trabajando en la desagregación por tipo de transporte, en base a los requerimientos del IPCC. Es por eso que el reporte actual considera todas las categorías de la columna derecha en dentro de la categoría 1.A.3.B Transporte Terrestre directamente.
1A3bi1. Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	
1A3bi2. Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	
1A3bii. Camiones para servicio ligero	
1A3bii1. Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	
1A3bii2. Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	

<i>Categoría con notación IE</i>	<i>Categoría donde se incluye</i>
1A3biii. Camiones para servicio pesado y autobuses	
1A3biv. Motocicletas	
1A3bv. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	
1A3bvi. Catalizadores basados en urea	

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Además, es importante mencionar que, en Ecuador actualmente no existen fuentes de emisión en actividades relacionadas a Ferrocarriles. Hasta el año 2020, la Empresa Pública "Ferrocarriles del Ecuador" inició su proceso de liquidación, por lo que actualmente se presenta la categoría 1.A.3.c como "NO", mientras en años anteriores al 2020 se presenta como "IE" debido a que el diésel se lo registraba en base a la tarifa de "Diesel Industrial".

De ser necesario, en la sección 3.1.4 de este documento se explica a detalle el cálculo utilizado.

3.2.8.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados dentro del cálculo de este inventario se encuentran disponibles dentro del Balance Energético Nacional 2022. Este documento está elaborado en base a las directrices regionales dictadas por el Manual de estadísticas de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE). La Subcategoría nombrada "1.A.3 Transporte" por el IPCC es similar al registro de datos propuestos en la metodología OLADE. Por tanto, esta información se podrá encontrar directamente en los registros nacionales. Existen ciertas consideraciones que se deben tomar en cuenta:

- La cantidad de combustibles utilizados en el sector transporte terrestre está calculada en base a metodologías de estimación de consumo realizada por el Instituto de Investigación Geológico y Energético.
- Para los sectores marítimo y aéreo, las cantidades publicadas en el BEN son directamente los despachos registrados por los mayoristas de combustibles en Ecuador. En la sección 3.1.6.1. de este documento se presenta más detalle sobre el proceso de garantía de calidad sobre esta desagregación.

Debido a este particular para una correcta comparación entre estos dos documentos se deberán agregar los sectores antes mencionados. La tabla 47 muestra los datos de actividad de los sectores antes mencionados.

Tabla 47. Subcategoría Transporte: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)

Año	Petróleo crudo	Gasolina para motores	Gasolina para aviación	Queroseno para motor de reacción	Gas / Diesel Oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Biogasolina
1994	3.412,6	55.775,4	-	7.068,5	52.980,3	-	-	-
2000	4.404,3	53.779,5	152,1	3.002,1	48.478,4	-	-	-
2006	3.922,4	57.921,9	-	6.966,5	76.247,8	-	-	-
2010	5.303,5	79.970,6	131,9	8.157,8	86.575,3	351,1	508,7	-
2012	5.538,8	90.604,3	158,2	6.275,0	98.532,8	433,9	475,0	111,5
2014	5.993,6	99.842,2	191,6	6.866,1	117.279,2	310,0	499,3	199,4
2016	5.834,3	113.439,2	176,7	4.071,4	127.414,4	368,9	293,4	459,6
2018	6.080,3	119.879,3	189,8	3.830,8	139.931,1	370,5	254,1	730,0
2020	6.185,1	97.897,9	168,4	1.742,5	116.066,5	187,3	314,9	488,8
2021	5.952,7	129.975,4	197,3	2.366,5	136.160,2	-	552,4	788,5
2022	5.801,3	133.201,2	209,6	4.339,6	144.542,3	-	1.239,9	924,6

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.8.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

En el apartado de esta sección sobre aspectos metodológicos se menciona que el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. Los factores se pueden encontrar en las tablas 2.2, 3.2.1, 3.5.2 y 3.6.4 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 2 - Energía, capítulo 3 - Combustión móvil. La Tabla 48 muestra los factores utilizados.

Tabla 48. Subcategoría Transporte: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Gas / Diesel Oil	74.100,0	kgCO ₂ /TJ	3,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Fuelóleo residual	77.400,0	kgCO ₂ /TJ	3,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Gases licuados de petróleo	63.100,0	kgCO ₂ /TJ	1,0	kgCH ₄ /TJ	0,1	kgN ₂ O/TJ
Gas Natural (seco)	56.100,0	kgCO ₂ /TJ	1,0	kgCH ₄ /TJ	0,1	kgN ₂ O/TJ
Gasolina para aviación - 1A3a	70.000,0	kgCO ₂ /TJ	0,5	kgCH ₄ /TJ	2,0	kgN ₂ O/TJ
Queroseno para motor de reacción - 1A3a	71.500,0	kgCO ₂ /TJ	0,5	kgCH ₄ /TJ	2,0	kgN ₂ O/TJ
Gasolina para motores - 1A3b	69.300,0	kgCO ₂ /TJ	33,0	kgCO ₂ /TJ	3,2	kgN ₂ O/TJ
Gas / Diesel Oil - 1A3b	74.100,0	kgCO ₂ /TJ	3,9	kgCO ₂ /TJ	3,9	kgN ₂ O/TJ
Gases licuados de petróleo - 1A3b	63.100,0	kgCO ₂ /TJ	62,0	kgCO ₂ /TJ	0,2	kgN ₂ O/TJ
Gasolina para motores - 1A3d	69.300,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCO ₂ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Gas / Diesel Oil - 1A3d	74.100,0	kgCO ₂ /TJ	7,0	kgCO ₂ /TJ	2,0	kgN ₂ O/TJ
Fuelóleo residual - 1A3d	77.400,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Petróleo crudo - 1A3e	73.300,0	kgCO ₂ /TJ	3,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.8.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla **Flex_Summary** de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la

mencionada matriz y al Capítulo VII “Aplicación de flexibilidades y mejoras planificadas en el marco del proceso de elaboración de la 5CN1BTR” del documento de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia.

3.2.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

El cálculo de la incertidumbre es uno de los requisitos solicitados por las directrices de elaboración de inventarios de GEI del IPCC. En el Ecuador los datos de actividad no son reportados con porcentaje de incertidumbre por tanto se utiliza las recomendaciones brindadas en las Directrices IPCC del 2006. La tabla 49 muestra los valores de incertidumbres utilizados para la estimación de la Subcategoría Transporte.

Tabla 49. Subcategoría Transporte: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
1A3a	Aviación civil						
Queroseno para motor de reacción	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gasolina para aviación	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A3b	Transporte terrestre						
Gasolina para motores	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas / Diesel Oil	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Biogasolina	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A3d	Navegación marítima y fluvial						
Gasolina para motores	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas / Diesel Oil	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Fuelóleo residual	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A3e	Otro tipo de transporte						
Petróleo crudo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A3a	Aviación civil						
Queroseno para motor de reacción	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gasolina para aviación	CH ₄	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A3b	Transporte terrestre						



Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
1A3a	Aviación civil						
Gasolina para motores	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gas / Diesel Oil	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Gases licuados de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
Biogasolina	CH ₄	5,0%	5,0%	338,0%	338,0%	338,0%	338,0%
1A3d	Navegación marítima y fluvial						
Gasolina para motores	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
Gas / Diesel Oil	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
Fuelóleo residual	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
1A3e	Otro tipo de transporte						
Petróleo crudo	CH ₄	5,0%	5,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%
1A3a	Aviación civil						
Queroseno para motor de reacción	N ₂ O	5,0%	5,0%	150,0%	150,0%	150,1%	150,1%
Gasolina para aviación	N ₂ O	5,0%	5,0%	150,0%	150,0%	150,1%	150,1%
1A3b	Transporte terrestre						
Gasolina para motores	N ₂ O	5,0%	5,0%	150,0%	150,0%	150,1%	150,1%
Gas / Diesel Oil	N ₂ O	5,0%	5,0%	150,0%	150,0%	150,1%	150,1%
Gases licuados de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	150,0%	150,0%	150,1%	150,1%
Biogasolina	N ₂ O	5,0%	5,0%	300,0%	300,0%	300,0%	300,0%
1A3d	Navegación marítima y fluvial						
Gasolina para motores	N ₂ O	5,0%	5,0%	140,0%	140,0%	140,1%	140,1%
Gas / Diesel Oil	N ₂ O	5,0%	5,0%	140,0%	140,0%	140,1%	140,1%
Fuelóleo residual	N ₂ O	5,0%	5,0%	140,0%	140,0%	140,1%	140,1%
1A3e	Otro tipo de transporte						
Petróleo crudo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Para mantener la consistencia dentro de la serie histórica del INGEI, se han realizado las actualizaciones de todos los inventarios a la metodología IPCC 2006, en cuanto a datos de actividad se han utilizado los balances energéticos históricos, actualmente se encuentra en espera los cambios metodológicos realizados en el último BEN, los cambios se deben considerar dentro de la 1994-2005, ya que en este periodo de tiempo la información se encuentra sin actualizaciones metodológicas.

3.2.8.5 AC/CC de la subcategoría

3.2.8.5.1 Control de calidad

- Revisión de la información publicada del BEN
- Revisión de la información base para el BEN
- Generación de una plantilla automatizada estándar en base a las directrices IPCC 2006
- Revisión del algoritmo de extracción de datos desde la base de datos hacia la planilla
- Verificación de una tendencia coherente de los datos
- Comparación de la información de los datos estadísticos del BEN con reportes sectoriales (hidrocarburos, electricidad y de industria petrolera)
- Verificar el año del INGEI en la planilla de drivers
- Revisión despachos de combustibles de EP Petroecuador

3.2.8.5.2 Garantía de calidad

Se realizaron reuniones con cada uno de los siguientes actores para que se tenga aval de los datos y la forma de utilizarlos:

- Instituto de Investigación Geológico Energético
- Ministerio de Energía y Minas

Este tipo de reuniones se las hace como forma de socialización de la metodología del IPCC que para datos de actividad utiliza información en un formato diferente al usado a nivel nacional.

3.2.8.5.3 Verificación

El Balance Energético de Ecuador también estima emisiones de gases de efecto invernadero, una manera de verificación es la comparación con esta información. Esta información encontrarse bajo las directrices de la metodología OLADE es necesario:

- Restar las emisiones en productos no energéticos del BEN
- Restar las emisiones de CO₂ de la biomasa del BEN

3.2.8.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Debido a que los Inventarios de gases de efecto invernadero son una herramienta que dependen de datos de actividad de varias instituciones, revisar los cálculos

históricos es una buena práctica de control y garantía de calidad cada que se realiza el proceso de elaboración un inventario. En comparación al último INGEI publicado por el Ecuador en la Cuarta Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en la serie 1994-2018, han surgido los siguientes hechos relevantes para considerar un recalcu del INGEI.

- Actualización metodológica del Balance Energético Nacional

La tabla 50, muestra las diferencias donde se comprarán los resultados del INGEI 1994-2018 de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización frente al INGEI 1994-2022 de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Informe Bienal de Transparencia donde se puede apreciar diferencias explicadas por los factores antes mencionados.

Tabla 50. Subcategoría Transporte: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	8.715,0	8.286,1	10.718,0	13.254,9	14.798,7	16.938,1	18.442,3	19.844,5			
INGEI actual	8.708,5	8.020,8	10.642,3	13.244,1	14.787,8	16.926,0	18.432,4	19.834,2	16.319,7	20.144,7	21.182,1
Diferencia	-6,55	-265,32	-75,71	-10,82	-10,85	-12,06	-9,85	-10,31			
Diferencia %	-0,08%	-3,20%	-0,71%	-0,08%	-0,07%	-0,07%	-0,05%	-0,05%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

3.2.8.7 Mejoras planificadas para la subcategoría

Debido a que Ecuador presenta la información en un formato diferente, se ha solicitado a las entidades encargadas de la estadística energética nacional tomen en consideración los siguientes puntos para el plan de mejora del INGEI en el siguiente orden:

- Reportar el BEN bajo la metodología de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).
- Estudio para definición de poderes calóricos
- Estudio para definición de Factores de emisión en sectores priorizados
- Estudio para definición de valores de incertidumbre
- Desagregación de la información del transporte terrestre por tipo de vehículo

3.2.9 Otros sectores

3.2.9.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Esta subcategoría, presenta las emisiones producidas en todas las actividades de los sectores:

- Residencial (por ejemplo, emisiones producidas en cocinas de GLP)
- Comercial y servicio público (por ejemplo, emisiones de calderas)
- Agricultura, silvicultura, pesca y piscifactorías (por ejemplo, emisiones en maquinaria agrícola)

En la Tabla 51 se muestran los sectores del IPCC utilizados y también una comparación de cómo se encuentra registrada la información dentro del Balance Energético Nacional

Tabla 51. Subcategoría Otros Sectores: Definiciones comparadas con el equivalente nacional

Definición IPCC		Sector BEN	Comentarios
1A4a	Comercial /Institucional	Comercial	Los datos del balance energético se estiman a través de una metodología de consumo que toma datos de las encuestas realizadas por el INEC y variables macroeconómicas.
1A4b	Residencial	Residencial	Los datos del balance energético se estiman a través de una metodología de consumo que toma datos de población, consumo per cápita e introducción de nuevas tecnologías.
1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías	Transporte	Los datos registrados son los despachos directos al rector agrícola y de pesca artesanal en Ecuador.

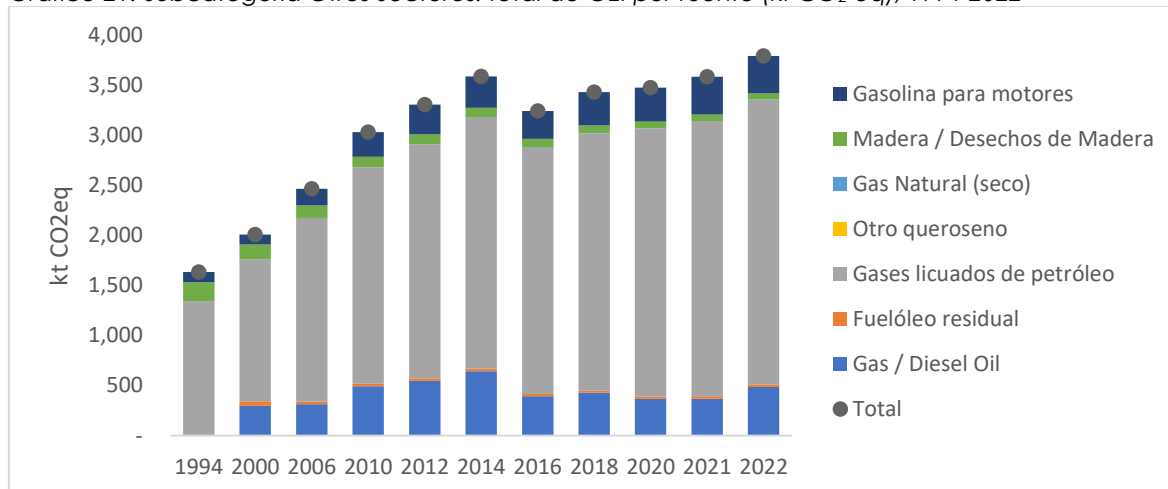
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Las emisiones de la subcategoría 1A4 alcanzan un valor de 3.794,6 kt CO₂-eq al año 2022. La principal fuente de emisión es el Gas Licuado de Petróleo con 2.846,0 kt CO₂-eq que representan el 75%, seguidos del Diesel Oil con 486,3 kt CO₂-eq que representan el 13%, y los demás combustibles mostrados en la tabla con una presencia del 12%. Se presenta un aumento del 11% con los valores reportados para el periodo 2018 en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un aumento de 132% en comparación al valor estimado para 1994 (ver tabla 52 y Gráfico 21).

Tabla 52. Subcategoría Otros Sectores: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

Fuente	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Gas / Diesel Oil	-	299,1	314,0	494,4	547,3	642,4	392,6	427,9	369,3	369,5	486,3
Fuelóleo residual	-	44,1	26,1	23,6	25,1	26,1	22,6	21,4	21,0	24,5	24,7
Gases licuados de petróleo	1.343,6	1.420,9	1.834,7	2.161,7	2.340,3	2.513,9	2.466,2	2.572,2	2.678,4	2.747,1	2.846,0
Otro queroseno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gas Natural (seco)	-	-	-	-	-	0,2	1,1	1,2	1,1	1,3	2,0
Madera / Desechos de Madera	190,4	145,5	125,5	107,5	99,2	93,1	81,7	76,5	69,5	65,6	61,5
Gasolina para motores	101,2	99,6	167,8	244,8	295,1	313,4	281,5	332,4	338,1	377,7	374,1
Carbón Vegetal	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	1.635,2	2.009,2	2.468,0	3.032,0	3.306,9	3.589,0	3.245,7	3.431,5	3.477,3	3.585,8	3.794,6

Gráfico 21. Subcategoría Otros Sectores: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.9.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de esta categoría está basada en el resultado de la herramienta árbol de decisión, según el cual indica que se debe aplicar el nivel 1 para todos los cálculos. Para esta estimación se deben utilizar los factores de conversión y factores de emisión por defecto del IPCC. A continuación, se muestran una síntesis de los métodos aplicados para la estimación en esta categoría (ver tabla 53).

Tabla 53. Subcategoría Otros Sectores: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Categoría de Fuente o 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
1A4. Otros sectores	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE
1A4a. Comercial/Institucional	T1	D	T1	D	T1	D
1A4b. Residencial	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE
1A4c. Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías	T1	D	T1	D	T1	D

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

De ser necesario, en la sección 3.1.4 de este documento se explica a detalle el cálculo utilizado.

3.2.9.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados dentro del cálculo de este inventario se encuentran disponibles dentro del Balance Energético Nacional 2022. Este documento está elaborado en base a las directrices regionales dictadas por el

Manual de estadísticas de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE). La Subcategoría nombrada "1.A.4 Otros Sectores" por el IPCC difiere de la metodología OLADE donde en esta se presenta de forma desagregada en los siguientes sectores:

- Residencial
- Comercial y Servicio Público
- Agro, Pesca y Minería

Debido a este particular para una correcta comparación entre estos dos documentos se deberán agregar los sectores antes mencionados. La tabla 54 muestra los datos de actividad de los sectores antes mencionados.

Tabla 54. [Subcategoría Otros Sectores]: datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)

Año	Gasolina para motores	Gas / Diesel Oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Gas Natural (seco)	Gasolina para aviación	Otro Queroseno	Madera / Desechos de Madera	Carbón vegetal
1994	1.532,7	-	-	21.237,6	-	-	-	20.128,1	ND
2000	1.427,8	4.012,5	566,9	22.458,5	-	-	-	15.385,4	ND
2006	2.405,8	4.212,5	335,0	28.999,3	-	-	-	13.264,8	ND
2010	3.657,7	6.632,9	303,0	34.168,2	-	-	-	11.365,8	ND
2012	4.383,0	7.342,6	321,9	36.990,9	-	-	-	10.482,1	ND
2014	4.725,1	8.618,0	335,0	39.734,8	2,8	-	-	9.846,4	ND
2016	4.208,2	5.267,7	290,7	38.980,9	19,3	-	-	8.635,6	ND
2018	4.865,1	5.740,2	274,7	40.655,9	22,0	-	-	8.087,9	ND
2019	5.344,2	5.399,3	282,7	41.928,7	20,6	-	-	7.735,3	ND
2020	4.882,2	4.954,7	270,0	42.335,1	19,0	-	-	7.344,9	ND
2021	5.653,0	4.957,7	315,1	43.421,1	23,5	-	-	6.931,2	ND
2022	5.364,2	6.524,3	317,1	44.984,2	35,4	-	-	6.500,2	ND

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.9.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

En el apartado de esta sección sobre aspectos metodológicos se menciona que el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. Los factores se pueden encontrar en las tablas 2.4 y 2.5 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 2 - Energía, capítulo 2 - Combustión estacionaria. La tabla 55 muestra los factores utilizados.

Tabla 55. Subcategoría Otros Sectores: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Gas / Diesel Oil	74.100,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Gasolina para motores	69.300,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Gases licuados de petróleo	63.100,0	kgCO ₂ /TJ	5,0	kgCH ₄ /TJ	0,1	kgN ₂ O/TJ
Gasolina para aviación	70.000,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Otro Queroseno	71.500,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ
Gas Natural (seco)	56.100,0	kgCO ₂ /TJ	5,0	kgCH ₄ /TJ	0,1	kgN ₂ O/TJ

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		Fe - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Madera / Desechos de Madera	112.000,0	kgCO ₂ /TJ	300,0	kgCH ₄ /TJ	4,0	kgN ₂ O/TJ
Carbón vegetal	112.000,0	kgCO ₂ /TJ	200,0	kgCH ₄ /TJ	1,0	kgN ₂ O/TJ
Fuelóleo residual	77.400,0	kgCO ₂ /TJ	10,0	kgCH ₄ /TJ	0,6	kgN ₂ O/TJ

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.9.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla **Flex_Summary** de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz y al Capítulo VII "Aplicación de flexibilidades y mejoras planificadas en el marco del proceso de elaboración de la 5CN1BTR" del documento de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia.

3.2.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

El cálculo de la incertidumbre es uno de los requisitos solicitados por las directrices de elaboración de inventarios de GEI del IPCC. En Ecuador los datos de actividad no son reportados con porcentaje de incertidumbre por tanto se utiliza las recomendaciones brindadas en las Directrices IPCC del 2006. La tabla 56 muestra los valores de incertidumbres utilizados para la estimación de la Subcategoría Otros Sectores.

Tabla 56. Subcategoría Industrias de la Manufactura y la Construcción: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
1A4a	Comercial/Institucional						
Gas / Diesel Oil	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Fuelóleo residual	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A4b	Residencial						
Otro queroseno	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas Natural (seco)	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Madera / Desechos de Madera	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías						
Gasolina para motores	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
1A4a	Comercial/Institucional						
Gas / Diesel Oil	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
Fuelóleo residual	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Gases licuados de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
1A4b	Residencial						
Otro queroseno	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
Gases licuados de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
Gas Natural (seco)	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
Madera / Desechos de Madera	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías						
Gasolina para motores	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
Gases licuados de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	50,0%	50,0%	50,2%	50,2%
1A4a	Comercial/Institucional						
Gas / Diesel Oil	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Fuelóleo residual	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gases licuados de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
1A4b	Residencial						
Otro queroseno	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gases licuados de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gas Natural (seco)	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Madera / Desechos de Madera	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías						
Gasolina para motores	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%
Gases licuados de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	267,5%	267,5%	267,5%	267,5%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Para mantener la consistencia dentro de la serie histórica del INGEI, se han realizado las actualizaciones de todos los inventarios al refinamiento 2019 de la metodología IPCC 2006, en cuanto a datos de actividad se han utilizado los balances energéticos históricos, actualmente se encuentra a espera que los cambios metodológicos realizados en el último BEN se los realicen para la serie 1994-2005, ya que en este periodo de tiempo la información no se encuentra la última actualización metodológica.

Además, se puede mencionar que en la sección de recálculos se especifica más a detalle los factores que afectaron al cálculo de este INGEI.

3.2.9.5 AC/CC de la subcategoría

3.2.9.5.1 Control de Calidad

- Revisión de la información publicada del BEN

- Revisión de la información base para el BEN
- Generación de una plantilla automatizada estándar en base a las directrices IPCC 2006
- Revisión del algoritmo de extracción de datos desde la base de datos hacia la planilla
- Verificación de una tendencia coherente de los datos
- Comparación de la información de los datos estadísticos den BEN con reportes sectoriales (hidrocarburos, electricidad y de industria petrolera)
- Verificar el año del INGEI en la planilla de drivers
- Revisión despachos de combustibles de EP Petroecuador

3.2.9.5.2 Garantía de Calidad

Se realizaron reuniones con cada uno de los siguientes actores para que se tenga aval de los datos y la forma de utilizarlos:

- Instituto de Investigación Geológico y Energético
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables

Este tipo de reuniones se las hace como forma de socialización de la metodología del IPCC que para datos de actividad utiliza información en un formato diferente al usado a nivel nacional.

3.2.9.5.3 Verificación

El Balance Energético de Ecuador también estima emisiones de gases de efecto invernadero, una manera de verificación es la comparación con esta información. Esta información encontrarse bajo las directrices de la metodología OLADE es necesario:

- Restar las emisiones en productos no energéticos del BEN
- Restar las emisiones de CO₂ de la biomasa del BEN

3.2.9.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Debido a que los Inventarios de gases de efecto invernadero son una herramienta que dependen de datos de actividad de varias instituciones, se considera que revisar los cálculos históricos es una buena práctica de control y garantía de calidad, cada que se realiza el proceso de elaboración de un inventario. En comparación al último INGEI publicado por el Ecuador en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en la serie 1994-2018, han surgido los siguientes hechos relevantes para considerar un recalcu del INGEI.

- Actualización metodológica del Balance Energético Nacional

Específicamente para la subcategoría "1A4-Otros Sectores" se pueden mencionar los siguientes cambios.

- Actualización INGEI: Reporte de combustible de aviación para fumigación (actividad agrícola) por separado del sector transporte
- Actualización INGEI: Reporte de combustible para navegación por separado del sector transporte

La tabla 57 muestra las diferencias donde se comprarán los resultados presentados en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización con el INGEI 1994-2018 frente a los resultados presentados en este documento de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Informe Bienal de Transparencia con la información del INGEI 1994-2022 donde se puede apreciar diferencias explicadas por los factores antes mencionados.

Tabla 57. Subcategoría Otros Sectores: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	1.625,2	2.257,5	2.839,9	3.428,2	3.744,5	3.977,4	3.904,2	4.107,6			
INGEI actual	1.640,9	2.020,3	2.469,8	3.042,8	3.317,7	3.605,3	3.257,8	3.438,4	3.479,8	3.602,3	3.794,6
Diferencia	15,7	-237,2	-370,1	-385,4	-426,8	-372,1	-646,4	-669,2			
Diferencia %	0,97%	10,51%	13,03%	11,24%	11,40%	-9,36%	16,56%	-16,29%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

3.2.9.7 Mejoras planificadas para la subcategoría

Debido a que Ecuador presenta la información en un formato diferente, se ha solicitado a las entidades encargadas de la estadística energética nacional tomen en consideración los siguientes puntos para el plan de mejora del INGEI en el siguiente orden:

- Reportar el BEN bajo la metodología de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).
- Estudio para definición de poderes calóricos
- Estudio para definición de Factores de emisión en sectores priorizados
- Estudio para definición de valores de incertidumbre

3.2.10 Otro (no especificados en otra parte)

3.2.10.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

Esta subcategoría, presenta las emisiones producidas en todas las actividades no identificadas dentro de los sectores de consumo reportados en el Balance Energético Nacional. En la tabla 58 se muestran los sectores del IPCC utilizados y también una comparación de cómo se encuentra registrada la información dentro del balance energético nacional.

Tabla 58. Subcategoría Otros Sectores: Definiciones comparadas con el equivalente nacional

Definición IPCC		Sector BEN	Comentarios
1A5	No Especificado	Construcción y Otros	Existe variabilidad de en estos datos debido a la metodología de estimación utilizada

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

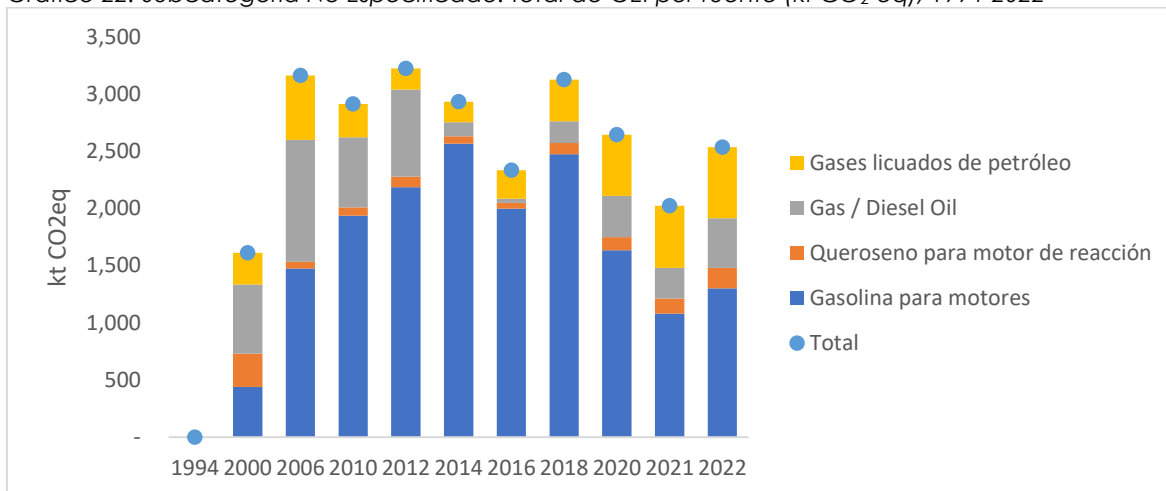
Las emisiones de la subcategoría 1A5 alcanzan un valor de 2.535,8 kt CO₂-eq al año 2022. La principal fuente de emisión es la gasolina para motores con 1.300,4 kt CO₂-eq que representan el 51%, seguidos del gas licuado de petróleo con 620,5 kt CO₂-eq que representan el 24%, y los demás combustibles mostrados en la tabla 59 y gráfico 23 con una presencia del 25%. Se presenta una reducción del 19% con los valores reportados para el periodo 2018 en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un aumento de 2.535% en comparación al valor estimado para 1994 ya que para este año no se tiene una estimación en el BEN.

Tabla 59. Subcategoría No Especificados: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

Fuente	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Gasolina para motores	-	438.5	1,473.8	1,935.8	2,184.4	2,565.8	1,997.3	2,474.8	1,634.0	1,080.5	1,300.4
Queroseno para motor de reacción	-	290.4	59.5	74.8	94.1	65.2	51.4	98.2	114.8	131.6	178.7
Gas / Diesel Oil	-	606.3	1,066.4	611.5	761.0	122.2	36.5	189.6	360.0	267.5	436.2
Fuelóleo residual	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gases licuados de petróleo	-	276.5	564.2	290.0	184.8	179.9	250.0	364.7	535.1	544.9	620.5
Total	-	1,611.7	3,163.9	2,912.2	3,224.2	2,933.2	2,335.3	3,127.4	2,643.9	2,024.5	2,535.8

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 22. Subcategoría No Especificado: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.10.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de esta categoría está basada en el resultado de la herramienta árbol de decisión, según el cual indica que se debe aplicar el nivel 1 para todos los cálculos. Para esta estimación se deben utilizar los factores de conversión y factores de emisión por defecto del IPCC. A continuación, se muestran una síntesis de los métodos aplicados para la estimación en esta categoría (ver tabla 60).

Tabla 60. Subcategoría Otros Sectores: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Categoría de Fuente o 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
1A5. No Especificado	T1	D	T1	D	T1	D

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Es importante mencionar que Ecuador ha venido trabajando en la identificación de la información para cada uno de los sectores de generación de emisiones. Debido a que este trabajo aún se encuentra en desarrollo por parte de las instituciones generadoras de información, el inventario presenta algunos sectores de la industria con notación IE, se detalla a continuación cual es la agregación de cada uno de estos sectores:

Tabla 61. Segmentos de la subcategoría 1.A.5 No Especificado que utilizan notación IE

Categoría con notación IE	Categoría donde se incluye
1.A.5.a No especificado / Combustión fija	Debido a que la naturaleza de la categoría no especificada, donde el Ecuador registra el combustible que no puede identificar su uso final. Se
1.A.5.b No especificado / Combustión móvil	



Categoría con notación IE	Categoría donde se incluye
	registra directamente en la subcategoría 1.A.5

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

De ser necesario, en la sección 3.1.4 de este documento se explica a detalle el cálculo utilizado.

3.2.10.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados dentro del cálculo de este inventario se encuentran disponibles dentro del Balance Energético Nacional 2022. Este documento está elaborado en base a las directrices regionales dictadas por el Manual de estadísticas de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE). La Subcategoría nombrada "1.A.5 No Especificado" por el IPCC tiene su equivalencia en la metodología OLADE con el nombre "Otros". Debido a este particular es necesario tomar en cuenta esta categoría. Entre las principales observaciones realizadas durante el desarrollo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero son:

- El Ministerio de Energía y Minas utiliza esta categoría para ubicar a todas las cantidades de energéticos en los cuales no puede identificar su uso final. Por tanto, esto puede ocasionar ciertas inconsistencias en la serie temporal.
- La publicación del BEN se realiza con una serie histórica de 10 años, por lo que es una buena práctica revisar esta información con la misma temporalidad para la elaboración del INGEI.

La tabla 62, muestra los datos de actividad utilizados para el cálculo de esta subcategoría.

Tabla 62. Subcategoría "No especificado": datos de actividad por combustible o fuente de GEI (TJ)

Año	Gasolina para motores	Queroseno para motor de reacción	Gas / Diesel Oil	Gases licuados de petróleo
1994	-	-	-	-
2000	6.305,5	4.047,5	8.156,1	4.378,3
2006	21.193,2	829,0	14.344,2	8.934,1
2010	27.836,7	1.043,1	8.225,9	4.592,2
2012	31.410,2	1.311,6	10.236,6	2.925,5
2014	36.895,3	909,4	1.644,1	2.848,4
2016	28.721,0	716,8	490,7	3.959,0
2018	35.587,2	1.369,3	2.550,4	5.774,6
2020	23.495,6	1.600,8	4.842,7	8.472,6
2021	15.537,1	1.833,7	3.598,4	8.628,2
2022	18.698,9	2.491,4	5.867,0	9.825,0

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.10.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

En el apartado de esta sección, sobre aspectos metodológicos se menciona que, el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. A pesar de los esfuerzos a nivel nacional para rastrear el uso final e identificar las subcategorías específicas de estos datos, en base a las entrevistas realizadas al Instituto de Investigación Geológico y Energético del Ecuador, se llegó al consenso de utilizar los factores relacionados con Industrias de la energía durante el proceso de elaboración del INGEI de la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización. Los factores se pueden encontrar en la tabla 2.2 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 2 - Energía, capítulo 2 – Combustión estacionaria. La tabla 63 muestra los factores utilizados.

Tabla 63. Subcategoría No Especificado: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		Fe - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Gasolina para motores	69.300,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Queroseno para motor de reacción	71.500,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Gas / Diesel Oil	74.100,0	kg CO ₂ /TJ	3,0	kg CH ₄ /TJ	0,6	kg N ₂ O/TJ
Gases licuados de petróleo	63.100,0	kg CO ₂ /TJ	1,0	kg CH ₄ /TJ	0,1	kg N ₂ O/TJ

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.2.10.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla **Flex_Summary** de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz y al Capítulo VII "Aplicación de flexibilidades y mejoras planificadas en el marco del proceso de elaboración de la 5CN1BTR" del documento de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia.

3.2.10.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

El cálculo de la incertidumbre es uno de los requisitos solicitados por las directrices de elaboración de inventarios de GEI del IPCC. En el Ecuador los datos de actividad no son reportados con porcentaje de incertidumbre por tanto se utiliza las recomendaciones brindadas en las Directrices IPCC del 2006. La tabla 64 muestra los valores de incertidumbres utilizados para la estimación de la subcategoría "No especificado (1A5)".

Tabla 64. Subcategoría Otros Sectores: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Gasolina para motores	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Queroseno para motor de reacción	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gas / Diesel Oil	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%
Gases licuados de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	7,0%	7,0%	8,6%	8,6%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

A pesar de que esta categoría no se encontraba incluida en los inventarios de gases de efecto invernadero anteriores, en conjunto al Instituto de Investigación Geológico y Energético la consistencia de las hipótesis tomadas para la elaboración de los datos de actividad enviados. Además, esta información ya se encuentra aprobada por todas las Instituciones del Sector Energía para su publicación.

3.2.10.5 AC/CC de la subcategoría

3.2.10.5.1 Control de Calidad

- Revisión de la información publicada del BEN
- Revisión de la información base para el BEN
- Generación de una plantilla automatizada estándar en base a las directrices IPCC 2006
- Revisión del algoritmo de extracción de datos desde la base de datos hacia la planilla
- Verificación de una tendencia coherente de los datos
- Comparación de la información de los datos estadísticos del BEN con reportes sectoriales (hidrocarburos, electricidad y de industria petrolera)
- Verificar el año del INGEI en la planilla de drivers
- Revisión despachos de combustibles de EP Petroecuador

3.2.10.5.2 Garantía de Calidad

Se realizaron reuniones con cada uno de los siguientes actores para que se tenga aval de los datos y la forma de utilizarlos:

- Instituto de Investigación Geológico y Energético
- Ministerio de Energía y Minas

Este tipo de reuniones se las hace como forma de socialización de la metodología del IPCC que para datos de actividad utiliza información en un formato diferente al usado a nivel nacional.

3.2.10.5 Verificación

El Balance Energético de Ecuador también estima emisiones de gases de efecto invernadero, una manera de verificación es la comparación con esta información. Esta información encontrarse bajo las directrices de la metodología OLADE es necesario:

- Restar las emisiones en productos no energéticos del BEN
- Restar las emisiones de CO₂ de la biomasa del BEN

3.2.10.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Debido a que los Inventarios de gases de efecto invernadero son una herramienta que dependen de datos de actividad de varias instituciones, revisar los cálculos históricos es una buena práctica de control y garantía de calidad cada que se realiza el proceso de elaboración un inventario. En comparación al último INGEI publicado por el Ecuador en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Reporte Bienal de Actualización a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en la serie 1994-2018, han surgido los siguientes hechos relevantes para considerar un recalcu del INGEI.

Específicamente para la subcategoría "1A5-No Especificado" se pueden mencionar los siguientes cambios.

- Actualización BEN: Reporte de combustibles que no han sido identificado su uso final.

3.2.10.7 Mejoras planificadas para la subcategoría

Debido a que Ecuador presenta la información en un formato diferente, se ha solicitado a las entidades encargadas de la estadística energética nacional tomen en consideración los siguientes puntos para el plan de mejora del INGEI en el siguiente orden:

- Reportar el BEN bajo la metodología de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).
- Estudio para definición de poderes calóricos
- Estudio para definición de Factores de emisión en sectores priorizados

- Estudio para definición de valores de incertidumbre
- Estudios para identificación de valores de uso final de la energía

3.3 Emisiones fugitivas de combustibles (1B)

3.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Esta categoría presenta las emisiones Fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B), incluye las emisiones por fugas y quema en antorchas producidas en los procesos de extracción, transporte y refinación, almacenamiento y refinación de petróleo, gas natural y combustibles sólidos.

Debido a la dinámica del Ecuador en cuanto a estas emisiones, la información de esta sección se presentará en la sección 3.2.3.

3.3.2 Combustibles sólidos

Debido a que en el Ecuador no existen actividades relacionadas a la explotación, transformación y comercialización de combustibles sólidos (carbón mineral y combustibles relacionados) esta subcategoría se registra con las siglas "NO" que tienen por significado "No Ocurre".

3.3.3 Petróleo y gas natural

3.3.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Esta subcategoría presenta las emisiones Fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (1B), incluye las emisiones por fugas en equipos y quema en antorchas producidas en los procesos dentro de los campos de extracción, transporte y refinación, almacenamiento y refinación de petróleo, gas natural.

Las emisiones de la subcategoría 1B2 alcanzan un valor de 3.662,1 kt CO_{2-eq} al año 2018. La principal fuente de emisión son las actividades relacionadas al petróleo con 3.624,4 kt CO_{2-eq} que representan el 99%, seguidas de las emisiones de las actividades de gas natural con 37,7 kt CO_{2-eq} que representan el 1%. Se presenta una reducción del 7% con los valores reportados para el periodo 2018 en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador y un aumento de 27% en comparación al valor estimado para 1994 (ver tabla 65 y gráfico 23).

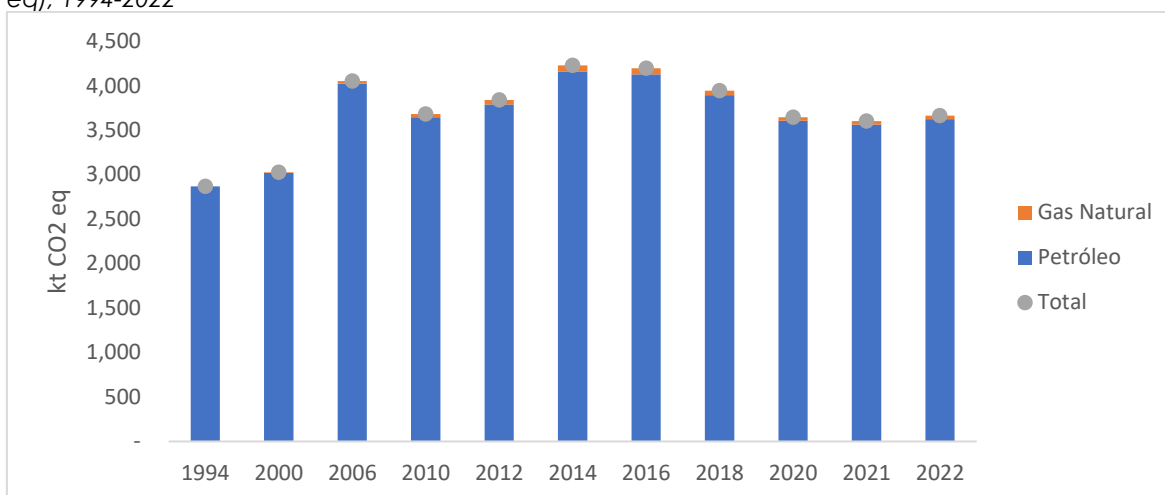
Es importante mencionar que la reducción de emisiones se presenta debido a la disminución de producción de petróleo y el número de pozos perforados en el periodo de análisis.

Tabla 65. Subcategoría Emisiones fugitivas de Petróleo y Gas Natural: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq)

Fuente	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Petróleo	2.867,2	3.019,4	4.022,4	3.645,1	3.789,5	4.158,8	4.128,3	3.891,6	3.606,3	3.560,9	3.624,4
Gas Natural	-	6,9	29,2	34,7	50,6	67,9	66,0	52,1	37,3	42,3	37,7
Total	2.867,2	3.026,4	4.051,6	3.679,8	3.840,1	4.226,8	4.194,4	3.943,7	3.643,6	3.603,2	3.662,1

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 23. Subcategoría Emisiones fugitivas de Petróleo y Gas Natural: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.3.3.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de esta categoría está basada en el resultado de la herramienta árbol de decisión, según el cual indica que se debe aplicar el nivel 1 para todos los cálculos. Para esta estimación se deben utilizar los factores de conversión y factores de emisión por defecto del IPCC en el refinamiento 2019 de las directrices IPCC 2006. A continuación, se muestran una síntesis de los métodos aplicados para la estimación en esta categoría (tabla 66).

Tabla 66. Subcategoría Petróleo y Gas Natural: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Categoría de Fuente o 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
1B. Emisiones fugitivas de combustibles	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
1B1. Combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1B2. Petróleo y Gas Natural	T1	D	T1	D	T1	D

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre

De ser necesario, en la sección 3.1.4 de este documento se explica a detalle el cálculo utilizado.

3.3.3.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

En el apartado de esta sección, sobre aspectos metodológicos se menciona que el cálculo de emisiones para esta subcategoría se realiza utilizando el nivel 1 con los factores por defecto proporcionados por el IPCC. En Ecuador no se han desarrollado factores de emisión en base las características de los energéticos nacionales, por tanto, se utilizan datos de producción, transporte, refinación y comercialización de petróleo, gas natural y derivados para el cálculo de esta subcategoría (ver tabla 67).

Tabla 67. Subcategoría Petróleo y Gas Natural: datos de actividad

Año	Producción de Petróleo [kbbi]	Transporte de Petróleo [kbbi]	Producción de Gas Natural Libre [MPC]	Número de Pozos petroleros	Número de Pozos de Gas Natural
1994	142.242,6	130.449,0	-	-	-
2000	146.180,3	139.276,0	-	1.767,0	-
2006	195.950,4	184.038,0	10.004,5	2.947,0	2,0
2010	177.446,5	169.081,0	11.776,0	3.350,0	2,0
2012	184.321,3	177.395,4	15.375,0	3.071,0	2,0
2014	203.151,4	191.634,4	20.410,0	3.365,0	4,0
2016	200.711,4	194.063,0	18.633,0	6.402,0	8,0
2018	188.792,5	186.735,2	12.461,0	6.655,0	9,0
2020	175.451,1	156.487,5	9.464,5	6.871,0	9,0
2021	172.598,6	164.985,6	9.506,0	7.000,0	9,0
2022	175.545,5	171.451,4	8.573,3	7.153,0	9,0

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.3.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

El cálculo de la incertidumbre es uno de los requisitos solicitados por las directrices de elaboración de inventarios de GEI del IPCC. En el Ecuador los datos de actividad no son reportados con porcentaje de incertidumbre por tanto se utiliza las recomendaciones brindadas en las Directrices IPCC del 2006 presentados en la Tabla 4.2.5 del volumen 4 "Emisiones Fugitivas". La tabla 68 muestra los valores de incertidumbres utilizados para la estimación de la Subcategoría No especificado.

Tabla 68. Subcategoría Emisiones de Petróleo y Gas: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		Fe - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1B2a Petróleo						
1B2ai Exploración	1,03	Número de pozos en operación	0,07	Número de pozos en operación	7,5E-6	Número de pozos en operación
1B2aii Producción y Exploración	44,99	kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	2,91	kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	6,7E-04	kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional
1B2aiii Transporte	0,0049	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	0,0054	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	NA	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional
1B2aiv Refinación y almacenamiento	5,85	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	0,03	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	8,77-E05	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional
1B2av Distribución de productos de petróleo	NA	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	NA	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	NA	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional
1B2b Gas natural						
1B2bi Exploración	9	Número de pozos en operación	1,93	Número de pozos en operación	0,05	Número de pozos en operación
1B2bii Producción y Exploración	242,77	Kt per 10 ⁶ m ³ gas production	4,8	Kt per 10 ⁶ m ³ gas production	2,94	Kt per 10 ⁶ m ³ gas production
1B2biii Procesamiento	145,55	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	0,12,	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional	1,83	Kt por 10 ³ m ³ de producción de petróleo convencional
1B2biv Transporte	51,19	Kt por 10 ⁶ m ³ de producción de gas	0,23	Kt por 10 ⁶ m ³ de producción de gas	3,36	Kt por 10 ⁶ m ³ de producción de gas
1B2av Distribución	51,19	Kt por 10 ⁶ m ³ de	0,09	Kt por 10 ⁶ m ³ de	2,93	Kt por 10 ⁶ m ³ de

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		Fe - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
		producción de gas		producción de gas		producción de gas

Fuente: IPCC, 2019

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

3.3.3.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la subcategoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla **Flex_Summary** de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz y al Capítulo VII "Aplicación de flexibilidades y mejoras planificadas en el marco del proceso de elaboración de la 5CN1BTR" del documento de la Quinta Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal de Transparencia.

3.3.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

El cálculo de la incertidumbre es uno de los requisitos solicitados por las directrices de elaboración de inventarios de GEI del IPCC. En el Ecuador los datos de actividad no son reportados con porcentaje de incertidumbre por tanto se utiliza las recomendaciones brindadas en las Directrices IPCC del 2006. La tabla 69 muestra los valores de incertidumbres utilizados para la estimación de la Subcategoría No especificado.

Tabla 69. Subcategoría Petróleo y Gas Natural: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
1B2a	Petróleo						
1B2ai Exploración	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%
1B2aii Producción y Exploración	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%
1B2aiii Transporte	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2aiv Refinación y almacenamiento	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2av Distribución de productos de petróleo	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2b	Gas natural						
1B2bi Exploración	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%
1B2bii Producción y Exploración	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%
1B2biii Procesamiento	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2biv Transporte	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2av Distribución	CO ₂	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2a	Petróleo						
1B2ai Exploración	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
1B2aii Producción y Exploración	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%
1B2aiii Transporte	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2aiv Refinación y almacenamiento	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2av Distribución de productos de petróleo	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2b	Gas natural						
1B2bi Exploración	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%
1B2bii Producción y Exploración	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,2%	30,2%
1B2biii Procesamiento	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2biv Transporte	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2av Distribución	CH ₄	5,0%	5,0%	30,0%	30,0%	30,1%	30,1%
1B2a	Petróleo						
1B2ai Exploración	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,2%	500,2%
1B2aii Producción y Exploración	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,2%	500,2%
1B2aiii Transporte	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,1%	500,1%
1B2aiv Refinación y almacenamiento	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,1%	500,1%
1B2av Distribución de productos de petróleo	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,1%	500,1%
1B2b	Gas natural						
1B2bi Exploración	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,1%	500,1%
1B2bii Producción y Exploración	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,5%	500,5%
1B2biii Procesamiento	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,1%	500,1%
1B2biv Transporte	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,1%	500,1%
1B2av Distribución	N ₂ O	5,0%	5,0%	500,0%	500,0%	500,1%	500,1%

Elaborado por: MAAATE / Proyecto 5CN1BTR

Como se mencionó en el apartado de aspectos metodológicos esta subcategoría se estima en base al nivel 1 sugerido por el IPCC, por ende, los drivers principales se encuentran son la producción, transporte de petróleo y gas natural siendo esta la que dan la pauta de la línea de tendencia. Además, en base a la actualización metodológica del IPCC 2019 los factores de emisión sugieren eliminar las categorías de Quema en Antorcha y Venteo cuanto se utiliza nivel 1 ya que estas emisiones están contabilizadas en la sección de producción.

3.3.3.5 AC/CC de la subcategoría

3.3.3.5.1 Control de calidad

- Revisión de la información publicada del BEN

- Revisión de la información base para el BEN
- Generación de una plantilla automatizada estándar en base a las directrices IPCC 2006
- Revisión del algoritmo de extracción de datos desde la base de datos hacia la planilla
- Verificación de una tendencia coherente de los datos
- Comparación de la información de los datos estadísticos del BEN con reportes sectoriales (hidrocarburos, electricidad y de industria petrolera)
- Verificar el año del INGEI en la planilla de drivers
- Revisión despachos de combustibles de EP Petroecuador
- Verificación del coque de petróleo con la información del Servicio Nacional de Aduana del Ecuador

3.3.3.5.2 Garantía de calidad

Se realizaron reuniones con cada uno de los siguientes actores para que se tenga aval de los datos y la forma de utilizarlos:

- Instituto de Investigación Geológico y Energético
- Ministerio de Energía y Minas

Este tipo de reuniones se las hace como forma de socialización de la metodología del IPCC que para datos de actividad utiliza información en un formato diferente al usado a nivel nacional.

3.3.3.5.3 Verificación

El Balance Energético de Ecuador también estima emisiones de gases de efecto invernadero, una manera de verificación es la comparación con esta información. Esta información encontrarse bajo las directrices de la metodología OLADE es necesario:

- Restar las emisiones en productos no energéticos del BEN
- Restar las emisiones de CO₂ de la biomasa del BEN

3.3.3.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Debido a que los Inventarios de gases de efecto invernadero son una herramienta que dependen de datos de actividad de varias instituciones, revisar los cálculos históricos es una buena práctica de control y garantía de calidad cada que se realiza el proceso de elaboración un inventario. En comparación al último INGEI publicado por el Ecuador en la Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de actualización a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el

cambio climático en la serie 1994-2012, han surgido los siguientes hechos relevantes para considerar un recalcu del INGEI.

- Actualización de la metodología de la IPCC 2006 al Refinamiento 2019 de las directrices IPCC 2006

Específicamente para la subcategoría “1B2-Petroleo y Gas Natural” se pueden mencionar los siguientes cambios.

- Actualización IPCC: Actualización de la metodología IPCC 2019 donde se reorganizan las categorías de reporte
- Actualización IPCC: se identifican nuevos factores de emisión y se eliminan las tablas para países No-Anexo I y Anexo I

La tabla 70, muestra las diferencias donde se compararán los resultados del INGEI 1994-2018 frente al INGEI 1994-2021 donde se puede apreciar diferencias positivas explicadas por los factores antes mencionados.

Tabla 70. Subcategoría Emisiones Fugitivas de Petróleo y Gas Natural: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	1.379,40	1.418,30	1.894,90	1.712,30	1.779,90	1.966,10	1.939,80	1.822,20			
INGEI actual	2.867,25	3.026,39	4.051,61	3.679,79	3.840,11	4.226,75	4.194,39	3.943,65	3.643,56	3.603,23	3.662,07
Diferencia	1487,8	1608,1	2156,7	1967,5	2060,2	2260,7	2254,6	2121,5			
Diferencia %	107,86%	113,38%	113,82%	114,90%	115,75%	114,98%	116,23%	116,42%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

3.3.3.6.1 Mejoras planificadas para la subcategoría

El Ecuador en el año 2018 se adhirió a la iniciativa “Cero quemas de gas convencional en plataformas petroleras al 2030” promovida por el Banco Mundial, es por esto por lo que se están llevando a cabo medidas para la desagregación de esta información. Actualmente, EP Petroecuador se encuentra estimando su inventario de huella de gases de efecto invernadero, con lo cual se espera poder comparar los resultados a finales del 2024 para poder determinar las acciones necesarias o un factor de emisión para estas actividades.

3.4 Transporte y almacenamiento de CO₂

3.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Debido al desarrollo tecnológico del Ecuador aún no se han instalado plantas para transporte y almacenamiento de CO₂, por tanto, esta categoría se la registra

dentro de las tablas con la simbología “NO” que significa “No Ocurre” haciendo referencia a la falta de esta actividad dentro del territorio nacional.

4 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (2)

4.1 Panorama general del sector

4.1.1 Descripción del sector

El sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) en Ecuador, de acuerdo con las Directrices de 2006 del IPCC, abarca actividades industriales que generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debido a transformaciones químicas y físicas de materias primas. En Ecuador, el sector IPPU contribuyó con 4.245,78 kt CO₂-eq en 2022, representando el 2,75% de las emisiones nacionales. Las categorías incluidas son la Industria de los Minerales, Industria de los Metales, Uso de Productos Sustitutos de Sustancias Agotadoras de Ozono y Uso de Productos No Energéticos de Combustibles y Solventes.

4.1.2 Categorías Principales del Sector IPPU en Ecuador

Industria de los Minerales (2A): Esta categoría incluye la producción de cemento, cal, vidrio y otros usos de los carbonos en procesos. En Ecuador, la subcategoría de producción de cemento (2A1) generó 1.797,87 kt CO₂-eq en 2022. Representando una de las principales fuentes de CO₂ en el sector IPPU, debido a la descarbonatación en la producción de clínker.

- a. Industria de los Metales (2C): En Ecuador, la subcategoría de producción de hierro y acero (2C1) generó 86,67 kt CO₂-eq en 2022. Las emisiones de esta categoría provienen de los procesos de fundición y refinado de metales.
- b. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono SAO (2F): Esta categoría incluye el uso de hidrofluorocarbonos (HFC) en refrigeración y aire acondicionado. En 2022, Ecuador reportó 1.957,58 kt CO₂-eq de emisiones, principalmente atribuibles a la creciente demanda de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
- c. Uso de Productos No Energéticos de Combustibles y Solventes (2D): Esta categoría comprende el uso de combustibles y solventes en procesos industriales no relacionados con combustión, tales como lubricantes y ceras de parafina. En 2022, el uso de productos no energéticos de combustibles y solventes contribuyó con un 0,07% de las emisiones del sector IPPU en Ecuador, siendo una fuente de menor escala.

4.1.3 Exhaustividad y Relevancia Nacional del Inventario IPPU en Ecuador

El inventario nacional de emisiones del sector IPPU en Ecuador incluye todas las categorías relevantes de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006. En la

subcategoría de producción de cemento (2A1), se aplican factores de emisión específicos al contexto ecuatoriano, garantizando precisión en las estimaciones. Las demás categorías, como el uso de productos no energéticos de combustibles y solventes (2D), emplean factores de emisión estándar recomendados por el IPCC debido a la disponibilidad limitada de datos nacionales específicos.

Este enfoque garantiza una cobertura integral del sector IPPU y permite una representación detallada del perfil de emisiones industriales en Ecuador, proporcionando información esencial para la toma de decisiones en políticas de mitigación de GEI.

4.1.4 Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) en Ecuador presentan una tendencia de crecimiento sostenido en las últimas décadas, impulsada por las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y de hidrofluorocarbonos (HFC). Según el inventario de GEI de Ecuador, las emisiones totales del sector IPPU alcanzaron los 4,245.78 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$ en 2022, un aumento del 233 % en comparación con los 1,273.26 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$ registrados en 1994, atribuible a un incremento en la producción industrial y en la demanda de refrigeración y aire acondicionado.

4.1.4.1 Emisiones de Dióxido de Carbono (CO_2)

El dióxido de carbono (CO_2) es el principal gas de efecto invernadero emitido en el sector IPPU, asociado principalmente con la producción de cemento, la utilización de carbonatos en procesos industriales y la producción de hierro y acero. Las emisiones de CO_2 del sector alcanzaron los 2.288,20 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$ en 2022, posicionándose como el mayor componente de emisiones dentro de IPPU. La tendencia de crecimiento en las emisiones de CO_2 está vinculada principalmente a:

- **Producción de Cemento (2A1):** Esta actividad representa la mayor fuente de emisiones de CO_2 en el sector, con 1.797,87 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$ en 2022. La creciente demanda de materiales de construcción ha impulsado el aumento en la producción de cemento, que es una actividad intensiva en carbono debido a los procesos de calcinación y combustión utilizados.
- **Otros Usos de Carbonatos (2A4):** Las emisiones de CO_2 derivadas del uso de carbonatos en procesos industriales, que incluyen la producción de cerámica, ascendieron a 213,36 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$ en 2022. La utilización de carbonatos en la

cerámica y otros procesos industriales ha sido un factor importante en el incremento de emisiones de CO₂ en esta subcategoría.

- Producción de Hierro y Acero (2C1): La producción de hierro y acero generó emisiones de 86,67 kt CO₂-eq en 2022, contribuyendo al aumento de CO₂ en el sector IPPU. La expansión de la industria siderúrgica y la recuperación económica post-pandemia han influido en el crecimiento de esta actividad.

4.1.4.2 Emisiones de Hidrofluorocarbonos (HFC)

Los hidrofluorocarbonos (HFC) constituyen otro componente significativo de las emisiones de GEI en el sector IPPU, especialmente en la categoría Uso de productos sustitutos de las SAO (2F). En 2022, las emisiones de HFC alcanzaron los 1.957,58 kt CO₂-eq, con un aumento marcado desde los 214,9 kt CO₂-eq en 2010. Este incremento es atribuible al crecimiento en la demanda de sistemas de refrigeración y aire acondicionado en el sector transporte, así como en aplicaciones industriales y comerciales. Entre las subcategorías más relevantes de emisiones de HFC se encuentran:

Aire Acondicionado Móvil (2F1a): Las emisiones de HFC en esta subcategoría ascendieron a 364,38 kt CO₂-eq en 2022. Este valor refleja el aumento en el uso de sistemas de aire acondicionado en vehículos, que emplean refrigerantes HFC.

Refrigeración Comercial e Industrial (2F1d y 2F1e): Las emisiones en refrigeración industrial alcanzaron 466,67 kt CO₂-eq en 2022 para la refrigeración industrial y 657,61 kt CO₂-eq en la refrigeración comercial mediana y grande. Estos valores reflejan una expansión significativa en la infraestructura que requiere refrigeración, en sectores como el de alimentos y bebidas.

Transporte Refrigerado (2F1f): Las emisiones de HFC en el transporte refrigerado fueron de 280,01 kt CO₂-eq en 2022, impulsadas por la creciente demanda de transporte de productos perecibles y el uso de refrigerantes en este sector.

Las emisiones de CO₂ y HFC en el sector IPPU de Ecuador han mostrado un crecimiento sostenido, con un aumento del 57 % en las emisiones totales de GEI del sector entre 2012 (2.698,26 kt CO₂-eq) y 2022 (4.245,78 kt CO₂-eq), y un incremento del 44 % desde 2018 (2.943,61 kt CO₂-eq). Este aumento refleja la expansión de actividades industriales, la creciente inversión en infraestructura y la mayor demanda de sistemas de refrigeración y aire acondicionado en los sectores de transporte, residencial y comercial. En 2022, el CO₂ continuó siendo el principal gas emitido, con un 100 % de las emisiones totales del sector IPPU atribuibles a CO₂,

mientras que los HFC representaron un componente creciente en la categoría de refrigeración y aire acondicionado.

Las tendencias de crecimiento en las emisiones de GEI en el sector IPPU son indicativas de una mayor actividad económica e industrial en Ecuador, acompañada de un incremento en la demanda de materiales de construcción y en la infraestructura de refrigeración. Estos factores contribuyen al aumento sostenido en las emisiones de CO₂ y HFC en el sector.

Tabla 71. Sector IPPU: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para 2022

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 específi- cas 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	2.288,20			1.957,58									4.246
2.A.	Industria de los minerales	2.198,39												2.198,39
2.A.1.	Producción de cemento	1.797,87												1.797,87
2.A.2.	Producción de cal	179,06												179,06
2.A.3.	Producción de vidrio	8,11												8,11
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos	213,36												213,36
2.A.5.	Otros (especificar)													
2.B.	Industria química													
2.B.1.	Producción de amoníaco													
2.B.2.	Producción de ácido nítrico													
2.B.3.	Producción de ácido adipico													
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico													
2.B.5.	Producción de carburo													
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio													
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa													
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo													
2.B.9.	Producción fluoroquímica													
2.B.10.	Otros (especificar)													
2.C.	Industria de los metales	86,67												86,67
2.C.1.	Producción de hierro y acero	80,06												80,06
2.C.2.	Producción de ferrodaleaciones													
2.C.3.	Producción de aluminio													
2.C.4.	Producción de magnesio													
2.C.5.	Producción de plomo	6,60												6,60
2.C.6.	Producción de cinc													
2.C.7.	Otros (especificar)													
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	3,14												3,14
2.D.1.	Uso de lubricantes	3,02												3,02
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	0,13												0,13
2.D.3.	Otros (especificar)													
2.E.	Industria electrónica													
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores													

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 específi- cas 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.2.	Pantalla plana tipo TFT													
2.E.3.	Células fotovoltaicas													
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica													
2.E.5.	Otros (especificar)													
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				1.957,58									1.957,58
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado				1.957,28									1.957,28
2.F.2.	Agentes espumantes													
2.F.3.	Protección contra incendios				0,023									0,023
2.F.4.	Aerosoles													
2.F.5.	Solventes													
2.F.6.	Otras aplicaciones				0,28									0,28
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos													
2.G.1.	Equipos eléctricos													
2.G.2.	SF ₆ y PFC de otros usos de productos													
2.G.3.	N ₂ O de usos de productos													
2.G.4.	Otros													
2.H.	Otros (especificar)													

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

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table2(I) de los CRT.

Dentro del inventario nacional de GEI para el 2022 las emisiones del sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) en Ecuador alcanzaron un total de 4.245,78 kt CO₂-eq, lo que representó el 2,75% de las emisiones nacionales totales. A lo largo del periodo de inventario, este sector ha mostrado un crecimiento en sus emisiones, impulsado principalmente por la producción de cemento y el uso de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, que son las actividades con mayor contribución en el sector IPPU.

Cabe recalcar que la categoría 2F - Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono SAO ha sido incluida por primera vez en esta comunicación nacional de inventario de gases de efecto invernadero. Esta incorporación es relevante, ya que representa una fuente significativa de emisiones dentro del sector IPPU, con un total de 1.957,58 kt CO₂ equivalente en el año 2022, lo que equivale al 46,1% del total sectorial. Esta inclusión mejora el alcance del inventario nacional, y de las emisiones generadas por el uso de refrigeración y aire acondicionado, así como otras aplicaciones de productos sustitutos de sustancias que agotan la capa de ozono.

En 2022, la categoría de Industria de los Minerales (2A) fue la mayor fuente de emisiones dentro del sector IPPU, contribuyendo con 2.198,39 kt CO₂-eq, es decir, el 51,8% de las emisiones sectoriales. Dentro de esta categoría, la Producción de Cemento (2A1) fue la subcategoría más significativa, con 1.797,87 kt CO₂-eq lo que representa un 42,3% del total del sector. La segunda categoría en importancia fue Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F), que emitió 1.957,58 kt CO₂-eq (46,1% del sector IPPU), destacando el Uso de refrigeración y aire acondicionado (2F1) como la actividad principal.

Las categorías en el sector IPPU se distribuyeron de la siguiente manera: Industria de los Minerales (2A): 51,8%, con la subcategoría de Producción de Cemento (2A1) como la principal fuente; Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F): 46,1%, con una contribución destacada de la subcategoría de refrigeración y aire acondicionado (2F1); Industria de los Metales (2C): 2,04%, con la subcategoría Producción de Hierro y Acero (2C1) como la principal fuente; Uso de Productos no Energéticos de Combustibles y Solventes (2D): 0,07%.

Comparando las emisiones de 2022 con el año base (1994), se observa un incremento del 234%, pasando de 1.273,26 a 4.245,78 kt CO₂-eq. Este aumento se atribuye principalmente a la intensificación de la producción de cemento y el mayor uso de productos de refrigeración y aire acondicionado, que han crecido de manera sostenida en los últimos años.

En referencia al inventario del 2021 con el último año inventariado 2022, se evidencia un aumento del 16,2% en las emisiones del sector IPPU, de 3.655,36 kt CO₂-eq a 4.245,78 kt CO₂-eq. Este incremento interanual se debió principalmente a la expansión en el uso de refrigeración y aire acondicionado (2F1), que presentó un aumento de 632 kt CO₂-eq en un solo año.

A lo largo del periodo inventariado, se observan fluctuaciones en algunas subcategorías, como en la Producción de Cemento (2A1) y en Otros usos de carbonatos en los procesos (2A4). Sin embargo, el aumento constante en la categoría Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F) ha sido la tendencia más marcada, con un crecimiento sostenido en las emisiones de la subcategoría Refrigeración y Aire Acondicionado (2F1) desde el 2012.

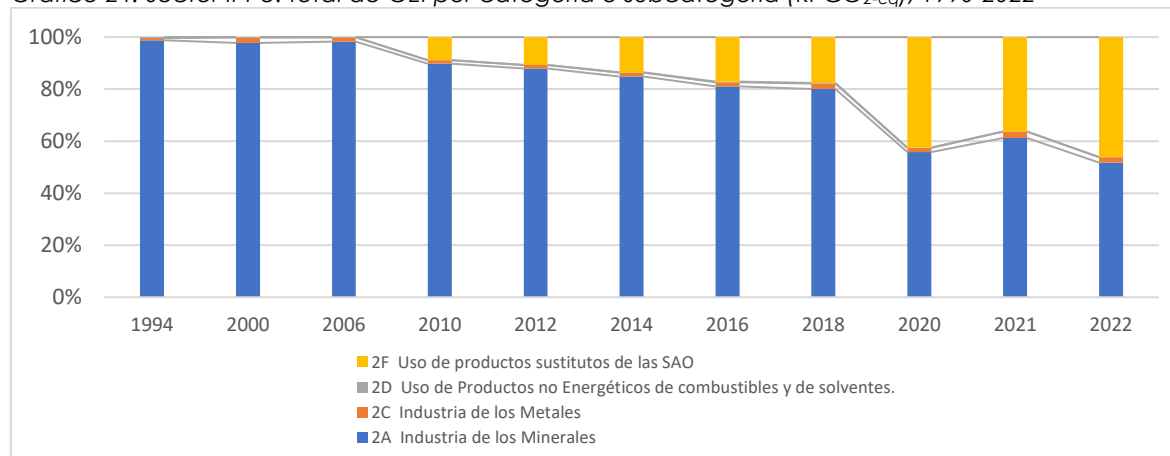
El sector IPPU en Ecuador ha experimentado un crecimiento significativo en sus emisiones, principalmente debido a la mayor producción de cemento y la expansión del uso de refrigeración y aire acondicionado. Este comportamiento ha consolidado a estas actividades como las principales fuentes de emisiones dentro del sector, lo cual resalta la importancia de su monitoreo y gestión para futuras estrategias de reducción de emisiones.

Tabla 72. Sector IPPU: total de GEI por categoría (kt CO₂-eq)

Categoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
2A Industria de los Metales	1.257,7	1.216,2	1.912,6	2.174,0	2.373,4	2.356,5	2.242,4	2.358,3	1.582,0	2.239,5	2.198,4
2C Industria de los Metales	10,88	25,24	30,59	31,04	35,47	40,58	45,90	60,40	45,38	86,64	86,67
2D Uso de Productos no Energéticos de combustibles y de solventes.	4,67	1,95	2,10	0,29	0,28	5,91	6,08	5,87	3,93	4,15	3,14
2F Uso de productos sustitutos de las SAO	-	-	-	214,9	289,1	374,5	472,9	519,1	1.203,0	1.325,0	1.957,6
Total	1.273	1.243	1.945	2.420	2.698	2.777	2.767	2.943	2.834	3.655	4.246

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja **Table10s1** de los CRT.

Gráfico 24. Sector IPPU: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO₂-eq), 1990-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

El sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) en Ecuador contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) principalmente a través del dióxido de carbono (CO₂) y los hidrofluorocarbonos (HFC), según los datos del inventario de emisiones hasta 2022. En ese año, las emisiones de CO₂ de la categoría Industria de los Minerales (2A) alcanzaron 2.198,39 kt CO₂-eq, representando el 52% de las emisiones del sector. Este gas proviene principalmente de la producción de cemento (1.797,87 kt CO₂-eq) y de cal (179,06 kt CO₂-eq). Las emisiones de HFC, usadas en refrigeración y aire acondicionado, sumaron 1.957,6 kt CO₂-eq, lo que representa el 46% de las emisiones del sector, con un aumento constante desde que se empezaron a reportar en 2010 para los inventarios de GEI en Ecuador.

Desde el año base de 1994, las emisiones de CO₂ han incrementado debido al crecimiento de la industria de materiales de construcción. Los HFC, que se reportan desde el 2010³, muestran un incremento sostenido, reflejando la expansión en los sectores de refrigeración y aire acondicionado comercial, industrial y residencial. En comparación con el inventario de 2021, las emisiones de CO₂ en 2022 disminuyeron ligeramente, mientras que las de HFC aumentaron significativamente, principalmente en aplicaciones de refrigeración industrial y comercial.

Las emisiones de otros GEI, como CH₄, N₂O, PFC, SF₆ y NF₃, no se reportan en el sector IPPU de Ecuador.

Tabla 73. Sector IPPU: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq)

GEI	1994	2000	2004	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CO ₂	1.273,30	1.243,30	1.945,30	2.205,40	2.409,20	2.402,90	2.294,40	2.424,50	1.631,40	2.330,30	2.288,20
CH ₄	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N ₂ O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
HFC	NE	NE	NE	214,93	289,11	374,48	472,90	519,10	1.203,00	1.325,05	1.957,58
HFC-134a	NE	NE	NE	103,22	160,49	293,18	399,33	471,66	555,07	535,87	609,76
HFC-125	NE	NE	NE	28,93	39,92	32,07	21,20	21,47	302,48	371,44	587,66
HFC-32	NE	NE	NE	2,86	3,50	4,19	3,35	2,68	24,28	32,38	49,94
HFC-143a	NE	NE	NE	37,39	59,95	30,44	40,60	18,55	317,83	382,66	702,51
HFC-152a	NE	NE	NE	0,03	0,06	0,43	0,43	0,25	0,21	0,31	0,55
HFC-23	NE	NE	NE	42,51	25,19	14,17	7,97	4,48	3,14	2,39	7,12
HFC-227ea	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,00	0,02
Mezclas no específicas de HFC y PFC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PFC	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SF ₆	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NF ₃	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	1.273,26	1.243,34	1.945,30	2.420,31	2.698,26	2.777,42	2.767,27	2.943,62	2.834,35	3.655,36	4.245,78

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

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table10s5 de los CRT.

Tabla 74. Sector IPPU: emisiones por sustancia química HFC GEI (TM)

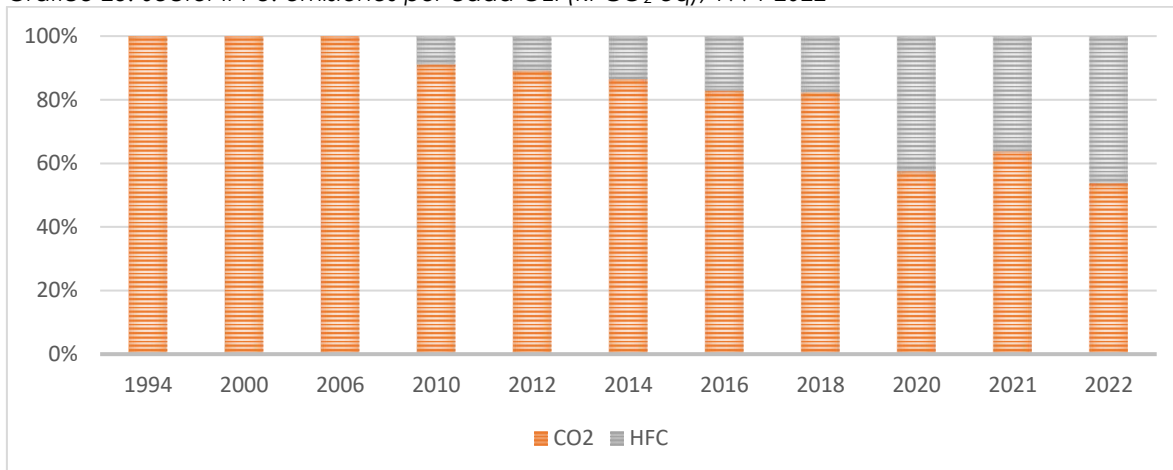
GEI	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
HFC-134a	103,22	160,49	293,18	399,33	471,66	555,07	535,87	609,76
HFC-125	28,93	39,92	32,07	21,20	21,47	302,48	371,44	587,66
HFC-32	2,86	3,50	4,19	3,35	2,68	24,28	32,38	49,94
HFC-143a	37,39	59,95	30,44	40,60	18,55	317,83	382,66	702,51
HFC-152a	0,03	0,06	0,43	0,43	0,25	0,21	0,31	0,55

³ Las sustancias HFC ingresaron el 2007 al Ecuador, sin embargo, para los años de reporte del inventario GEI en Ecuador se reporta desde el 2010.

HFC-23	42,51	25,19	14,17	7,97	4,48	3,14	2,39	7,12
HFC-227ea	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,00	0,02
HFC	214,93	289,11	374,48	472,90	519,10	1,203,00	1,325,05	1,957,58

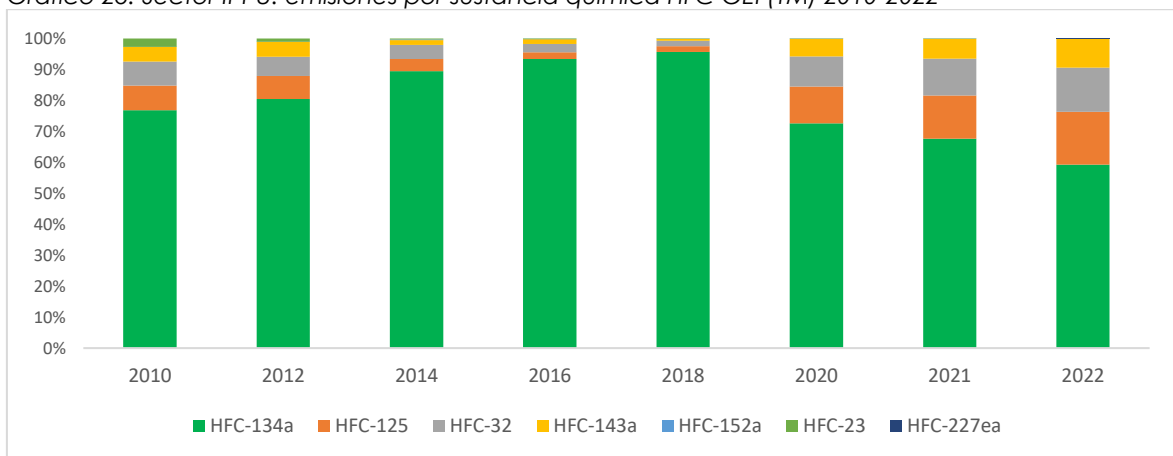
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Gráfico 25. Sector IPPU: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Gráfico 26. Sector IPPU: emisiones por sustancia química HFC GEI (TM) 2010-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

4.1.5 Aspectos metodológicos generales del sector

El inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) en Ecuador para el año 2022 fue elaborado siguiendo la metodología de las Directrices del IPCC de 2006, en cumplimiento de la decisión 24 de la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Estas directrices, específicamente el Volumen 2 para el sector IPPU, proporcionaron la base metodológica necesaria para estimar las emisiones en distintas categorías y subcategorías del sector.

Para el cálculo de emisiones, se aplicaron los Niveles metodológicos 1 y 2. El Nivel 2, que exige información más detallada y específica sobre los procesos industriales, fue utilizado en la subcategoría de la industria del cemento. Este nivel permite una estimación más precisa y detallada de las emisiones de CO₂, acorde con la importancia de esta actividad en el perfil de emisiones del sector. Sin embargo, en algunas otras categorías del sector IPPU se aplicó el Nivel 1, que se basa en datos de actividad más agregados y factores de emisión de acuerdo con las directrices del IPCC. Esta elección metodológica responde a las restricciones de recursos que enfrenta el país para implementar métodos de niveles superiores en todas las categorías.

El inventario también afrontó el reto de recopilar datos precisos del sector privado, ya que las empresas que generan emisiones no siempre facilitan información directa. Para suplir esta limitación, se utilizaron datos de las encuestas nacionales realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), que proporcionan información relevante sobre la actividad industrial en Ecuador. Estos datos de actividad, combinados con factores de emisión específicos, permitieron estimar las emisiones de GEI en diversas subcategorías del sector IPPU.

El equipo técnico del sector IPPU desarrolló y ajustó hojas de cálculo para el procesamiento de estos datos, siguiendo las hojas de trabajo recomendadas en las Directrices del IPCC. Esta metodología sistemática y documentada asegura que los resultados de las emisiones presentados en el inventario cumplan con los principios de transparencia, coherencia y comparabilidad establecidos internacionalmente.

Dentro de los aspectos metodológicos generales aplicados al sector IPPU, los factores de emisión empleados para la estimación de emisiones de GEI provienen de fuentes específicas, seleccionadas de acuerdo con la disponibilidad de datos y la especificidad requerida para cada subcategoría.

Para la subcategoría de producción de cemento, se aplicaron factores de emisión propios del país, los cuales fueron obtenidos directamente de las empresas cementeras nacionales, garantizando así una mayor precisión y adecuación a las condiciones locales. En contraste, para las restantes categorías del sector, se utilizaron los factores de emisión estandarizados recomendados en las Directrices del IPCC de 2006, los cuales proporcionan valores de referencia mundialmente aceptados y permiten una consistencia metodológica en ausencia de datos específicos nacionales.

Los detalles adicionales sobre la procedencia de estos factores de emisión y su aplicación en cada categoría del sector IPPU se encuentran en las secciones metodológicas específicas correspondientes en este documento.

Para la categoría 2F, que comprende el uso de productos que reemplazan sustancias agotadoras de ozono, se aplicó un método de regresión basado en datos recopilados mediante una encuesta de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Esta encuesta, desarrollada en el contexto de la “Hoja de Ruta para Reducir los HFC en Ecuador,” provee información detallada sobre el consumo y gestión de HFC en el país, lo que permite una estimación de emisiones más precisa y alineada con las prácticas locales.

En conclusión, el país enfatiza que la selección de factores de emisión y metodologías en el sector IPPU fue guiada por principios de transparencia, coherencia y adaptación a las condiciones nacionales. La implementación de factores de emisión específicos del país para la industria del cemento y el método de regresión ajustado para la categoría 2F son elementos metodológicos clave que aseguran que el inventario refleje el perfil real de emisiones del sector. Estos enfoques mejoran la representatividad y la precisión de las estimaciones, alineando el inventario de GEI con las realidades y capacidades nacionales, y cumpliendo con los estándares establecidos por las Directrices del IPCC de 2006.

4.2 Industria de los minerales (CRT 2A)

La categoría Industria de los minerales (2A) en el sector IPPU comprende los procesos industriales en los que se procesan minerales para la producción de materiales clave como cemento, cal y vidrio. Según las Directrices del IPCC de 2006, esta categoría abarca emisiones de CO₂ derivadas de procesos no energéticos, en los cuales el carbono contenido en las materias primas es liberado al ambiente durante las reacciones químicas de transformación. Las principales subcategorías identificadas por el IPCC incluyen la Producción de cemento (2A1), Producción de cal (2A2), Producción de vidrio (2A3), y Otros usos de los carbonatos (2A4), que abarcan aplicaciones en cerámica y otros procesos industriales.

4.2.1 Producción de cemento (2A1)

4.2.1.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

En Ecuador, la categoría Industria de los minerales (2A) es de especial relevancia en términos de emisiones de GEI, destacándose la producción de cemento como la principal fuente de CO₂ en esta categoría y una de las contribuyentes más

significativas en el sector IPPU. Las subcategorías presentes en el país incluyen la producción de cemento, cal, y vidrio, además de otros usos de los carbonatos, principalmente en la industria de la cerámica para la subcategoría 2A4. La producción de cemento, en particular, constituye una fuente clave de emisiones nacionales debido a la alta demanda de este material en proyectos de infraestructura y construcción.

Respecto a la exhaustividad, el inventario nacional incluye todas las subcategorías de emisiones identificadas como relevantes en las Directrices del IPCC. Los factores de emisión específicos para la producción de cemento fueron obtenidos directamente de empresas cementeras nacionales que se incluyeron al proceso de la 5CN1BTR, proporcionando una mayor precisión en las estimaciones de esta subcategoría. Para el resto de las subcategorías, como la producción de cal, vidrio y otros usos de los carbonatos, se aplicaron los factores de emisión estándar recomendados por el IPCC. Esta metodología garantiza que el inventario capture de forma completa y precisa las emisiones de GEI de la categoría, brindando una representación exhaustiva del perfil de emisiones en este sector industrial de Ecuador.

Ecuador ha mostrado una tendencia creciente en emisiones de GEI a lo largo del periodo de inventario, influenciada mayormente por la Producción de Cemento (2A) y el uso de carbonatos en cerámica y otros procesos (2A4). La categoría exhibe una variabilidad en sus emisiones, en función de las demandas industriales y los procesos productivos, lo que hace que su monitoreo continuo sea fundamental para la identificación de tendencias y patrones en el comportamiento de las emisiones del sector IPPU.

Según el inventario más reciente, presenta una estructura compleja de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Ecuador. En el último año inventariado, 2022, la categoría alcanzó un total de 2.198,39 kt CO_{2-eq}, representando un 52% de las emisiones del sector IPPU, y reflejando un crecimiento acumulado a lo largo de los años de referencia.

Desde 1994, las emisiones de esta categoría han mostrado un crecimiento sostenido, atribuible a la expansión de la actividad industrial, particularmente en la Producción de Cemento (2A1) y el uso de carbonatos en distintos procesos industriales.

En 2022, las emisiones en esta categoría totalizaron 2.198,39 kt CO_{2-eq}, siendo la Producción de Cemento (2A1) la subcategoría con mayor contribución (1.797,87 kt CO_{2-eq}), equivalente al 82% de las emisiones de la categoría. Otras subcategorías

relevantes fueron la Producción de Cal (2A2) con 179,05 kt CO_{2-eq} (8%) y Otros usos de los carbonatos en procesos industriales (2A3) con 213,35 kt CO_{2-eq} (10%). La generación de estas emisiones está directamente relacionada con los volúmenes de producción en cada subcategoría, reflejando el uso intensivo de carbonatos y otros materiales en estos procesos.

Se evidencia que la participación de las emisiones en 2022 estuvo liderada por la Producción de Cemento (82%), seguida por Otros usos de los carbonatos (10%) y Producción de Cal (8%). Las demás subcategorías, como Producción de Vidrio y Otros usos de la Soda Ash, presentaron una contribución mínima al total de la categoría.

Desde 1994 hasta 2022, las emisiones de la categoría Industria de los Minerales (2A) incrementaron en 940,7 kt CO_{2-eq}, equivalente a un aumento del 75%. Nuevamente se deriva este crecimiento principalmente al aumento de las emisiones en la Producción de Cemento, que pasó de 1.147,40 kt CO_{2-eq} en 1994 a 1.797,87 kt CO_{2-eq} en 2022, impulsada por la demanda de materiales para construcción. La Producción de Cal y el uso de carbonatos en cerámica y otros procesos también muestran incrementos a lo largo del tiempo.

Comparando 2021 y 2022, se observó una leve disminución en las emisiones totales de esta categoría, pasando de 2.239,52 kt CO_{2-eq} a 2.198,39 kt CO_{2-eq}, una reducción de aproximadamente 41,1 kt CO_{2-eq} o un 1,8%. Este ajuste se explica por una reducción en las emisiones de la Producción de Cemento, que disminuyó de 1.964,88 kt CO_{2-eq} en 2021 a 1.797,87 kt CO_{2-eq} en 2022.

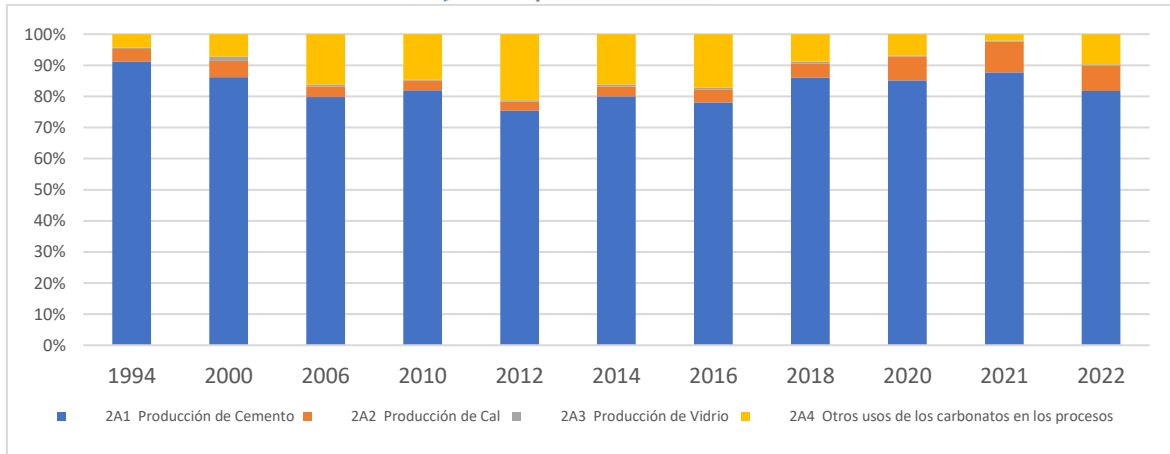
A lo largo del periodo inventariado, se registraron fluctuaciones interanuales en algunas subcategorías, especialmente en Otros usos de los carbonatos, que pasó de 503 kt CO_{2-eq} en 2012 a 213,35 kt CO_{2-eq} en 2022. Estas variaciones reflejan cambios en la actividad industrial y la demanda de productos de carbonatos en Ecuador. La subcategoría de Producción de Vidrio también mostró oscilaciones.

Tabla 75. 2A Industria de los Minerales: total de GEI por fuente (kt CO_{2-eq})

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
2A1 Producción de Cemento	1.147,4	1.048,3	1.525,3	1.782,0	1.787,6	1.884,8	1.750,7	2.029,0	1.347,8	1.964,9	1.797,9
2A2 Producción de Cal	49,9	63,0	65,9	66,5	71,9	76,6	93,8	107,1	121,6	219,9	179,1
2A3 Producción de Vidrio	5,3	16,3	11,0	7,5	10,9	14,3	10,7	14,1	4,7	8,9	8,1
2A4 Otros usos de los carbonatos en los procesos	55,2	88,6	310,4	318,1	503,0	380,7	387,2	208,0	107,9	45,8	213,4
2A4a Cerámica	55,2	75,5	303,8	318,1	501,2	378,9	387,2	204,9	99,5	44,6	211,7
2A4b Otros Usos de la Soda Ash	0,0	13,0	6,5	0,0	1,8	1,8	0,0	3,1	8,5	1,2	1,7
Total	1.257,7	1.216,1	1.912,6	2.174,0	2.373,4	2.356,4	2.242,4	2.358,2	1.582,0	2.239,5	2.198,4

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

Gráfico 27. Industria de los Minerales (2ª): total de GEI por fuente (kt CO_{2-eq}), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

4.2.1.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

En la categoría Industria de los Minerales (2A) dentro del sector IPPU, el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se realizó conforme a las Directrices del IPCC de 2006, específicamente el Volumen 3, que abarca las metodologías para la estimación de emisiones en el sector de Procesos Industriales y Uso de Productos. Para esta categoría, se aplicaron principalmente los métodos de Nivel 1 y Nivel 2, dependiendo de la disponibilidad y calidad de los datos específicos de Ecuador, especialmente en la subcategoría de Producción de Cemento, que empleó el método de Nivel 2 debido a la relevancia y disponibilidad de datos detallados proporcionados directamente por las empresas cementeras nacionales.

Para la Producción de Cemento (2A1), se utilizó el Nivel 2, que emplea factores de emisión específicos del país, obtenidos directamente de la industria cementera nacional, lo que permite una mayor precisión en las estimaciones. En las subcategorías de Producción de Cal (2A2), Producción de Vidrio (2A3) y Otros usos de los carbonatos (2A4), se aplicó predominantemente el método de Nivel 1, utilizando factores de emisión estándar de las Directrices del IPCC de 2006, debido a la limitada disponibilidad de datos desagregados para estos procesos en Ecuador.

La estimación de las emisiones de CO₂ en la categoría Industria de los Minerales se basa en la ecuación básica recomendada por el IPCC para los procesos de carbonatación y descarbonatación en la producción de minerales. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{Datos de Actividad} \times \text{Factor de Emisión}$$

donde:

- Datos de Actividad: corresponde a la cantidad de material producido (en toneladas) en cada subcategoría, como cemento, cal y vidrio. Estos datos provienen de encuestas nacionales y reportes de las industrias específicas.
- Factor de Emisión: es el valor predeterminado en las Directrices del IPCC de 2006 para cada proceso de producción, con la excepción de la producción de cemento, en la que se utilizó un factor de emisión específico del país, conforme a las mejores prácticas recomendadas en las directrices del IPCC.

Para la subcategoría Producción de cemento (2A) con la información receptada se realizó los cálculos de emisiones de GEI a Nivel 2, donde el producto obtenido de M_{cl} (total de clínker producido a nivel nacional), el EF_{cl} (factor de emisión del clínker) y el CF_{ckdE} (factor corrector de las emisiones para el CKD), representan el total de emisiones de CO_2 . Dicho cálculo se realizó tomando en cuenta la Ecuación 2.2; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Para la subcategoría de Otros usos de los carbonatos (2A4), se aplicaron factores de emisión predeterminados debido a que este grupo incluye diversos procesos industriales que utilizan carbonatos en menor escala, y para los cuales no se dispone de datos específicos de emisión.

El equipo técnico empleó hojas de cálculo desarrolladas y ajustadas según las plantillas de trabajo recomendadas en las Directrices del IPCC de 2006. Estas herramientas facilitan el cálculo y consolidación de las emisiones de cada subcategoría, integrando los datos de actividad y los factores de emisión en una plataforma unificada, lo que optimiza la verificación y revisión de los resultados. Además, se detallan en los Aspectos metodológicos generales de la sección de IPPU, donde se explica el desarrollo de los cálculos y las herramientas empleadas para el inventario (ver Sección 4.1.2).

4.2.1.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Las fuentes de datos de actividad utilizadas para la categoría Industria de los Minerales (2A) provienen principalmente de encuestas nacionales, reportes de las industrias específicas y datos proporcionados por las empresas operadoras del sector. Las fuentes específicas para cada subcategoría son las siguientes:

Producción de cemento (2A1): Los datos de actividad de clínker para el período 2000-2018 fueron obtenidos a partir de la suma de los reportes proporcionados por tres de las cuatro empresas que concentran el 100% de la producción y

comercialización de clínker para la fabricación de cemento. Sin embargo, se identificaron vacíos en la información, los cuales fueron cubiertos mediante una estimación basada en la participación de mercado de una de las empresas. Para el período 2020-2022, los datos de actividad de clínker se calcularon sumando los reportes de las dos empresas líderes del mercado, que juntas representan el 93% de la producción, según las estadísticas fiscales de las empresas cementeras y el estudio "Estructura de mercado del cemento en Ecuador de 2010 a 2020" (Morales, 2022). Estos datos fueron validados y contrastados con la información de la Encuesta de Estructural Empresarial del Instituto Nacional de Estadística y Censos, así como con las estadísticas del Banco Central del Ecuador. En consecuencia, los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de GEI se presentan en la tabla 76.

Tabla 76. Producción de cemento (2A1): Producción nacional de clínker en toneladas, serie 1994-2018

Año	Producción cemento	Producción de clínker
1994	2.450.774,40	2.205.696,96
2000	2.721.494,70	2.004.122,47
2006	4.109.714,97	2.829.397,47
2010	5.274.855,68	3.328.557,89
2012	6.061.500,00	3.327.269,32
2014	6.554.010,05	3.539.447,30
2016	5.009.608,80	3.281.560,00
2018	5.641.628,43	3.793.593,07
2020	5.038.962,37	2.629.392,14
2021	6.688.908,40	3.627.413,21
2022	6.126.705,11	3.350.948,37

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

En el año 1994, solo se dispuso de información de una de las empresas cementeras, por lo que el dato de actividad de ese año se obtuvo de la correspondiente Encuesta de Manufactura y Minería. Dado que solo se contaba con el dato de producción de cemento, el cálculo de las emisiones se realizó utilizando el método de Nivel 1.

4.2.1.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Producción de cemento 2A: En la categoría de producción de cemento, los factores de emisión de CO₂ se derivan directamente de las Directrices del IPCC de 2006 y de la información obtenida de las empresas cementeras. Para el cálculo específico, se consideró el contenido de óxido de calcio (CaO) en el clínker, siguiendo las recomendaciones para estimaciones nacionales de GEI en la industria de minerales.

El factor de emisión de CO_2 se calculó con base en la composición estándar de CaO en el clínker establecida en el Volumen 3 de las Directrices del IPCC de 2006, específicamente el valor de referencia que indica que 1 tonelada de clínker contiene 0,65 toneladas de CaO derivado del carbonato de calcio (CaCO_3). Según el contenido de CaO en CaCO_3 , que es de 56,03% de CaO y 43,97% de CO_2 en peso, se estima que la cantidad de CaCO_3 necesaria para producir 0,65 toneladas de CaO .

La emisión de CO_2 resultante de la calcinación de este CaCO_3 fue calculada por planta cementera utilizando esta cantidad de CaCO_3 como base, sin redondeos en el cálculo para mantener precisión.

Para el ajuste de polvo de horno de cemento (CKD), se empleó el factor de corrección de 1,02 indicado en el Capítulo 2 de las Directrices del IPCC de 2006 (pág. 2.14). Este factor corrector, establecido específicamente para inventarios nacionales de emisiones de GEI, considera las pérdidas materiales en el proceso de producción y garantiza que las estimaciones reflejen con precisión las emisiones adicionales generadas por las pérdidas de CKD.

La selección de factores de emisión de las Directrices del IPCC responde a la ausencia de factores país-específicos para el contenido de CaO en el clínker de las empresas no declaradas y las emisiones asociadas al CKD en Ecuador. Las Directrices del IPCC proporcionan parámetros estandarizados internacionalmente que permiten la aplicación de metodologías consistentes en la estimación de emisiones de GEI para la industria cementera.

La disponibilidad de datos específicos del país sobre la composición de CaCO_3 en la producción nacional de clínker y la pérdida de material CKD es limitada de acuerdo con la disponibilidad de las empresas privadas. En ausencia de estudios nacionales detallados, los factores de emisión se ajustan según los valores del IPCC, siendo estos los más representativos y confiables para los cálculos de emisiones.

Lo anteriormente expuesto se refiere a los datos no obtenidos directamente desde las plantas (NR). A continuación, se presenta la información proporcionada por las fuentes de información, la cual especifica el contenido de CaO en el clínker, expresado en porcentaje. Para cumplir con las normas de confidencialidad y proteger la información sensible, estos valores se han ajustado y se presentan en formato decimal.

Tabla 77. Producción de cemento 2A: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Año	Fuente de GEI 1	Fuente de GEI 2	Fuente de GEI 3
1994	NR	0,7	NR
2000	NR	0,7	NR
2006	0,7	0,7	NR
2010	0,7	0,7	NR
2012	0,7	0,7	0,7
2014	0,7	0,7	0,7
2016	0,7	0,7	0,7
2018	0,7	0,7	0,6
2020	0,6	0,7	NR
2021	0,7	0,7	NR
2022	0,7	0,7	NR

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR.

4.2.1.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

La evaluación de la incertidumbre en la subcategoría de Producción de Cemento (2A) se realizó mediante un análisis cuantitativo y cualitativo, tomando en cuenta los datos de actividad y los factores de emisión. Para el año 2022, la incertidumbre combinada de esta subcategoría fue calculada en $\pm 21,52\%$, en concordancia con la representatividad de los datos y los métodos recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 (Sección 2.2.2, Capítulo 2, Volumen 3).

La incertidumbre en la producción de cemento para el año 2022 fue determinada principalmente a partir de los datos de actividad de las dos empresas líderes, las cuales representaron aproximadamente el 92% del mercado nacional. Se realizó un análisis de incertidumbre a nivel de planta, el cual incluyó la variabilidad en la producción y composición del clínker, así como las pérdidas de polvo de horno de cemento (CKD). La incertidumbre calculada refleja la variación en los datos de actividad y la precisión en los factores de emisión empleados, ajustados según las recomendaciones del IPCC para inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero en la industria cementera.

Para mantener la coherencia en la serie temporal, se emplearon factores de emisión consistentes y se integraron datos representativos de las plantas principales. Esto garantiza que las estimaciones anuales de emisiones reflejen adecuadamente las variaciones en la producción de clínker y los cambios en los procesos de producción.

El análisis y aplicación de estos parámetros en el cálculo de incertidumbre aseguran que la serie temporal refleje fielmente la tendencia de emisiones de GEI en la producción de cemento, cumpliendo con los estándares establecidos en las Directrices del IPCC de 2006.

4.2.1.4 AC/CC de la subcategoría

4.2.1.4.1 Control de Calidad

Las actividades de control de calidad implementadas para esta subcategoría incluyen:

- Verificación de Datos de Actividad y Factores de Emisión: Se realiza una revisión sistemática de los datos de actividad y factores de emisión proporcionados por las plantas cementeras. Estos datos son cotejados con los registros de estadísticas fiscales del Banco Central del Ecuador del sector para asegurar consistencia y exactitud en la base de datos empleada.
- Validación de Cálculos de Emisiones: Los cálculos de emisiones de GEI, basados en datos de actividad y factores de emisión, son revisados mediante auditorías internas, garantizando la precisión en el procesamiento de datos. Las herramientas de cálculo, como hojas de trabajo específicas, son validadas y actualizadas periódicamente para minimizar errores en la recopilación y análisis.
- Aplicación Consistente del Factor Corrector para CKD: El factor de corrección para polvo de horno de cemento (CKD) se aplica de acuerdo con las especificaciones del IPCC. Este ajuste asegura que las pérdidas de material durante la producción se contabilicen de manera uniforme en todas las plantas evaluadas.

4.2.1.4.2 Garantía de Calidad

Las actividades de aseguramiento de calidad incluyen los siguientes elementos:

- Revisión Técnica y Evaluación de Consistencia de la Serie Temporal: Los datos de actividad y factores de emisión se revisan anualmente por expertos en cambio climático y auditoría técnica para asegurar coherencia con otras fuentes nacionales de información. Este proceso garantiza la integridad de la serie temporal de emisiones de GEI, manteniendo una metodología consistente y datos fiables en toda la serie.
- Comparación con Estudios y Análisis Independientes: Las estimaciones de emisiones de CO₂ de esta categoría son contrastadas regularmente con estudios independientes y análisis sectoriales, lo cual permite identificar cualquier desviación significativa y realizar los ajustes necesarios para mejorar la representatividad de los datos.
- Actualización de Procedimientos y Capacitación Técnica: Los procedimientos de AC/CC se actualizan conforme a las mejores prácticas recomendadas en el sector y las Directrices del IPCC.

4.2.1.5 Nuevos cálculos de la subcategoría

La actualización se sustenta en la obtención directa de datos específicos por planta, que incluyen la relación clínker-cemento en cada caso, en línea con recomendaciones técnicas para optimizar la exactitud en la estimación de emisiones de GEI. Esta mejora en la calidad de los datos responde también a recomendaciones obtenidas en revisiones metodológicas que sugieren una mayor desagregación de los datos de actividad. Además, este cambio se justifica en función de la disponibilidad de datos mejorados proporcionados por las plantas, lo cual incrementa la precisión y consistencia del inventario nacional.

Los cálculos actualizados evidencian variaciones significativas en la tendencia de emisiones de GEI en esta categoría, con un comportamiento específico en varios periodos clave:

- Crecimiento entre 2000 y 2006: En este periodo, la subcategoría de Producción de Cemento muestra un incremento en las emisiones del 46%, atribuible a la expansión del sector de la construcción privada. El aumento de la demanda de cemento en proyectos de infraestructura y desarrollo inmobiliario generó un crecimiento en las emisiones asociadas.
- Incremento entre 2008 y 2014: Este periodo se caracteriza por un aumento constante de emisiones, relacionado con la inversión estatal en el sector de la construcción. Las inversiones estatales en infraestructura impulsaron un incremento en la producción de cemento y, consecuentemente, en las emisiones de CO₂ de esta subcategoría.
- Disminución en 2020: En el año 2020, se registra una caída en las emisiones, atribuida a la reducción en la actividad constructiva y en la producción de cemento debido al impacto de la pandemia de COVID-19, que afectó la demanda en el sector de la construcción.

Tabla 78. Producción de Cemento (2A1): comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	1.147,40	1.048,30	1.525,34	1.781,97	1.787,64	1.884,82	1.750,74	2.008,62			
INGEI actual	1.147,40	1.048,30	1.525,34	1.781,97	1.787,64	1.884,82	1.750,74	2.029,03	1.347,83	1.964,89	1.797,87
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	20,41			
Diferencia %	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR., con base en hoja Table8s1 de los CRT.

4.2.1.6 Mejoras planificadas para la subcategoría

Se han identificado diversas actividades para mejorar la calidad de los datos y la metodología aplicada en la estimación de emisiones de gases de efecto

invernadero (GEI) en la categoría de Producción de Cemento. Estas actividades buscan incrementar la precisión y coherencia del inventario nacional de emisiones, basadas en recomendaciones provenientes de revisiones metodológicas y procesos de examen por pares:

- Colaboración con el INEC: Trabajar en conjunto con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para obtener información de actividad en toneladas, conforme a los requerimientos de la metodología IPCC. Actualmente, la información en la Encuesta Estructural Empresarial no es homogénea y se presenta en unidades variadas, lo cual afecta la precisión del cálculo de emisiones.
- Estrategia de acercamiento con todas las plantas de producción de cemento en el país: Desarrollar una estrategia de colaboración para obtener datos completos y detallados del sector cementero, mejorando la representatividad de los datos utilizados en el inventario.
- Desarrollo de un factor de emisión nacional propio: Proponer un grupo de trabajo sectorial desde el cual se trabaje en el diseño de un factor de emisión nacional ajustado a las condiciones locales, que podrá ser presentado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para su adopción en el inventario nacional.
- Reemplazo del valor por defecto para CKD con información nacional: Sustituir el valor por defecto utilizado para el factor de emisión de polvo de horno de cemento (CKD) por datos nacionales más precisos, mejorando así la exactitud de las estimaciones de emisiones.

4.2.2 Producción de Cal (2A2)

4.2.2.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

En Ecuador, la producción de cal se centra en la obtención de cal viva e hidráulica. La cal viva, utilizada en sectores como la construcción, la minería y la agricultura, es el principal producto generado, mientras que la cal hidráulica también se produce en menor cantidad para aplicaciones específicas. La producción de cal dolomítica es relativamente baja y se basa en las importaciones de cal dolomítica cruda para su posterior calcinación.

A nivel nacional, las principales fuentes de emisión de GEI en esta categoría corresponden a las empresas productoras de cal, que utilizan hornos de calcinación para transformar la piedra caliza en óxido de calcio. Los datos de actividad de estas empresas han sido recolectados a través de registros de producción de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM).

En términos de emisiones de GEI, el proceso de producción de cal representa una pequeña pero significativa proporción del total de emisiones nacionales, con un crecimiento constante desde 1994. La demanda de cal ha impulsado este aumento, especialmente en sectores industriales clave. En 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría fueron de 179,06 kt CO₂-eq, representando el 8% del total de emisiones de GEI de la categoría Industria de Minerales en el país.

Las subcategorías principales de emisión en Ecuador dentro de la producción de cal incluyen:

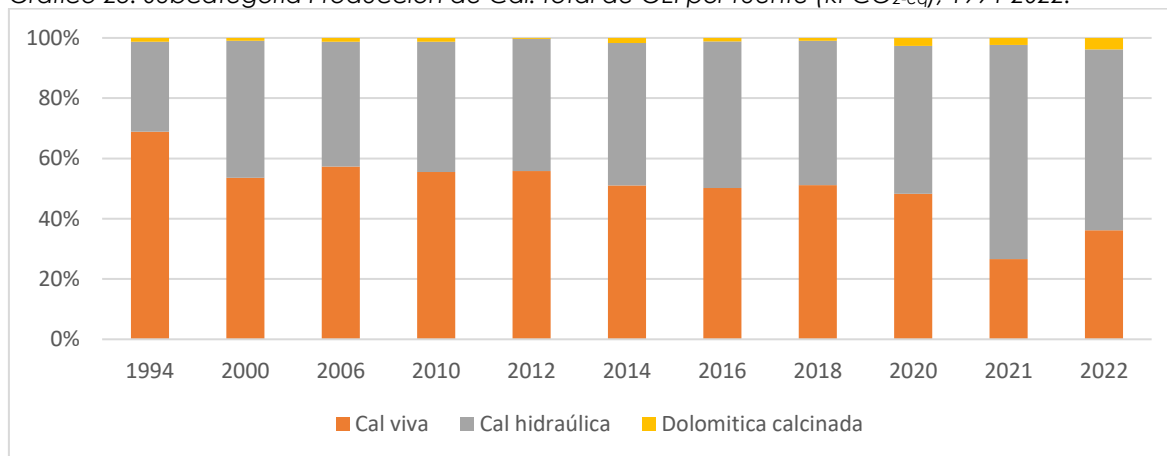
- Cal viva:** La mayor fuente de emisiones, utilizada principalmente en la industria de la construcción, la minería y el tratamiento de aguas.
- Cal hidráulica:** Utilizada en aplicaciones específicas como la construcción de infraestructuras hidráulicas.
- Cal dolomítica:** Importada y utilizada principalmente para la producción de cal viva y como insumo para diversas industrias asociadas a este componente.

Tabla 79. Subcategoría Producción de cal: total de GEI por fuente (kt CO₂-eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Cal viva	34,4	33,7	37,8	36,9	40,1	39,1	47,1	54,8	58,8	58,6	64,8
Cal hidráulica	14,9	28,6	27,3	28,8	31,6	36,3	45,6	51,3	59,6	156,3	107,5
Dolomítica calcinada	0,6	0,6	0,8	0,8	0,2	1,3	1,0	1,0	3,2	5,1	6,8
TOTAL	49,9	63,0	65,9	66,5	71,9	76,6	93,8	107,1	121,6	219,9	179,1

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 28. Subcategoría Producción de Cal: total de GEI por fuente (kt CO₂-eq), 1994-2022.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.2.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) correspondientes a la producción de cal en Ecuador. Parte en el periodo 2014 – 2018 se solicitó a las empresas productoras un informe detallado sobre su producción. Esta información fue analizada utilizando un árbol de decisión, lo que permitió clasificar los datos según los diferentes tipos de cal producidos, tanto cal viva como cal hidratada.

El cálculo de las emisiones se realizó mediante el método de Nivel 1 según las Directrices del IPCC de 2006. Este método aplica factores de emisión por defecto a los datos nacionales de producción de cal. En este contexto, el cálculo no incluyó la consideración de emisiones derivadas del polvo generado en los hornos de cal (Lime Klin Dust, LKD), ya que este componente no se contempla en la práctica de Nivel 1.

La fórmula empleada para el cálculo de las emisiones es la estándar, que consiste en la sumatoria del producto de los datos de actividad (es decir, las cantidades de cal producidas) y los factores de emisión correspondientes a cada tipo de cal. Este enfoque asegura que el cálculo de las emisiones de CO₂ se base en los datos nacionales disponibles, utilizando factores de emisión predefinidos sin considerar complejidades adicionales en el proceso de producción.

4.2.2.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad correspondientes a la producción de cal en Ecuador fueron proporcionados por las empresas productoras para el periodo 2014 - 2018. Para el periodo 2020-2022, no se contó con la participación directa de las fuentes de información usualmente utilizadas en la recopilación de datos de actividad para la producción de cal en Ecuador. Debido a esta limitación, se procedió a recopilar los datos alternativos provenientes de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM). En el país, la producción de cal se limita principalmente a dos tipos: cal viva, que tiene una alta proporción de calcio, y cal hidráulica.

Los datos relacionados con la cal dolomítica, por otro lado, no se generan a nivel nacional en términos de producción directa. En lugar de ello, la información referente a este tipo de cal se obtiene a partir de las importaciones reportadas por el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE), específicamente bajo la partida 2518100000, que corresponde a Dolomita sin calcinar ni sinterizar (denominada también "cruda"). Esta importación es utilizada para la producción de cal dolomítica en el país.

Tabla 80. Subcategoría Producción de cal: datos de actividad por Producción nacional de cal viva, cal hidráulica (t), importaciones cal dolomítica para calcinar en toneladas serie 1994-2022

Año	Cal viva	Cal hidráulica	Dolomítica calcinada

1994	45.817,6	25.221,2	715,0
2000	44.966,2	48.520,6	706,0
2006	50.383,0	46.303,9	935,5
2010	49.258,4	48.730,4	934,0
2012	53.468,0	53.484,7	248,7
2014	52.092,3	61.483,9	1.464,2
2016	62.791,9	77.368,7	1.204,5
2018	73.131,4	85.517,6	1.112,1
2020	78.351,5	101.038,5	3.720,2
2021	78.125,6	264.835,4	5.875,3
2022	86.375,0	182.243,9	7.851,2

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.2.2 Factores de emisión en la subcategoría

En la producción de cal en Ecuador, el factor de emisión de CO₂ se calcula a partir de una relación estequiométrica entre el dióxido de carbono (CO₂) y el óxido de calcio (CaO), derivada del proceso de calcinación de la piedra caliza. Esta relación, conocida como SRCaO (Stoichiometric Ratio of CaO), está determinada por el contenido de CaO en la cal y la eficiencia del proceso de calcinación.

El cálculo de las emisiones de CO₂ asume que el grado de calcinación alcanzado es del 100%, lo que significa que todo el carbonato de calcio (CaCO₃) se convierte completamente en óxido de calcio (CaO) y CO₂. No se considera la emisión adicional proveniente del Lime Kiln Dust (LKD), ya que este subproducto no se cuenta en el cálculo bajo la metodología aplicada.

Los factores de emisión empleados provienen de las Directrices del IPCC de 2006, específicamente del Cuadro 2.4, Capítulo 2, Volumen 3. Para la cal viva y la cal hidráulica, el cociente estequiométrico es de 0,785, lo que da lugar a un factor de emisión de 0,75 para la cal viva y 0,59 para la cal hidráulica. En el caso de la cal dolomítica, el cociente estequiométrico es de 0,913 resultando en un factor de emisión de 0,86.

Estos factores de emisión se utilizan para calcular las emisiones de CO₂ de acuerdo con las metodologías internacionales, asegurando la consistencia y precisión en el inventario nacional de gases de efecto invernadero (GEI).

Tabla 81. Subcategoría Producción de cal: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
Cal viva	T1	D	NA	NA	NO	NO
Cal hidráulica	T1	D	NA	NA	NO	NO
Dolomítica calcinada	T1	D	NA	NA	NO	NO

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.2.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre combinada para la subcategoría de producción de cal en Ecuador se ha calculado en $\pm 24,10\%$. Este valor se ha determinado conforme a las directrices establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 (Sección 2.3.2.; Capítulo 2; Volumen 3), debido a la falta de datos nacionales específicos sobre la incertidumbre asociada tanto a los datos de actividad como a los factores de emisión. La incertidumbre combinada refleja las variaciones inherentes a las fuentes de datos y a la aplicación de los factores de emisión, dado que no existen estimaciones específicas a nivel nacional para estos aspectos.

Para mantener la consistencia de la serie temporal de emisiones de CO₂ de la producción de cal entre los años 1994 y 2022, se utilizaron los mismos factores de emisión y las mismas fuentes de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Es importante destacar que los datos correspondientes a los años 1994 y 2000 fueron estimados en función de la participación aproximada de las industrias en el mercado, dado que no se disponía de información directa para esos años. Para el periodo comprendido entre 2020 y 2022, se utilizaron los datos proporcionados por la ENESEM (Encuesta Estructural Empresarial).

Tabla 82. Subcategoría Producción de cal: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Cal viva	CO ₂	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	24,10%	24,10%
Cal hidráulica	CO ₂	2,0%	2,0%	15,0%	15,0%	24,10%	24,10%
Dolomítica calcinada	CO ₂	35,0%	35,0%	2,0%	2,0%	24,10%	24,10%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.2.4 AC/CC de la subcategoría

4.2.2.4.1 Control de Calidad

Durante el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector de la producción de cal, se consideraron las directrices del Plan de Mejora de los Inventarios previos.

Además, se tuvo en cuenta la sección de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la subcategoría correspondiente, así como las actividades

propias relacionadas con el proceso de recopilación y verificación de datos. Las principales actividades llevadas a cabo para garantizar la calidad y la verificación de los datos son las siguientes:

- Verificación de Datos de Actividad y Factores de Emisión: Se realiza una revisión sistemática de los datos de actividad y factores de emisión proporcionados por las plantas cementeras. Estos datos son cotejados con los registros de estadísticas fiscales del Banco Central del Ecuador del sector para asegurar consistencia y exactitud en la base de datos empleada.
- Inclusión de recomendaciones: Tras considerar las revisiones externas y las recomendaciones del Plan de Mejora del sector, se incorporaron las sugerencias y ajustes resultantes de estos procesos, con el fin de mejorar la precisión y exhaustividad de los datos empleados en el inventario. Se verificó el doble conteo con el sector Agrícola.

4.2.2.5 Nuevos cálculos de la subcategoría

Para la actualización de los datos de producción de cal nacional, se llevó a cabo un proceso de depuración, con especial atención a la producción de cal viva. Este proceso incluyó un empalme de datos, que consistió en ajustar la serie temporal de acuerdo con el comportamiento observado del sector. Se realizaron ajustes para los años 2020 a 2022, tomando como base la información disponible de 2018, la cual había sido validada previamente por las fuentes de información en los inventarios anteriores.

Este ajuste se realizó considerando que la serie temporal contenía datos atípicos que podrían distorsionar la tendencia general. Al identificar dichos datos fuera de lo esperado, se procedió a afinar los valores para los años mencionados, con el fin de reflejar de manera más precisa la evolución del sector y garantizar la consistencia y coherencia de los datos en la serie temporal.

Tabla 83. Subcategoría Producción de cal: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	49,86	62,96	65,91	66,50	71,87	76,60	93,78	107,13			
INGEI actual	49,86	62,96	65,91	66,50	71,87	76,60	93,78	107,13	121,58	219,90	179,06
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

4.2.2.6 Mejoras planificadas para la subcategoría

Con el objetivo de mejorar la calidad y exhaustividad de los datos de emisiones de GEI en el subsector de producción de cal, se proponen las siguientes recomendaciones:

Colaboración con el INEC: Se recomienda trabajar de manera conjunta con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para obtener los datos de actividad en toneladas, conforme a los requerimientos metodológicos establecidos. Actualmente, los datos disponibles en la ENESEM no son completos, y se presentan en diversas unidades de medida (como longitud, peso, entre otras), lo que dificulta la uniformidad y precisión de los cálculos.

Retroalimentación a las Empresas Privadas: Se sugiere compartir los resultados obtenidos con las empresas privadas que han proporcionado la información, con el fin de fomentar la colaboración continua y el compromiso de estas empresas en la recopilación de datos para los próximos inventarios nacionales. Esta retroalimentación puede contribuir a mejorar la transparencia y la disposición de los actores clave del sector.

Investigación en la Agencia de Control Minero: Se recomienda realizar un análisis detallado con la Agencia de Control Minero sobre la explotación de cal en las minas a nivel nacional. Obtener información precisa sobre la extracción y producción de cal a nivel de minería permitirá contar con datos adicionales que complementen los existentes, proporcionando un elemento comparativo crucial para mejorar la exactitud de los inventarios de emisiones en el subsector.

Estas acciones permitirán un fortalecimiento en la base de datos y una mayor precisión en los cálculos de emisiones, contribuyendo a la mejora continua en el proceso de reporte de emisiones de GEI.

4.2.3 Producción de vidrio (2A3)

4.2.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

La producción de vidrio abarca una amplia gama de productos, los cuales se agrupan en cuatro categorías principales para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): recipientes, vidrios planos, fibras de vidrio y vidrios especiales. Durante el proceso de fundición, las materias primas clave del vidrio, como la piedra caliza (CaCO_3), la dolomita ($\text{Ca, Mg (CO}_3)_2$) y la ceniza de sosa

(Na_2CO_3), liberan CO_2 . Estas materias primas, cuando se extraen como carbonatos minerales para ser procesadas en la industria del vidrio, contribuyen a la producción primaria de CO_2 .

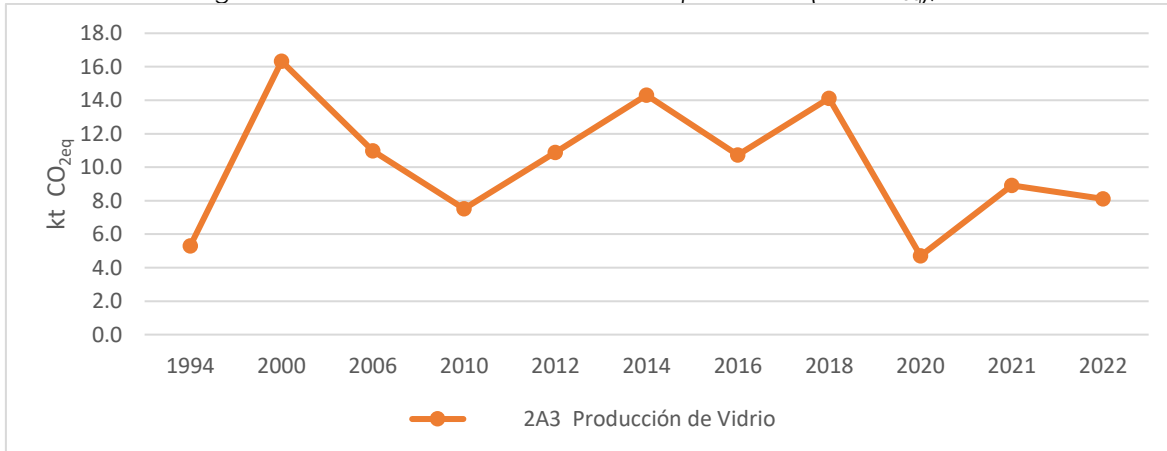
En 2022, las emisiones de GEI registradas en esta subcategoría fueron de 8,11 kt CO_2 -eq, lo que representa el 0,4% de las emisiones totales de la categoría. Desde 1994, las emisiones han aumentado en un 53%, mientras que desde 2018 han decrecido en un 43%.

Tabla 84. Subcategoría Producción de vidrio: total de GEI por fuente (kt CO_2 -eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
2A3 Producción de Vidrio	5,3	16,3	11,0	7,5	10,9	14,3	10,7	14,1	4,7	8,9	8,1
TOTAL	5,3	16,3	11,0	7,5	10,9	14,3	10,7	14,1	4,7	8,9	8,1

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Tabla 85. Subcategoría Producción de vidrio: total de GEI por fuente (kt CO_2 -eq), 1994-2022.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.3.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

Los datos de actividad de la producción de vidrio fueron tomados de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM). Para la estimación de emisiones de esta subcategoría se utilizó el método Nivel 1 de las Directrices del IPCC del 2006. El porcentaje de cullet o chatarra de vidrio reciclada, así como el factor de emisión para el cálculo, también fueron tomados de las Directrices del IPCC.

Tabla 86. Subcategoría Producción de vidrio: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Fuente	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método o aplicado	Factor de emisión	Método o aplicado	Factor de emisión	Método o aplicado	Factor de emisión
Producción de vidrio	T1	D	NA	NA	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.3.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

En Ecuador, no se produce vidrio flotado. Las empresas de esta categoría importan vidrio flotado para la producción de vidrio soplado y templado. El proceso de fabricación del vidrio laminado se lleva a cabo en hornos a temperaturas cercanas a los 800 grados Celsius, donde el vidrio es fundido, luego pasa por un proceso de enfriamiento y, finalmente, es moldeado o laminado. La materia prima utilizada en este proceso es adquirida principalmente de proveedores en Sudamérica.

La producción de envases, botellas, vasijas, entre otros, está a cargo una empresa, que procesa carbonatos y vidrio reciclado para la fabricación de estos productos. Debido a la falta de información actualizada de la empresa, los datos de actividad necesarios para el cálculo de las emisiones fueron obtenidos de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), cuyos resultados son presentados a continuación.

Tabla 87. Subcategoría Producción de vidrio: datos de actividad por Producción nacional de cal viva, cal hidráulica (t), importaciones cal dolomítica para calcinar en toneladas serie 1994-2022

Año	Toneladas de envases
1994	50.422,10
2000	155.483,88
2006	104.548,34
2010	71.520,76
2012	103.668,68
2014	136.210,78
2016	102.113,23
2018	134.464,34
2020	44.798,4
2021	84.960,3
2022	77.205,0

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.3.2.2 Factores de emisión en la subcategoría

Debido a la ausencia de factores de emisión específicos para el país, se optó por aplicar el factor de emisión por defecto establecido en las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 2.6, Capítulo 2, Volumen 3), que es de 0,21 kg de CO₂ por kilogramo

de vidrio para la categoría de recipientes. Esta decisión se tomó considerando que, como se mencionó previamente, en el país no se produce vidrio flotado.

Tabla 88. Subcategoría Producción de vidrio: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂	
	Método aplicado	Factor de emisión
Producción de vidrio	T1	0,21

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.3.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre asociada a la subcategoría es de $\pm 60,82\%$. Esta cifra se ha determinado siguiendo las recomendaciones establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 (Sección 2.4.2, Capítulo 2, Volumen 3), debido a la falta de información detallada sobre los datos de actividad y la incertidumbre a nivel de cada empresa. En cuanto al factor de emisión, se tomó textualmente de la página 2,35 de las Directrices, que indica: "La incertidumbre asociada al uso del factor de emisión y de la proporción de cullet del Nivel 1 es sustancialmente superior y puede alcanzar el orden de un ± 60 por ciento.

La principal fuente de incertidumbre proviene de la aplicación de factores de emisión por defecto, dada la ausencia de factores específicos por país, así como la variabilidad en la cantidad de cullet utilizado.

Para garantizar la consistencia de la serie de datos entre 1994 y 2022, se emplearon los mismos factores de emisión y la misma fuente de reporte de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cabe destacar que estos valores no han sido validados por la empresa productora de envases, lo que genera vacíos de información en los datos disponibles.

Tabla 89. Subcategoría Producción de vidrio: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Producción de vidrio	CO ₂	10,00%	10,0%	60%	60,0%	60,82%	60,82%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.3.4 AC/CC de la subcategoría

Durante la actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector, se consideró el Plan de Mejora de los Inventarios previos, desarrollado en colaboración con las instituciones sectoriales correspondientes.

Además, se tomó en cuenta la sección de control de calidad establecida en las Directrices del IPCC de 2006, aplicable a la subcategoría y las actividades relacionadas. Las principales actividades realizadas para el control de calidad incluyen:

Desarrollo de hojas en Excel que organizan la información obtenida de la ENESEM, con el fin de asegurar que los datos estén debidamente estructurados y listados. Verificación de los datos de actividad y los factores de emisión contenidos en las planillas de información base, así como en el informe entregado para la verificación por terceros, con el objetivo de garantizar la consistencia entre los archivos y la información registrada.

Consideración de las revisiones realizadas por entidades externas y la incorporación de las recomendaciones derivadas de estas revisiones, conforme al Plan de Mejora Sectorial previamente mencionado.

4.2.3.5 Nuevos cálculos de la subcategoría

En referencia a los inventarios anteriores no existen actualizaciones o nuevos cálculos en la subcategoría.

Tabla 90. Subcategoría Producción de vidrio: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	5,29	16,33	10,98	7,51	10,89	14,30	10,72	14,12			
INGEI actual	5,29	16,33	10,98	7,51	10,89	14,30	10,72	14,12	4,70	8,92	8,11
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

4.2.3.6 Mejoras planificadas para la subcategoría

Las siguientes recomendaciones deben ser adoptadas para mejorar la calidad de los datos relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el subsector:

- Colaboración con el INEC: Es necesario trabajar juntamente con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para obtener información de actividad en toneladas, conforme a lo estipulado por la metodología utilizada. Actualmente, la información disponible en la Encuesta de Manufactura no es completa y se presenta en unidades diversas (longitud, peso, entre otras), lo que dificulta la precisión de los cálculos.

4.2.4 Otros usos de los carbonatos (2A4)

4.2.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la subcategoría

La piedra caliza (CaCO_3), la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y otros carbonatos (por ejemplo, MgCO_3 y FeCO_3) son materias primas esenciales con aplicaciones comerciales en diversas industrias, como la metalurgia, la agricultura y la construcción, lo que genera un impacto en la contaminación ambiental. Es importante destacar que el uso de la piedra caliza como agregado no produce la liberación de CO_2 . En el caso de Ecuador, las subcategorías analizadas incluyen: cerámicas (producción de ladrillos y tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y cerámica para pisos, vajillas y ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos inorgánicos) y otros usos de la ceniza de soda (como en la producción de vidrio, jabones y detergentes, la desulfuración de gases de combustión por vía húmeda, productos químicos, pulpa y papel, y otros productos de consumo común). No se ha identificado producción de magnesita no metalúrgica ni otros usos de los carbonatos en el país.

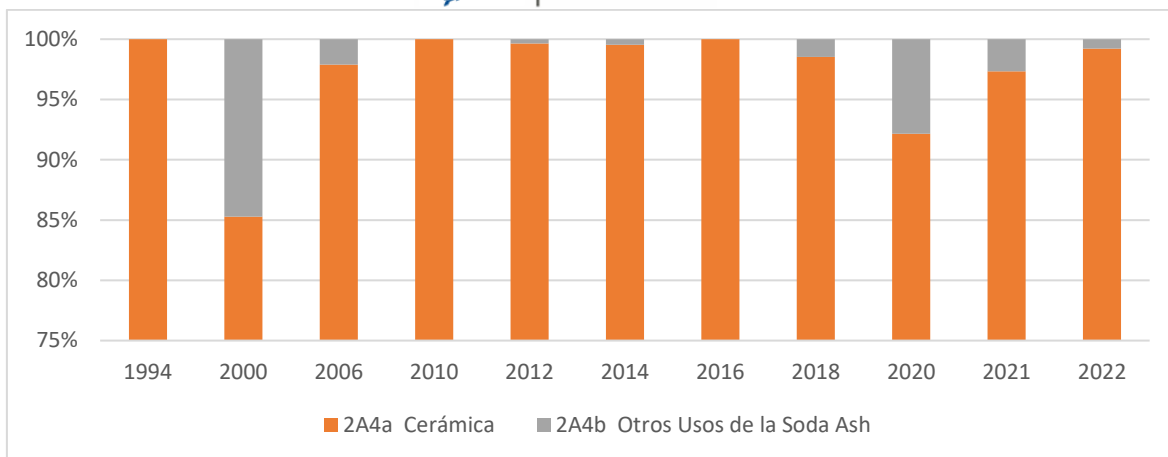
En 2022, las emisiones de GEI correspondientes a esta subcategoría fueron de 213,36 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$. La mayoría de estas emisiones (99,21%) provienen de la fabricación de cerámicas y productos asociados, mientras que el porcentaje restante se debe al uso de la ceniza de soda. Esta subcategoría ha experimentado un incremento de emisiones del 284% desde 1994, pero ha mostrado una disminución del 51% desde 2018.

Tabla 91. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: total de GEI por fuente (kt $\text{CO}_2\text{-eq}$)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
2A4a Cerámica	55.2	75.5	303.8	318.1	501.2	378.9	387.2	204.9	99.5	44.6	211.7
2A4b Otros Usos de la Soda Ash	0.0	13.0	6.5	0.0	1.8	1.8	0.0	3.1	8.5	1.2	1.7
TOTAL	55.2	88.6	310.4	318.1	503.0	380.7	387.2	208.0	107.9	45.8	213.4

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 29. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: total de GEI por fuente (kt $\text{CO}_2\text{-eq}$), 1994-2022.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.4.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para el cálculo de las emisiones de la subcategoría fue necesario tomar los datos de la Encuesta ENESEM. La limitante de esta fuente son las diferentes unidades de medida y peso en las que son reportados los datos de actividad.

Debido a que no se cuenta con datos por planta, se empleó el método de cálculo de Nivel 1 que aplica un factor de emisión por defecto a los datos nacionales de producción de cerámica y de ceniza sosa.

Tabla 92. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Fuente	CO ₂	
	Método aplicado	Factor de emisión
2A4a Cerámica	T1	D
2A4b Otros Usos de la Soda Ash	T1	D

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.4.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Para la obtención de los datos de actividad, se utilizaron los datos proporcionados por la Encuesta ENESEM del INEC correspondientes al cada año del inventario. En el caso de esta subcategoría, se asume que toda la producción generada se destina al consumo. Una limitante de esta fuente de información es la ausencia de un factor que permita extrapolar los datos a la totalidad del universo de producción.

Otro de los problemas encontrados es la variabilidad en las unidades de medida utilizadas para reportar la producción. Para las cerámicas y tejas, se calculó un promedio de los pesos de cinco productos diferentes, y dicho promedio fue multiplicado para obtener el dato de actividad en toneladas. En cuanto a la Soda Ash, el reporte del INEC proporciona un solo dato en toneladas, por lo que no fue necesario realizar cálculos intermedios.

Tabla 93. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: datos de actividad por Toneladas

Año	Cerámica	Otros Usos de la Soda Ash
1994	125.460,7	0,0
2000	171.745,2	31.437,0
2006	690.922,7	15.773,5
2010	723.349,3	0,0
2012	1.139.858,3	4.338,0
2014	861.752,5	4.338,0
2016	880.479,5	0,0
2018	465.994,41	7.377,4
2020	226.187,44	20.425,78
2021	101.403,49	2.948,74
2022	481.399,99	4.046,00

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.4.2.2 Factores de emisión en la subcategoría

En cuanto al factor de emisión de CO₂ de otros usos carbonatos de los procesos, según las Directrices del IPCC 2006, volumen 3, el factor de emisión de Nivel 1 se encuentra basado en la masa de CO₂ liberado por masa de carbonato consumido, tal como se muestra en el Cuadro 2.1 de la página 4.17 de dichas directrices, donde el factor de emisión para la calcita es de 0,43971 ton CO₂/ton carbonato, y para el carbonato de sodio o ceniza de soda es de 0,41492 ton CO₂/ton carbonato.

Tabla 94. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂	
	Método aplicado	Factor de emisión
2A4a Cerámica	T1	0,43971
2A4b Otros Usos de la Soda Ash	T1	0,41492

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.4.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de $\pm 5,83\%$. Dado que, en general, no se dispone de datos de incertidumbre calculada a nivel nacional para los factores de emisión y los datos de actividad, se utilizaron los valores establecidos en las Directrices del IPCC de 2006, específicamente en el apartado 2.5.2 del Volumen 3. Las emisiones derivadas de otros usos de los carbonatos en los procesos han sido reportadas en la categoría de fuente correspondiente, donde se consumen los carbonatos, y como resultado, las emisiones fueron clasificadas en el sector IPPU. Para asegurar la consistencia de la serie 1994-2022, se emplearon los mismos factores de emisión y la misma fuente de reporte para los datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Es importante señalar que los datos para toda la serie fueron tomados de la Encuesta ENESEM correspondiente a los años de los inventarios.

Tabla 95. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2A4a Cerámica	CO ₂	3,0%	3,0%	5,0%	5,0%	5,83%	5,83%
2A4b Otros Usos de la Soda Ash	CO ₂	3,0%	3,0%	5,0%	5,0%	5,83%	5,83%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.2.4.4 AC/CC de la subcategoría

Durante la actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI) del sector, se consideró el Plan de Mejora de los Inventarios previos, el cual fue desarrollado en colaboración con las instituciones sectoriales involucradas. Adicionalmente, se tomó en cuenta la sección de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006, aplicable tanto a la subcategoría como a las actividades específicas. Algunas de las actividades realizadas para garantizar el control de la calidad incluyen:

Desarrollo de hojas en Excel organizadas, donde se registró la información obtenida de la Encuesta ENESEM, así como hojas adicionales para los cálculos de conversión de unidades, los factores de emisión y el cálculo de la incertidumbre cruzada.

Verificación de los datos de actividad y los factores de emisión contenidos en las planillas de información base, así como en el informe entregado para la verificación por terceros, con el objetivo de asegurar la consistencia entre los archivos y la información presentada.

Consideración de las revisiones externas y del plan de mejoras sectoriales mencionado previamente, lo que permitió la inclusión de las recomendaciones derivadas de dichas actividades en el proceso de actualización.

4.2.4.5 Nuevos cálculos de la subcategoría

En referencia a los inventarios anteriores no existen actualizaciones o nuevos cálculos en la subcategoría.

Tabla 96. Subcategoría Otros usos de los carbonatos: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	55,17	88,56	310,38	318,06	503,01	380,72	387,16	207,96			
INGEI actual	55,17	88,56	310,38	318,06	503,01	380,72	387,16	207,96	107,93	45,81	213,36
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	0,00			
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

4.2.4.6 Mejoras planificadas para la subcategoría

Las siguientes recomendaciones deben ser adoptadas para mejorar la calidad de los datos relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el subsector:

Colaboración con el INEC: Es necesario trabajar de manera conjunta con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para obtener la información de los datos de actividad en toneladas.

En caso de no ser posible, se sugiere contactar directamente a las empresas productoras de cerámicas, con el fin de obtener información más precisa. La información disponible en la Encuesta ENESEM no es completa y se presenta en unidades diversas (longitud, peso, entre otras), lo que dificulta la exactitud de los cálculos.

4.3 Industria química (2B)

4.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

En esta categoría se reportan las emisiones de GEI generadas por la fabricación de productos químicos inorgánicos y orgánicos. El país no registra empresas ni datos sobre producción química, y los productos derivados de las subcategorías del sector son importados. En muchos casos éstos son envasados y comercializados como materia prima para la manufactura de nuevos productos, por tanto, bajo esta categoría no se registran emisiones, como es el caso de la empresa BRENNTAG

ECUADOR S.A, la cual importa, envasa y distribuye amoníaco; otro ejemplo es QUIMPAC S.A que realiza similares operaciones con el ácido adípico. Cabe mencionar que la información fue corroborada por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca.

4.4 Industria de los metales (2C)

4.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Dentro de la categoría Industria de los metales 2C, incluye emisiones derivadas de la producción de metales, en particular de hierro, acero y plomo en el contexto nacional. La producción de hierro y acero genera principalmente CO₂ debido al uso de reactivos y fuentes de calor, como carbón, coque y gas natural, necesarios para mantener las reacciones químicas del proceso. Los valores de emisiones en esta categoría están alineados con una tendencia creciente, especialmente en la subcategoría de Producción de Hierro y Acero (2C1), que ha mostrado un aumento significativo entre 1994 y 2022. Esto sugiere que la demanda y producción de hierro y acero ha continuado en ascenso.

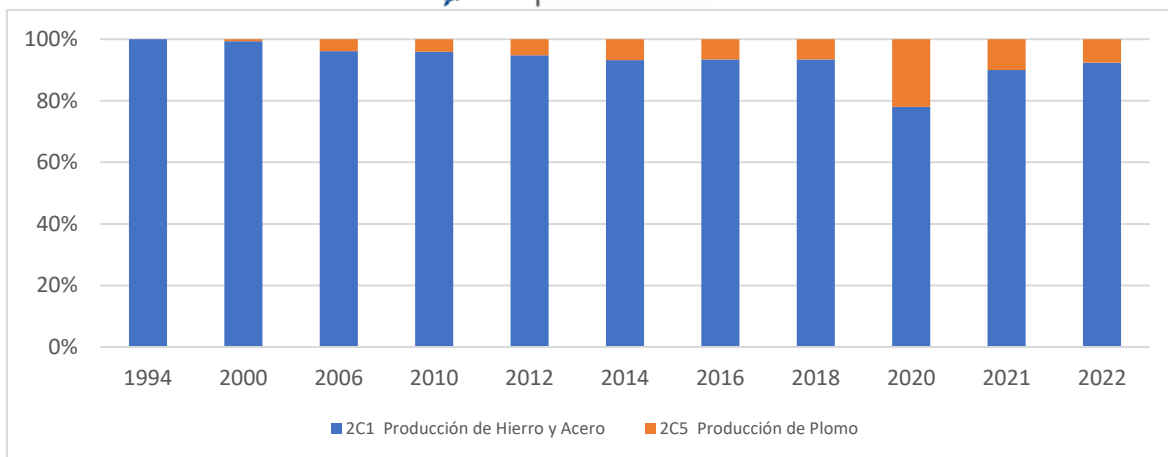
La subcategoría de Producción de Plomo (2C5), aunque con menores niveles de emisiones en comparación con la de hierro y acero, también muestra un crecimiento hasta 2020, seguido de una leve reducción en los últimos dos años. Este comportamiento puede reflejar una fluctuación en la demanda de este metal.

Tabla 97. Industria de los Metales (2C): total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
2C1 Producción de Hierro y Acero	10,9	25,1	29,4	29,8	33,6	37,8	42,9	56,4	35,4	77,9	80,1
2C5 Producción de Plomo	0,0	0,2	1,2	1,3	1,9	2,7	3,0	4,0	10,0	8,7	6,6
Total	10,9	25,2	30,6	31,0	35,5	40,6	45,9	60,4	45,4	86,6	86,7

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 30. Industria de los Metales (2C): total de GEI por fuente (kt CO₂-eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de GEI, se ha utilizado el método de Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, con factores de emisión estándar basados en datos nacionales proporcionados por la Encuesta ENESEM. El uso del método de Nivel 1 implica que los cálculos se basan en factores de emisión por defecto, sin una desagregación específica o mediciones en tiempo real que métodos más avanzados (como Nivel 2 o 3) podrían proporcionar.

Este enfoque metodológico es suficiente para un cálculo general, aunque podría beneficiarse de mejoras hacia niveles metodológicos más específicos que incorporen características propias de los procesos y tecnologías de cada planta productora. Utilizar un método más detallado permitiría estimaciones de emisiones más precisas, ayudaría a identificar puntos de mejora en la eficiencia de los procesos y apoyaría medidas de mitigación más efectivas en el sector.

Tabla 98. Industria de los Metales (2C): síntesis de métodos utilizados para la estimación de GEI

Fuente	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2C1 Producción de Hierro y Acero	T1	D	NA	NA	NO	NO
2C5 Producción de Plomo	T1	D	NA	NA	NO	NO

Nota: T1 = Nivel 1, T2 = Nivel 2, T3 = Nivel 3, C = Información confidencial, CS = País específico, D = Por defecto, IE = Incluida en otro lugar, NA = No aplica, NO = No ocurre

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.4.2.1 Producción de hierro y acero (2C1)

4.4.2.1.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad corresponden a la información de producción nacional de acero, cuyos datos han sido compilados en la Encuesta ENESEM. Estas empresas de producción de acero en Ecuador, el proceso que es predominantemente corresponde a hornos de arco eléctrico (EAF, por sus siglas en inglés). La producción de acero utilizando hornos EAF tiene una presencia en el mercado ecuatoriano de aproximadamente quince años.

Tabla 99. Subcategoría Producción hierro y acero (2C1): datos de actividad por fuente de GEI (Toneladas)

Año	Producción
1994	135.941,9
2000	313.620,1
2006	367.693,1
2010	372.000,0
2012	420.000,0
2014	473.000,0
2016	536.000,0
2018	705.000,0
2020	442.394,0
2021	974.201,3
2022	1.000.786,5

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Los datos de actividad de los años 1994, 2000 y 2006, fueron tomados de la Encuesta de Manufactura y Minería, para el periodo 2010 – 2018 los datos fueron contrastados con la información de Fedimetal la cual compila la información de producción nacional de las empresas como Adelaca, Novacero y Andec.

4.4.2.1.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

El método del nivel 1 considera factores de emisión por default. Dicho valor fue tomado de cuadro 4.1 "Factores por Defecto de emisión de CO₂ de nivel 1 para la producción de coque y de hierro y acero del Volumen 3", del sector IPPU.

Tabla 100 Subcategoría Producción de hierro y acero: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂	
	Método aplicado	Factor de emisión
2C1 Producción de Hierro y Acero	T1	0,08

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.4.2.1.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de $\pm 26,93$ %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y paramétricos, por lo que se consideraron las recomendadas en las Directrices del IPCC del 2006 en la sección 4.2.3. del capítulo 4 en el Volumen 3.

Con el propósito de mantener la consistencia de la serie 1994-2022 se emplearon los mismos factores de emisión. Sin embargo, los datos de producción entregados por las empresas son consistentes para toda la mitad de la serie. Los años 1994, 2000 y 2006, fueron tomados de la Encuesta ENESEM con el fin de llenar este vacío de información y contar con la serie temporal desde 1994, de la misma forma se utiliza la misma fuente de información para el periodo 2020-2022

Tabla 101. Subcategoría Producción de hierro y acero: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2C1 Producción de Hierro y Acero	CO ₂	10,0%	10,0%	25,0%	25,0%	26,93%	26,93%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.4.2.1.4 AC/CC de la subcategoría

Durante la actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector, se consideró el Plan de Mejora de los Inventarios previos, el cual fue desarrollado en colaboración con las instituciones sectoriales involucradas. Adicionalmente, se tomó en cuenta la sección de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006, aplicable tanto a la subcategoría como a las actividades específicas. Algunas de las actividades realizadas para garantizar el control de la calidad incluyen:

Desarrollo de hojas en Excel organizadas, donde se registró la información obtenida de la Encuesta ENESEM, así como hojas adicionales para los cálculos de conversión de unidades, los factores de emisión y el cálculo de la incertidumbre cruzada.

Verificación de los datos de actividad y los factores de emisión contenidos en las planillas de información base, así como en el informe entregado para la verificación por terceros, con el objetivo de asegurar la consistencia entre los archivos y la información presentada.

Consideración de las revisiones externas y del plan de mejoras sectoriales mencionado previamente, lo que permitió la inclusión de las recomendaciones derivadas de dichas actividades en el proceso de actualización.

4.4.2.1.5 Nuevos cálculos de la subcategoría

En referencia a los inventarios anteriores no existen actualizaciones o nuevos cálculos en la subcategoría.

Tabla 102. Subcategoría Producción de hierro y acero: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	10,88	25,09	29,42	29,76	33,60	37,84	42,88	56,40			
INGEI actual	10,88	25,09	29,42	29,76	33,60	37,84	42,88	56,40	35,39	77,94	80,06
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

4.4.2.1.6 Mejoras planificadas para la subcategoría

Las recomendaciones que se deberían acoger para mejorar los datos de las emisiones de GEI en el subsector se presentan a continuación:

- Continuar con los arreglos institucionales con Fedimetal, procurar recolectar la información de las tres empresas para los años sin validar.
- Presentar los resultados obtenidos en términos de emisiones a las empresas.

4.4.2.2 Producción de plomo (2C5)

4.4.2.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

La producción mundial de plomo se realiza mediante dos procesos principales: el proceso de sinterización/fundición, que representa el 78% de la producción total, y el proceso de fundición directa, que representa el 22%. La producción secundaria de plomo refinado se lleva a cabo mediante el reciclaje de plomo proveniente de baterías de plomo-ácido usadas, las cuales son trituradas y fundidas en altos hornos tradicionales. Estos hornos generan diferentes niveles de emisiones de CO₂ según el tipo y la cantidad de agentes reductores utilizados en el proceso.

En Ecuador, la producción secundaria de plomo refinado se concentra en dos empresas: Fundametz S.A. y Baterías Ecuador, que procesan principalmente chatarra de baterías de plomo-ácido recicladas. Las emisiones de esta subcategoría son marginales en comparación con otras del sector industrial. En 2022, las emisiones reportadas alcanzaron 6,60 kt CO₂-eq, lo que representa un aumento del 65% desde el año 2018.

A nivel mundial, aproximadamente el 85% del plomo consumido se destina a la fabricación de baterías de plomo-ácido (Lead Use Statistic, 2018), impulsado en gran medida por el crecimiento de la industria automotriz. Ecuador sigue esta tendencia, siendo el principal destino del plomo procesado la producción de baterías para vehículos livianos y pesados.

El dato de actividad desde el 2006 al 2018 fue obtenido directamente de las empresas Fundametz S.A. y Baterías Ecuador. Fundametz se encarga del procesamiento de chatarra de plomo, cuyo producto final es vendido a la empresa BOSCH, la cual elabora y distribuye baterías para vehículos livianos y pesados. Por otro lado, Baterías Ecuador realiza tanto el tratamiento de la chatarra de plomo como la producción completa de baterías de plomo ácido.

Tabla 103. Subcategoría Producción de plomo (2C1): datos de actividad por fuente de GEI (toneladas)

Año	Producción
2000	772,0
2006	5.880,7
2010	6.417,9
2012	9.347,6
2014	13.688,5
2016	15.091,0
2018	20.000,1
2020	49.922,8
2021	43.519,6
2022	33.020,7

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Los datos reportados por estas empresas abarcan desde el año 2006, dado que ambas fueron constituidas después del año 2000. Para completar la serie temporal, se utilizaron datos de la Encuesta ENESEM, aunque en 1994 no se registran datos de producción de plomo en dicha encuesta. De igual forma para el periodo 2020 – 2022 se toman los datos de la Encuesta ENESEM.

4.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

El método del nivel 1 considera factores de emisión por proceso. Dicho valor fue tomado del cuadro 4.21 "Factores genéricos de emisión de CO₂ para la producción de plomo por fuente y tipo de horno" del Volumen 3", del sector IPPU. Para el presente caso el valor de factor que se tomó fue 0,20 correspondiente al tratamiento de materias primas secundarias.

Tabla 104. Subcategoría Producción de plomo: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente	FE - CO ₂		FE - CH ₄		Fe - N ₂ O	
	Método o aplica do	Factor de emisión	Método o aplica do	Factor de emisión	Método o aplica do	Factor de emisión
2C5 Producción de Plomo	T1	0,20	NA	NA	NO	NO

Fuente: IPCC, 2006

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.4.2.2.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

La incertidumbre combinada de la subcategoría producción de plomo es de $\pm 22,36\%$, para el año 2022. Las incertidumbres en la producción del plomo resultan esencialmente de las incertidumbres asociadas con los datos de la actividad y de la incertidumbre relacionada con el factor de emisión. Estas fueron tomadas del cuadro 4.23 del Volumen 3 de las Directrices del IPCC del 2006.

Con el propósito de mantener la consistencia de la serie 2000-2022 se emplearon los mismos factores de emisión. Sin embargo, los datos de producción entregados por las empresas se han registrado desde el 2006, por tanto, en el caso del 2000 se tomaron los datos de la Encuesta ENESEM con el fin de llenar este vacío de información y contar con la serie temporal desde el año 2000. De igual forma para los años 2020 al 2022

Tabla 105. Subcategoría Producción de plomo: incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2C5 Producción de Plomo	CO ₂	10,0%	10,0%	20,0%	20,0%	22,36%	22,36%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.4.2.2.4 AC/CC de la subcategoría

Durante la elaboración del INGEI del sector, se tomó en cuenta el Plan de Mejora de los Inventarios previos, desarrollado con las instituciones sectoriales involucradas. Adicionalmente, se tomó en cuenta la sección de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la subcategoría y las actividades propias. Algunas de estas actividades habituales para el control de la calidad se listan a continuación:

- Desarrollo de hojas en Excel con información ordenada, donde se ha colocado la información obtenida de la Encuesta ENESEM.

- Verificación de los datos de actividad y factores de emisión presentes en las planillas de información base, y el informe entregado para la verificación de terceros que garantiza la consistencia entre los archivos y la información.
- Tomando en cuenta las revisiones de externos, el plan de mejoras sectoriales, antes mencionado, se procedió con la inclusión de las recomendaciones que resultaron de dichas actividades.

4.4.2.2.5 Nuevos cálculos de la subcategoría

En referencia a los inventarios anteriores no existen actualizaciones o nuevos cálculos en la subcategoría.

Tabla 106. Subcategoría Producción de plomo: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	-	0,15	1,18	1,28	1,87	2,74	3,02	4,00			
INGEI actual	-	0,15	1,18	1,28	1,87	2,74	3,02	4,00	9,98	8,70	6,60
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diferencia %	-	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

4.4.2.2.6 Mejoras planificadas para la subcategoría

Las recomendaciones que se deberían acoger para mejorar los datos de las emisiones de GEI en el subsector se presentan a continuación:

- Procurar acercamientos con las empresas productoras de plomo, para explorar la posibilidad de cambio de nivel 1 a nivel 2 en el cálculo de las emisiones.
- Presentar los resultados obtenidos en términos de emisiones a las empresas y mejorar los procesos de recopilación de información a través de arreglos institucionales.

4.5 Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes (2.D)

4.5.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

El uso principal de los lubricantes se da en aplicaciones industriales y en el sector de transporte. Estos productos se generan en refinerías, mediante la separación de componentes del petróleo crudo, o en plantas petroquímicas. Cada tipo de lubricante presenta características físicas específicas, como la viscosidad, lo cual define tanto sus aplicaciones comerciales como su impacto ambiental.

En el contexto del sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU), las emisiones reportadas se limitan a aquellas que no resultan de la combustión. Las subcategorías relevantes de este sector incluyen:

- 2.D.1. Uso de lubricantes
- 2.D.2. Uso de cera de parafina
- 2.D.3. Uso de solventes

En Ecuador, las subcategorías reportadas son únicamente el uso de lubricantes y el uso de cera de parafina, ya que las emisiones relacionadas con solventes han sido declaradas dentro del sector Energía.

Tabla 107. 2D Uso de Productos no Energéticos de combustibles y de solventes: total de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
2D1 Uso de Lubricantes	4,3	0,0	0,0	0,0	0,2	5,4	5,7	4,9	3,7	3,6	3,0
2D2 Uso de Cera Parafina	0,3	1,9	2,1	0,3	0,0	0,5	0,4	0,9	0,3	0,6	0,1
Total	4,7	1,9	2,1	0,3	0,3	5,9	6,1	5,9	3,9	4,1	3,1

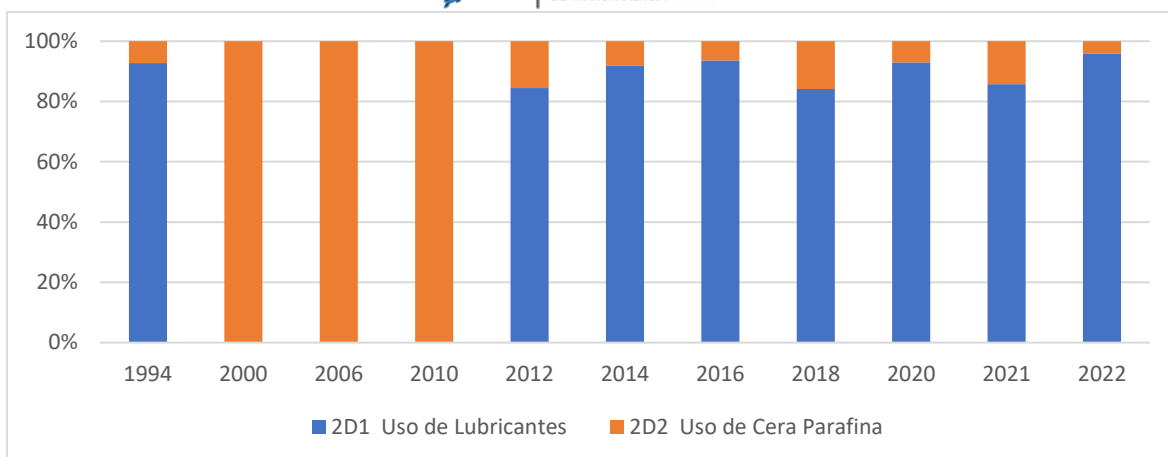
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

A partir del año 2012, se registra el despacho de lubricantes, tal como se documenta en la página 105 del Informe Estadístico 1972 – 2017, por esta razón los datos del 2000 al 2010 se encuentran atípicos.

Esta categoría, según el reporte de cálculo no es representativa para el sector, ya que representa apenas el 0,007% de las emisiones totales. En 2022, sus emisiones de GEI contabilizaron 3,14 kt CO₂-eq, decreciendo desde 1994 en 46% y en 33% desde 2018. La principal variabilidad de las cifras mostradas en las estadísticas de Petroecuador, está fundamentada en que no siempre se ha producido y distribuido lubricantes. Los años 2000, 2006, 2010, no muestran ningún tipo de actividad, y en el 2012 su actividad es mínima, de ahí que el porcentaje de incremento es muy marcado, entre el 2012 y el 2014.

Respecto a las subcategorías que se presentan a continuación, se puede ver que el uso de lubricantes es la de mayor relevancia con un 96%, mientras que uso de la cera de parafina representa el 4 % respectivamente.

Gráfico 31. 2D Uso de Productos no Energéticos de combustibles y de solventes: total de GEI por fuente (kt CO₂-eq), 1994-2022



Elaborado por: MAAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Se utilizó el método de Nivel 1 para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría. Los datos de actividad fueron tomados de los informes estadísticos que se presentan anualmente por parte de Petroecuador. Los factores de emisión utilizados son los que establece por defecto las Directrices del IPCC de 2006.

Según las mismas directrices el uso de solventes derivados del petróleo y del carbón no constituye una fuente de emisión de gases de efecto invernadero, o es insignificante, de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, siendo solo las emisiones de COVDM y de GEI indirecto relevantes para esta subcategoría.

4.5.2.1 Uso de lubricantes (2D1)

4.5.2.1.1 Datos de actividad de la categoría

El principal uso de los lubricantes se concentra en aplicaciones industriales y en el sector de transporte. Los lubricantes se producen en refinerías, a través de la separación del petróleo crudo, o en plantas petroquímicas. Se clasifican en aceites para motores, aceites industriales y grasas. En Ecuador, el consumo de lubricantes ha mostrado una tendencia variable. Durante un período, el país produjo lubricantes internamente; sin embargo, debido a los altos costos de producción local, se optó por retornar al modelo de importación para satisfacer la demanda nacional.

Esta subcategoría representa el 96% de las emisiones de GEI dentro de la categoría. En 2022, las emisiones registradas alcanzaron 3,02 kt CO₂-eq, lo que refleja un decremento 33% respecto a 1994 y del 39% en comparación con 2018. La

fluctuación en los niveles de emisión está directamente relacionada con las variaciones anuales en la demanda de lubricantes, lo cual influye en el volumen de consumo.

Los datos de actividad, correspondientes a la producción y/o comercialización de lubricantes, provienen de los informes estadísticos de Petroecuador, que detallan la producción, importación y distribución de estos productos. Para efectos del cálculo de inventarios, se considera que todo lo distribuido es utilizado.

La información sobre las importaciones de lubricantes se extrae de las páginas 49 y 50 del informe, donde se presenta en galones. Para realizar el cálculo, se convierte primero esta medida a barriles americanos de petróleo (bbl). De acuerdo con el Manual de Estadísticas Energéticas de OLADE (2017), página 143, se utiliza la relación $1 \text{ bbl} = 1.0015 \text{ barril equivalente de petróleo (bep)}$. Posteriormente, se determina el total de barriles equivalentes de petróleo (BEP). Finalmente, para convertir a Tera Jules (TJ), se emplea la relación $1 \text{ bep} = 0,00581 \text{ TJ}$, según lo indicado en la página 145 del mismo manual. Este proceso permite obtener el dato de actividad.

Tabla 108. Subcategoría Uso de Lubricantes: datos de actividad por fuente de GEI (TJ)

Año	Uso de Lubricantes
1994	295,0
2000	
2006	
2010	
2012	16,3
2014	370,2
2016	388,1
2018	336,58
2020	249,35
2021	242,39
2022	205,71

Nota: A partir del año 2012, se registra el despacho de lubricantes, tal como se documenta en la página 105 del Informe Estadístico 1972 – 2017

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.5.2.1.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

El método del nivel 1 considera factores de emisión para el uso de lubricantes. El contenido de carbón en el lubricante (20 toneladas-C/TJ) se tomó de las Directrices del IPCC 2006 para Energía - Introducción, la tabla 1.3 valores por default del contenido de carbón página 1.21. Como el valor se encuentra en $\text{Kg/GJ} = \text{Ton/TJ}$, se hace necesaria la transformación para efectos de cálculo. El factor de emisión fue tomado del cuadro 5.2, capítulo 5; volumen 3 (0,20), de las mismas directrices.

Tabla 109. Subcategoría Uso de lubricantes (2D1): factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	GEI	Valor	Unidad
Contenido de Carbón en el lubricante	CO ₂	20	Toneladas-C/TJ
Fracción de Oxidación durante el uso (ODU factor)	CO ₂	0,20	Fracción

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.5.2.1.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

En general, no se dispone de información nacional específica sobre la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión. Los factores de emisión por defecto utilizados presentan un alto grado de incertidumbre, debido a que se basan en un conocimiento limitado de los índices de oxidación típicos de los lubricantes. Para el cálculo de las emisiones, se han aplicado las recomendaciones establecidas en las Directrices del IPCC de 2006, sección 5.2.3, capítulo 5 del volumen 3. Con estos datos, la incertidumbre combinada de la subcategoría se ha estimado en $\pm 53,85\%$.

Con el propósito de mantener la consistencia de la serie 1994-2022 se emplearon los mismos factores de emisión. Todos los datos fueron tomados de la misma fuente, es decir la información de estadística de Petroecuador.

Tabla 110. Subcategoría Uso de lubricantes (2D1): incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Uso de Lubricantes	CO ₂	20,0%	20,0%	50,0%	50,0%	53,85%	53,85%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.5.2.1.4 AC/CC de la categoría

Durante la elaboración del INGEI del sector, se tomó en cuenta el Plan de Mejora de los Inventarios previos, desarrollado con las instituciones sectoriales involucradas. Adicionalmente, se tomó en cuenta la sección de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la subcategoría y las actividades propias. Algunas de estas actividades habituales para el control de la calidad se listan a continuación:

- Desarrollo de hojas en Excel con información ordenada, donde se ha colocado la información obtenida de los informes estadísticos de Petroecuador.
- Verificación de los datos de actividad y factores de emisión presentes en las planillas de información base, y el informe entregado para la verificación de terceros que garantiza la consistencia entre los archivos y la información.

- Tomando en cuenta las revisiones de externos, el plan de mejoras sectoriales, antes mencionado, se procedió con la inclusión de las recomendaciones que resultaron de dichas actividades.

4.5.2.1.5 Nuevos cálculos de la categoría

En referencia a los inventarios anteriores no existen actualizaciones o nuevos cálculos en la subcategoría.

Tabla 111. Subcategoría Uso de lubricantes: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	4,33	-	-	-	0,24	5,43	5,69	4,94			
INGEI actual	4,33	-	-	-	0,24	5,43	5,69	4,94	3,66	3,56	3,02
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Nota: A partir del año 2012, se registra el despacho de lubricantes, tal como se documenta en la página 105 del Informe Estadístico 1972 – 2017

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

4.5.2.1.6 Mejoras planificadas para la categoría

Las recomendaciones que se deberían acoger para mejorar los datos de las emisiones de GEI en el subsector se presentan a continuación:

- Trabajar con PetroEcuador en el afinamiento de los datos para no inferir que todo lo que se importa se utiliza.

4.5.2.2 Uso de cera de parafina (2D2)

4.5.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

La categoría incluye productos como vaselina (petrolato), ceras de parafina y otras ceras, incluidas la ozocerita (una mezcla de hidrocarburos saturados, sólida a temperatura ambiente). Las ceras de parafina se separan del petróleo crudo durante la producción de aceites lubricantes livianos (destilados) y se utilizan en diversas aplicaciones, tales como velas, cajas corrugadas, revestimientos de papel, encolados de placas, producción de alimentos, betunes de brillo, tensoactivos (como los utilizados en detergentes), entre otras. Las emisiones derivadas del uso de ceras se generan principalmente cuando las ceras o sus derivados se queman durante su aplicación, como en el caso de las velas.

Para el cálculo de las emisiones, se utilizaron los datos de la Encuesta ENESEM al año 2022.

Para el año 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría se contabilizaron en 0,13 kt CO₂-eq, que representa el 4% de la categoría, decreciendo en un 63 % desde 1994 y 86% desde el 2018. Las tendencias fluctuantes de inventario a inventario se deben a la demanda de cera.

El método de Nivel 1 fue utilizado para la estimación de emisiones de la subcategoría Uso de cera de parafina, en concordancia con las Directrices del IPCC de 2006.

Para el cálculo se tomó en cuenta la Encuesta ENESEM publicada por el INEC. Adicionalmente, se asume que todo lo que se produce es consumido. Las cantidades dadas en muchos de los casos en litros son transformadas a TJ, tomando en cuenta que un lbep = 0,00581 TJ (Olade, 2017), para que al ser multiplicado por el factor de emisión y el de oxidación se pueda obtener las emisiones de la subcategoría.

Tabla 112. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): datos de actividad por fuente de GEI (TJ)

Año	Uso de Cera Parafina
1994	23,1
2000	132,8
2006	142,9
2010	19,5
2012	3,0
2014	32,7
2016	26,6
2018	63,6
2020	18,88
2021	40,45
2022	8,66

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.5.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

El método del nivel 1 considera factores de emisión para el uso de cera. El contenido de carbón en la cera parafina (20 toneladas-C/TJ) se tomó de las Directrices del IPCC 2006 para Energía - Introducción, la tabla 1.3 valores por default del contenido de carbón página 1.21. El factor de emisión fue tomado del cuadro 5.2, capítulo 5; volumen 3 (0,20), de las mismas directrices. (IPCC, 2006).

Tabla 113. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Fuente de GEI	GEI	Valor	Unidad
Contenido de Carbón en el lubricante	CO ₂	20	Toneladas-C/TJ
Fracción de Oxidación durante el uso (ODU factor)	CO ₂	0,20	Fracción

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.5.2.2.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

En general, no se dispone de información nacional específica sobre la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión. Los factores de emisión por defecto utilizados presentan un alto grado de incertidumbre, ya que están basados en un conocimiento limitado de los índices de oxidación típicos de las ceras parafinas. Para el cálculo de las emisiones, se han aplicado las recomendaciones establecidas en las Directrices del IPCC de 2006, sección 5.3.3, capítulo 5 del volumen 3. Con estos datos, la incertidumbre combinada de la subcategoría se ha estimado en $\pm 101,98\%$.

Con el propósito de mantener la consistencia de la serie 1994-2022 se emplearon los mismos factores de emisión. Todos los datos fueron tomados de la misma fuente, es decir la información que reporta el INEC a través de las Encuesta ENESEM.

Tabla 114. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): incertidumbre combinada por fuente

Fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de factores de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
Uso de Lubricantes	CO ₂	20,0%	20,0%	100,0%	100,0%	101,98%	101,98%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.5.2.2.4 AC/CC de la categoría

Durante la elaboración del INGEI del sector, se tomó en cuenta el Plan de Mejora de los Inventarios previos, desarrollado con las instituciones sectoriales involucradas. Adicionalmente, se tomó en cuenta la sección de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la subcategoría y las actividades propias. Algunas de estas actividades habituales para el control de la calidad se listan a continuación:

- Desarrollo de hojas en Excel con información ordenada, donde se ha colocado la información obtenida de la Encuesta ENESEM.
- Verificación de los datos de actividad y factores de emisión presentes en las planillas de información base, y el informe entregado para la verificación de terceros que garantiza la consistencia entre los archivos y la información.

- Tomando en cuenta las revisiones de externos, el plan de mejoras sectoriales, antes mencionado, se procedió con la inclusión de las recomendaciones que resultaron de dichas actividades.

4.5.2.2.5 Nuevos cálculos de la categoría

En referencia a los inventarios anteriores no existen actualizaciones o nuevos cálculos en la subcategoría.

Tabla 115. Subcategoría Uso de cera de parafina (2D2): comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	0,34	1,95	2,10	0,29	0,04	0,48	0,39	0,93			
INGEI actual	0,34	1,95	2,10	0,29	0,04	0,48	0,39	0,93	0,28	0,59	0,13
Diferencia	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diferencia %	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			
Efecto en total %											
Efecto en total neto %											

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table8s1 de los CRT.

4.5.2.2.6 Mejoras planificadas para la categoría

Las recomendaciones que se deberían acoger para mejorar los datos de las emisiones de GEI en el subsector se presentan a continuación:

- Trabajar con el INEC en lo que se refiere a los datos para afinar el dato de actividad requerido para el cálculo del inventario, así como también la estandarización de las unidades de medida en la que es reportada la información.
- Realizar esfuerzos para identificar industrias productoras de cera parafina.

4.6 Uso de productos sustitutos de las SAO (2F)

4.6.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría "Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)" se incluye dentro del sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) en el inventario de gases de efecto invernadero (GEI) de Ecuador por primera vez. Su objetivo es evaluar las emisiones generadas por productos como los hidrofluorocarbonos (HFC), que reemplazan a las sustancias que agotan la capa de ozono (como los clorofluorocarbonos o CFC), pero que, en muchos casos, tienen un alto potencial de calentamiento global (PCG). La inclusión de esta

categoría en el inventario de GEI de Ecuador mejora la precisión y la cobertura de los datos sobre el impacto de estos productos en las emisiones de GEI del país.

Desde su inclusión de datos en los inventarios de GEI en 2010, las emisiones de esta categoría han mostrado un notable aumento, con un crecimiento acumulado del 811,14% entre 2010 y 2022. Este incremento se debe a varios factores, entre los que destaca el mayor uso de productos sustitutos de sustancias que agotan la capa de ozono, especialmente en sectores como la refrigeración y el aire acondicionado. A lo largo de los años, las emisiones pasaron de 214,93 kt CO₂-eq en 2010 a 1.957,58 kt CO₂-eq en 2022.

La tendencia muestra un aumento sostenido hasta 2018, cuando las emisiones pasaron de 214,93 kt CO₂-eq a 519,10 kt CO₂-eq, lo que refleja un crecimiento del 141,51%. En 2020, después de la ratificación de la Enmienda de Kigali y la recuperación económica post-pandemia, las emisiones experimentaron un notable salto a 1.203,00 kt CO₂-eq, con un incremento anual del 131,82%. Desde 2020, el crecimiento continuó, pero con un ritmo más moderado, aumentando un 10,15% en 2021 y un 47,75% en 2022.

Dentro de la subcategoría "Refrigeración y aire acondicionado" (2F1), las principales fuentes de emisiones incluyen:

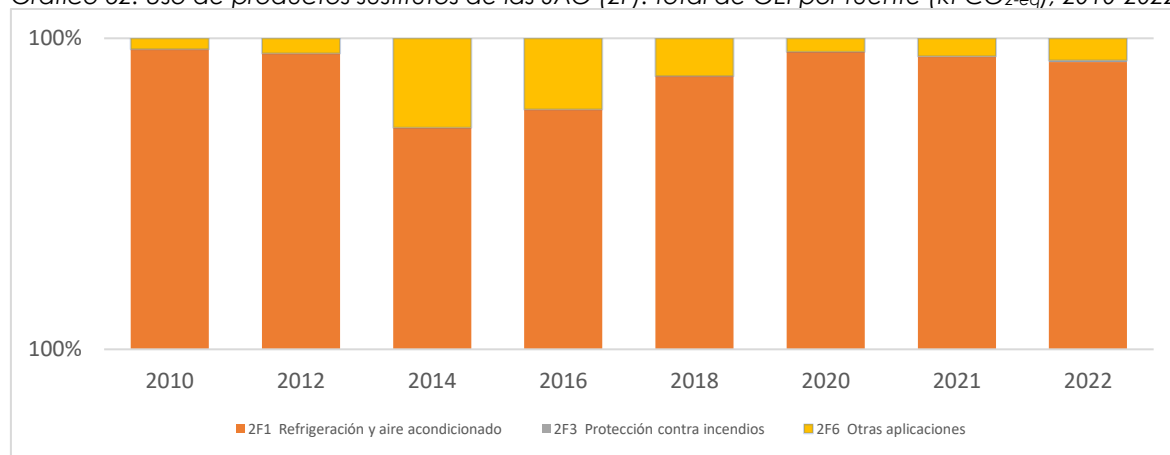
- **Aire acondicionado móvil:** Incremento significativo debido al aumento de vehículos con aire acondicionado, de 55,71 kt CO₂-eq en 2010 a 364,38 en 2022, lo cual podría reflejar el aumento en el uso de vehículos con aire acondicionado en Ecuador.
- **Aire acondicionado residencial y comercial:** Aumento de 10,25 kt CO₂-eq en 2010 a 182,47 kt CO₂-eq en 2022 por el incremento en el uso de aire acondicionado residencial y comercial en el país.
- **Refrigeración doméstica:** Crecimiento sostenido desde 0,5 kt CO₂-eq en 2010 hasta 6,4 kt CO₂-eq en 2022, lo cual indica una mayor demanda de aparatos refrigerantes en el mercado doméstico.
- **Refrigeración comercial mediana y grande:** Este tipo de uso presenta uno de los aumentos más significativos de 45,70 kt CO₂-eq en 2010 a 657,61 kt CO₂-eq en 2022. Se relaciona al crecimiento de supermercados, tiendas de alimentos y otros comercios que requieren refrigeración a gran escala.
- **Refrigeración industrial:** Muestra un incremento notable de 73,01 kt CO₂-eq en 2010 a 466,67 kt CO₂-eq en 2022 a causa del crecimiento de industrias que utilizan la refrigeración industrial en el país.
- **Transporte refrigerado:** Este sector alcanza 29,75 kt CO₂-eq en 2010 evidenciando un incremento sostenido de 280,01 kt CO₂-eq en 2022, lo que refleja una expansión en el uso de transporte de mercancías como productos perecederos que necesitan refrigeración.

Tabla 116. Uso de productos sustitutos de las SAO (2F): total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq)

Subcategoría	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
2F1 Refrigeración y aire acondicionado	214,9	289,1	374,3	472,7	519,0	1.202,9	1.324,9	1.957,3
2F1a Aire acondicionado móvil	55,7	89,4	163,0	229,1	275,6	331,9	328,4	364,4
2F1b Aire acondicionado residencial y comercial	10,2	15,4	19,1	19,8	21,4	94,2	121,5	182,5
2F1c Refrigeración doméstica	0,5	0,9	1,8	2,7	3,8	5,0	5,4	6,1
2F1d Refrigeración comercial mediana y grande	45,7	67,9	67,8	81,2	77,4	351,6	403,2	657,6
2F1e Refrigeración industrial	73,0	72,2	61,8	64,2	58,8	241,5	288,9	466,7
2F1f Transporte Refrigerado	29,8	43,2	60,7	75,5	82,0	178,8	177,5	280,0
2F3 Protección contra incendios	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,002	0,023
2F6 Otras aplicaciones	0,02	0,03	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3
Total	214,9	289,1	374,5	472,9	519,1	1.203,0	1.325,1	1.957,6

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 32. Uso de productos sustitutos de las SAO (2F): total de GEI por fuente (kt CO₂-eq), 2010-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 33. Refrigeración y aire acondicionado (2F1): total de GEI por fuente (kt CO₂-eq), 2010-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.6.2 Aspectos metodológicos de la categoría

En el cálculo de las emisiones para la categoría "Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono" (2F) en Ecuador, se utiliza la metodología Nivel 1 del IPCC. Este nivel metodológico se basa en factores de emisión promedio y permite realizar estimaciones generales, especialmente útil cuando los datos específicos de la actividad o producto son limitados. En este caso, Ecuador ha complementado la metodología Nivel 1 con datos obtenidos a través de una encuesta realizada por el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP), en su calidad de Punto Focal del Protocolo de Montreal, como parte de la elaboración de una "Hoja de ruta para reducir los HFC en Ecuador" para la gestión de los gases hidrofluorocarbonados (HFC) en el país.

Para suplir la falta de datos específicos y mejorar la precisión de los cálculos, el MPCEIP realizó una encuesta sectorial en Ecuador enfocada en los usos de HFC en diversas aplicaciones como refrigeración y aire acondicionado. Esta encuesta proporcionó datos sobre:

- Cantidades estimadas de HFC en diferentes aplicaciones y equipos.
- Tasas de uso en sectores clave, como el aire acondicionado móvil, residencial y comercial, y refrigeración en el sector alimenticio e industrial.
- Información sobre la frecuencia de recarga y vida útil de los equipos que utilizan HFC.

Para proyectar las emisiones a partir de los datos obtenidos, se realizó un análisis de regresión lineal. Este análisis permitió modelar el crecimiento de las emisiones de HFC basándose en los datos históricos recopilados y en las tendencias observadas en la encuesta. La regresión lineal ayuda a predecir el comportamiento futuro de las emisiones bajo el supuesto de un crecimiento continuo y sostenido en el uso de HFC en Ecuador, especialmente en sectores donde el uso de estos productos está en expansión, como el transporte refrigerado y la refrigeración comercial. Los porcentajes de participación por tipo de gas y por tipo de aplicación se muestran a continuación.

Tabla 117. Porcentajes atribuidos por tipo de gas y por aplicación para HFC en Ecuador

Aplicaciones	HFC-134a	HFC-125	HFC-143a	HFC-32
Refrigeración doméstica	15,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Refrigeración comercial mediana y grande	10,2%	28,6%	46,8%	0,4%
Refrigeración industrial	6,9%	25,6%	41,3%	0,9%
Transporte Refrigerado	11,2%	7,8%	11,9%	1,1%
Aire acondicionado residencial y comercial	3,0%	37,9%	0,0%	97,6%
Aire acondicionado móvil	53,2%	0,0%	0,0%	0,0%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La estimación de emisiones mediante el método nivel 1 se basa en el uso de factores de emisión genéricos provistos por el IPCC, aplicados a los datos obtenidos de la encuesta. Estos factores de emisión representan el promedio de liberación de HFC durante el ciclo de vida de los productos y equipos. Dado que el nivel 1 es menos específico, su enfoque generalizado se refuerza mediante la combinación de la regresión lineal y los datos de actividad específicos a partir de la encuesta, lo que ayuda a mejorar la confiabilidad de las estimaciones.

Para ello se utiliza la herramienta recomendada por el IPCC para la generación de datos en emisiones por cada tipo de sustancia.

A pesar de las mejoras, el método nivel 1 presenta ciertas limitaciones debido a su dependencia de factores de emisión promedio, lo cual puede introducir incertidumbres en la estimación de emisiones reales. La regresión lineal aporta valor al mejorar las proyecciones, pero depende de la disponibilidad de datos de

actividad precisos y actualizados. La encuesta de MCPEIP y la elaboración de la "Hoja de ruta para reducir los HFC en Ecuador" son pasos importantes que proporcionan una base más robusta para el inventario de emisiones, pero para reducir la incertidumbre, será ideal avanzar hacia métodos más específicos en el futuro.

4.6.2.1 Datos de actividad de la categoría

Ecuador cuenta con datos validados de importación de HFC desde 2019, año en que el MPCEIP implementó el sistema de licencias previas para las importaciones de HFC. Para los años anteriores a 2019:

- La información puede ser consultada en las Estadísticas de Comercio Exterior del Banco Central de Ecuador, que cuenta con información desde 2007.
- Limitación: Las mezclas de HFC pueden no estar identificadas de manera específica, ya que algunas se importaban bajo subpartidas arancelarias misceláneas, dificultando una estimación precisa de cada tipo de HFC en mezclas antes de 2019.

Según la matriz del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) y la metodología del IPCC:

- HFC-152a es utilizado como materia prima en la fabricación de vidrio, por lo que no es posible determinar factores de emisión específicos.
- La vida útil de los equipos de refrigeración y aire acondicionado varía entre 10 y 20 años, con un promedio de 15 años aplicado para las estimaciones, dada la baja tasa de renovación de equipos en el mercado ecuatoriano.
- Crecimiento promedio de importación de equipos en 2023 (42,15% en términos CIF) se usa como tasa de referencia general, debido a la utilización de diversas sustancias en múltiples aplicaciones de refrigeración y acondicionamiento de aire.

Tabla 118. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F): datos de actividad por fuente de GEI (TM) 2010-2022

Año	HFC-32	HFC-23	HFC-152a	HFC-143a	HFC-134a	HFC-125	HFC-227ea
2010	16,4	13,0	0,0	2,8	151,5	9,1	0,0
2012	17,0	0,3	0,5	16,2	265,2	20,1	0,0
2014	0,0	0,0	2,5	0,0	484,4	1,0	0,0
2016	0,0	0,0	2,5	8,2	485,8	1,2	0,0
2018	0,0	0,0	0,0	0,0	518,6	8,3	0,0
2020	145,2	0,0	1,1	119,6	628,4	206,6	0,0
2021	152,4	0,0	1,8	111,3	455,2	207,3	0,015
2022	295,4	1,7	3,7	286,2	735,2	422,6	0,2

Elaborado por: MAAATE / Proyecto 5CN1BTR

Los datos proporcionados datan del 2009, y la introducción de las sustancias son desde el 2007 y 2008 para los diferentes tipos de gases, verse en la siguiente tabla. Para los inventarios de GEI en Ecuador. Para realizar este cálculo el IPCC proporciona unas hojas de cálculo en Excel con algunos ejemplos de cálculo denominados: "Calculation Example for 2F1 (MS-Excel), Calculation Example for 2F2 (MS-Excel), Calculation Example for 2F3 (MS-Excel)", disponibles en el siguiente link: <http://www.ipcc275nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol3.html>

En estas hojas de cálculo se presentan los factores de emisión a emplear y factores como **RRLt**, así mismo, dan cuenta del desarrollo de los bancos y de las subsiguientes emisiones desde ellos.

4.6.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión aplicados para cada categoría se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 119. Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: Metodología y factores – Uso de productos sustitutos de las SAO (2F)

Subcategoría	Metodología	Factor	Fuente de información
2F1 Refrigeración y aire acondicionado	Nivel 1a	Tiempo de vida media equipos	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
		Factor de emisión en subaplicaciones RAC	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
		% de sustancia destruida al final de la vida útil del equipo	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
2 F2 Protección contra incendios	Nivel 1a	Tiempo de vida media equipos	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
		Factor de emisión en subaplicaciones RAC	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
		% de sustancia destruida al final de la vida útil del equipo	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
2F3 Otras aplicaciones	Nivel 1a	Tiempo de vida media equipos	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
		Factor de emisión en subaplicaciones RAC	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7
		% de sustancia destruida al final de la vida útil del equipo	IPCC – 2006, Volumen 3, Capítulo 7

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

A continuación, se presenta la información de factores utilizados para el cálculo de emisiones de la categoría 2F:

Tabla 120. Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Subaplicación	Vida útil (años)	Factor de emisión de la base instalada (%/año)	% de HFC destruido al final de la vida útil
Refrigeración doméstica	20,0	1%	20%
Aire acondicionado móvil	16,0	20%	50%

Subaplicación	Vida útil (años)	Factor de emisión de la base instalada (%/año)	% de HFC destruido al final de la vida útil
Refrigeración comercial mediana y grande	15,0	35%	25%
Refrigeración industrial	30,0	25%	50%
Aire acondicionado residencial y comercial	20,0	10%	20%
Transporte Refrigerado	9,0	50%	10%
2 F2 Protección contra incendios	15,0	4%	0%
2F3 Otras aplicaciones		50%	

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Los valores de potencial de calentamiento global (PCG) recomendados en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), considerando un horizonte temporal de 100 años. Estos factores permiten convertir las cantidades de cada HFC importado a su equivalente en CO₂.

Tabla 121 Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: Potenciales de calentamiento global para las diferentes sustancias

Sustancia	PCG - AR5
HFC-23	12.400
HFC-32	677
HFC-125	3.170
HFC-134a	1.300
HFC-143a	4.800
HFC-152a	138
HFC-227ea	3.350
HFC-236fa	8.060

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.6.3 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La incertidumbre en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para la categoría de Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2F), se evalúa tanto para los datos de actividad como para los factores de emisión. El análisis cuantitativo de la incertidumbre se presenta mediante el cálculo de rangos de variabilidad de las emisiones a partir de las fuentes de incertidumbre más relevantes.

En 2010, el volumen de importaciones de HFC se estimó a partir de registros del comercio exterior, los cuales, debido a la falta de un sistema de licencias previas, presentaban incertidumbre significativa. Las mezclas de HFC no estaban completamente identificadas, lo que impide obtener una estimación precisa sobre las cantidades utilizadas en distintas aplicaciones. Los factores de emisión aplicados en 2010 son aproximados y basados en fuentes generales del IPCC, lo que introduce un nivel de incertidumbre en la estimación de las emisiones debido

a la falta de datos precisos sobre las fugas de sustancias y el ciclo de vida de los equipos.

En 2022, la implementación de un sistema más robusto de licencias previas de importación, junto con la mejora en la identificación de HFC en el comercio exterior, ha reducido la incertidumbre en los datos de actividad. Sin embargo, las estimaciones siguen basándose en aproximaciones debido a la falta de información detallada sobre el uso de HFC en algunas aplicaciones específicas (como mezclas de HFC o sectores emergentes). La incertidumbre de los datos de actividad es estimada en 35%.

En 2022, se emplean factores de emisión más detallados, aunque las fugas de refrigerantes y las recargas de equipos siguen siendo áreas con incertidumbre significativa. Además, algunos de los equipos pueden no estar siendo mantenidos de acuerdo con las mejores prácticas, lo que genera un factor de incertidumbre de 25%.

Los primeros años de la serie (hasta 2018) carecían de un sistema estructurado para la recolección de datos detallados, especialmente en lo referente a mezclas de HFC. Este tipo de sustancias se registraban bajo subpartidas arancelarias misceláneas, lo que dificulta su identificación precisa y, por ende, la estimación exacta de las emisiones asociadas.

Estimación del consumo: La estimación del consumo de HFC en sectores específicos (como la refrigeración industrial y el aire acondicionado) presenta incertidumbre debido a la falta de estudios detallados que permitan identificar la cantidad exacta de HFC utilizado en equipos o aplicaciones no reportadas.

Factores de Emisión: Variabilidad en el comportamiento de los equipos: La tasa de fuga de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado depende de varios factores, como la calidad del equipo, su mantenimiento y la vida útil. Estos factores no siempre son conocidos con precisión, lo que puede aumentar la incertidumbre en la estimación de emisiones.

Fugas no reportadas: Las fugas de HFC no siempre se monitorean adecuadamente en el país, lo que puede resultar en una subestimación de las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente en equipos más antiguos o mal mantenidos.

Para garantizar la coherencia de la serie temporal de datos de emisiones de la categoría 2F, Ecuador ha seguido los principios establecidos en las Directrices del IPCC de 2006:

- Uso de metodologías consistentes: A lo largo de la serie temporal, se ha mantenido una coherencia metodológica en el cálculo de las emisiones utilizando los factores de emisión estándar del IPCC y ajustando los datos de actividad en función de las mejores estimaciones disponibles.
- Empalme de datos: Para las brechas en la serie temporal de datos previos a 2019, se ha utilizado el empalme de datos a partir de los registros del Banco Central de Ecuador sobre comercio exterior, con estimaciones basadas en las subpartidas arancelarias, para asegurar una aproximación coherente de las importaciones de HFC en los primeros años. Sin embargo, se reconoce que las mezclas de HFC pueden haber sido registradas de manera imprecisa en años anteriores, lo que puede generar una discontinuidad en la serie.
- Mejoras en la recolección de datos: Desde 2019, con la implementación de un sistema de licencias previas de importación, la consistencia de los datos de actividad se ha mejorado, lo que ayuda a asegurar la coherencia en los últimos años (2019-2022).
- Limitada información histórica: Los primeros años de la serie (hasta 2018) enfrentan brechas significativas debido a la falta de un sistema adecuado para rastrear el consumo de HFC en sectores específicos. Esto ha representado una barrera para asegurar la coherencia de la serie, ya que los datos no siempre reflejaban con precisión las importaciones y el uso de mezclas.
- Dependencia de datos indirectos: En la falta de información directa sobre el consumo, se ha recurrido a estimaciones basadas en estadísticas generales de comercio exterior, lo que introduce posibles sesgos o inexactitudes.
- Empalme entre registros de comercio exterior y el sistema de licencias: Se ha utilizado la información de comercio exterior del Banco Central de Ecuador para los años previos a 2019, empalmando estos datos con los registros del sistema de licencias de importación a partir de 2019.
- Ajustes a los factores de emisión: Para las brechas en el uso de ciertas sustancias, se han ajustado los factores de emisión de acuerdo con la mejor información disponible y la normativa internacional.

La incertidumbre en la serie temporal es significativa en los primeros años de la serie debido a la falta de información detallada sobre las mezclas de HFC y la ausencia de un sistema estructurado para la recolección de datos.

Tabla 122. Uso de productos sustitutos de las SAO 2F: Incertidumbre aplicada por cada subcategoría

Subcategoría	Dato de actividad	Factor de emisión	Incertidumbres
2F1 Refrigeración y aire acondicionado	35	25	43,01%
2F3 Protección contra incendios	10	25	26,93%
2F6 Otras aplicaciones	35	25	43,01%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

4.6.4 AC/CC de la categoría

Para asegurar la precisión, consistencia y coherencia de las estimaciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la categoría 2F, Ecuador ha implementado una serie de actividades técnicas de Aseguramiento de la Calidad (AC) y Control de la Calidad (CC), alineadas con los requisitos de las Directrices del IPCC de 2006 para cada fuente de GEI. Estos procedimientos han permitido mejorar la integridad y trazabilidad de los datos utilizados.

Validación y Verificación de Datos de Actividad:

- Cotejo de Datos: Los volúmenes de importación de HFC se han cotejado con los datos oficiales del sistema de licencias de importación del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP). Esta verificación asegura que los datos sean representativos de las cantidades reales importadas en el país.
- Revisión de Discrepancias: Se han aplicado técnicas de control cruzado para detectar discrepancias o valores atípicos en la serie temporal de importación de HFC.
- Verificación de Inventario de Subpartidas Arancelarias: Los HFC puros y mezclas específicas fueron identificados según subpartidas arancelarias desde 2019, lo que mejora la precisión de las cantidades importadas. Para años anteriores, se hicieron ajustes considerando la categorización residual de subpartidas.

A pesar de las mejoras en AC/CC, la limitación de recursos técnicos y financieros puede afectar el monitoreo continuo y la actualización periódica de factores de emisión específicos para Ecuador, lo que indica la necesidad de fortalecer el soporte técnico y financiero en la recolección de datos en el futuro.

Estas actividades de AC/CC fortalecen la integridad del inventario de GEI, alineando las estimaciones con los compromisos nacionales e internacionales, y garantizando la precisión y confiabilidad en el reporte de emisiones de Ecuador.

4.6.5 Nuevos cálculos de la categoría

Al tratarse de una categoría nueva en el inventario nacional de gases de efecto invernadero (GEI), la inclusión de la categoría 2F: Uso de Productos Sustitutos de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono implicó el desarrollo de cálculos específicos y metodologías adaptadas al contexto nacional para cuantificar de manera precisa las emisiones generadas por el uso de hidrofluorocarbonos (HFC).

Las principales actividades metodológicas incluyeron:

- Datos de Actividad y Factores de Emisión: Los datos de actividad se basan en los volúmenes de HFC importados, validados por el sistema de licencias del MPCEIP, y ajustados para reflejar cada subcategoría de uso (refrigeración, aire acondicionado) según las tasas de fuga típicas.
- Creación de la Serie Temporal: Se generó una serie temporal desde 2010, con técnicas de empalme para asegurar coherencia en años en el uso por aplicación.

La categoría 2F incrementa la precisión del inventario nacional, permitiendo a Ecuador mejorar el seguimiento de emisiones de HFC, fundamental para cumplir con los compromisos internacionales en el marco del Protocolo de Montreal y la Enmienda de Kigali.

4.6.6 Mejoras planificadas para la categoría

Optimización de la Recolección de Datos:

- Es recomendable implementar un sistema de registro detallado de las importaciones de HFC, incluyendo subcategorías específicas para cada tipo de sustancia y mezcla. Esto facilitará un monitoreo más preciso de los volúmenes en cada aplicación, con especial atención en refrigeración y aire acondicionado.
- Se sugiere fomentar la colaboración con aduanas para mejorar la categorización de las importaciones, especialmente en la distinción entre sustancias puras y mezclas de HFC.

Refinamiento de los Factores de Emisión:

- Para reducir la incertidumbre en los factores de emisión, se recomienda llevar a cabo estudios específicos sobre tasas de fuga y patrones de uso de HFC en Ecuador, particularmente en los subsectores de refrigeración y aire acondicionado. Los resultados pueden integrarse en los futuros cálculos del inventario.
- Es aconsejable desarrollar factores de emisión locales adaptados a las condiciones y prácticas de mantenimiento propias de Ecuador, para reflejar mejor las tasas de emisión en cada tipo de aplicación.

Adopción de Factores de Emisión Actualizados:

- A medida que se disponga de nuevos datos o directrices, se recomienda incorporar factores de emisión actualizados y metodologías avanzadas, alineados con las mejores prácticas internacionales y los cambios en el mercado de HFC en Ecuador.

Fortalecimiento del Monitoreo y del Aseguramiento y Control de Calidad (AC/CC):

- Es aconsejable aplicar procedimientos de AC/CC más robustos en cada etapa de recolección y cálculo de datos, para verificar y asegurar la consistencia en las metodologías de reporte y estimación.
- Revisar anualmente las tasas de crecimiento de las importaciones y las tendencias de consumo de HFC permitirá ajustar los datos en función de las proyecciones del mercado y las variaciones observadas.
- Para mejorar la calidad de los datos y la precisión en los inventarios, se recomienda fortalecer la capacitación técnica del personal en manejo de datos de HFC, en colaboración con el MPCEIP y otras entidades.
- La coordinación interinstitucional también debería ampliarse mediante protocolos de intercambio de información y de mejores prácticas con otros países de la región, permitiendo una evaluación más precisa y comparable de las emisiones de HFC.

5 AGRICULTURA (3)

5.1 Panorama general del sector

5.1.1 Descripción del sector

En torno a una visión general de la evolución del sector se evidencia que el año 2022 mostró una mayor contracción en el valor agregado bruto (VAB) Agropecuario desde el año 2015, con un 2,9 % de acortamiento en el valor real generado por el sector, mismo que llegó a los USD 5,334 millones en 2022, un valor inferior a lo alcanzado en 2015, años previos a una expansión considerable del valor agropecuario en el país (2017) (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2022). La contracción del sector agropecuario ya es una tendencia presente en los últimos cinco años del periodo 2018-2022. La participación del sector agropecuario en el PIB real alcanzó el 7,5 % en 2022, siendo la menor proporción alcanzada por este tipo de actividad desde 2015 (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2022), lo cual denota una reducción en su nivel de importancia en la economía en general.

El sector agricultura en el país se desarrolla principalmente en las áreas rurales, allí se sitúan las empresas, asociaciones y familias dedicadas a la producción agropecuaria. Pese a su importancia económica y de seguridad alimentaria, la mayor parte de la población campesina se encuentra bajo condiciones de pobreza y de extrema pobreza. Es así como este contexto, especialmente con relación a la actividad pecuaria, está relacionado con bajos niveles de eficiencia productiva (6,03 lt/vaca/día y 30-36 meses de engorde) (FAO, 2020), ocupando grandes extensiones de terreno, con pastos mal aprovechados y emisiones de CO₂-eq. por unidad de leche o carne indirectamente proporcionales al nivel de productividad.

Bajo la caracterización expuesta en el sector, concretamente para la actividad pecuaria, se identifica el predominio (92%) de los estratos marginales y mercantiles, donde los niveles de tecnificación son bajos, generando tres principales amenazas para el ambiente: I) pérdidas de suelo y riesgos de desertificación; II) aumento de contaminantes y de las emisiones de gases efecto invernadero, y III) extensión de la frontera agropecuaria.

En el sector Agricultura se analizan las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (NO) generadas por ganado (3A) y por fuentes agregadas y emisiones de NoCO₂ provenientes de la tierra (3C). Las fuentes agregadas, según el IPCC, comprenden una variedad de otros usos de suelo,

incluyendo el cultivo de arroz, el uso de fertilizantes, la aplicación de cal y urea, así como la quema de biomasa sin recuperación de energía.

5.1.2 Tendencia de los GEI del sector

Las emisiones de GEI del sector Agricultura para el año 2022 representaron el 14,1% (11.728,67 kt CO₂-eq) respecto al total nacional. La categoría agregada de fuentes de emisión por ganado Ganado que incluye fermentación entérica y gestión de estiércol aporta con el 68,7% del total del volumen de emisiones, mientras la categoría de Fuentes agregadas y fuentes de emisión No-CO₂ de la tierra aporta con el 31,3% restante.

Para este último año de estimación igualmente se evidencia, en función de una mayor desagregación de categorías según las directrices del IPCC, la categoría de fermentación entérica (3A) tiene el mayor peso en emisiones respecto del total del sector, llegando a más del 63,18%, seguida de la categoría de suelos agrícolas (3D) con el 18,70% de las emisiones mientras en tercer lugar esta la categoría de emisiones por cultivos de arroz (3C), específicamente en relación a emisiones de metano se registra un peso de 10,57% (1.239,95 kt CO₂-eq) respecto del total del inventario sectorial.

Tabla 123. Sector Agricultura: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt) para [último año inventariado]

FUENTES DE GASES DE INVERNADERO	CO2 (kt)	CH4 (kt)	N2O (kt)	Nox (kt)	CO (kt)	Total CO ₂ eq (kt)
Total Agricultura	183,01	322,30	9,513	1,45	53,38	11.728,67
3A Fermentación Entérica		264,63				7.409,73
1 Bovinos		256,50				7.182,09
2 Búfalos		0,39				11,06
3 Ovejas		2,76				77,27
4 Cabras		0,12				3,33
5 Camélidos sudamericanos		0,16				4,62
6 Caballos		2,80				78,33
7 Mulas Y Culos		0,95				26,62
8 Cerdos		0,94				26,41
9 Aves De Corral		0				0,00
3B Gestión de estiércol DIRECTO		11,83	0,899			569,34
1 Bovinos		6,946	0,11992			226,28
2 Búfalos		0,005	0,00052			0,29
3 Ovejas		0,043	0,00628			2,85
4 Cabras		0,002	0,00022			0,11
5 Camélidos sudamericanos		0,003	0,00071			0,28
6 Caballos		0,183	0,01952			10,29

7 Mulas Y Culos		0,061	0,00652			3,44
8 Cerdos		3,981	0,21387			168,13
9 Aves De Corral		0,60	0,53115			157,67
3B Gestión de estiércol INDIRECTO			0,296			78,43
1 Bovino			0,0631			16,73
2 Búfalos			0,0001			0,02
3 Ovejas			0,0010			0,26
4 Cabras			0,0000			0,01
5 Camélidos sudamericanos			0,0001			0,03
6 Caballos			0,0030			0,80
7 Mulas y Asnos			0,0010			0,27
8 Cerdos			0,0774			20,51
9 Aves De Corral			0,1502			39,81
3C Cultivo de Arroz		44,28				1.239,95
1 Irrigados - inundados intermitentemente -aireación múltiple		7,26				203,14
2 Secano y aguas profundas -alimentación por lluvia		35,88				1.004,68
3 Secano y aguas profundas -aguas profundas		1,15				32,13
3D Suelos Agrícolas			8,278			2.193,56
1 N2O Emisiones Directas de Suelos Agrícolas (1)			4,72			1.249,90
2 N2O Emisiones Directas de Suelos Agrícolas (2)			0,85			225,46
3 N2O Emisiones Indirectas de Suelos Agrícolas (1)			0,85			225,98
4 N2O Emisiones Indirectas de Suelos Agrícolas (2)			1,86			492,22
3H Fertilización con Urea	159,22					159,22
3G Uso de la Cal (Encalado)	23,79					23,79
3F Quema de residuos agrícolas	NA	1,57	0,04	1,45	53,38	54,62

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja Table3 de los CRT.

Las emisiones de GEI del sector Agricultura reportadas para el año 2022 (11.728,67 kt CO₂-eq) representan un decremento de cerca del 17% en comparación a lo reportado para el año 1994 (14.067,63 kt CO₂-eq) que se atribuye al decrecimiento del número de cabezas de ganado bovino en los últimos años. En cambio, en relación con el año 2018 (12.377,81 kt CO₂-eq) último año reportado previamente, este sector registra una reducción de cerca del 5% en comparación con el año 2022.

La dinámica histórica en la evolución del inventario del sector agricultura se explica en gran medida por la incidencia de la variación de la población de cabezas de ganado, especialmente el ganado bovino, la mayor o menor adopción de prácticas determinadas según modos de producción y sus circunstancias, además de las variaciones en las importaciones y el uso extensivo de fertilizantes nitrogenados en los principales cultivos del país. Por tanto, se puede mencionar que

entre las causas principales de este decrecimiento de emisiones en relación a todo el periodo, a más de aquellas vinculadas directamente con medidas de mitigación, están las siguientes: 1) disminución del número de animales en actividad pecuaria (principalmente bovinos); 2) menor producción de cultivos en ciertos periodos (caso de las gramíneas); 3) disminución del uso de fertilizantes sintéticos (desde el punto de vista de las importaciones), y 4) factores de incidencia económica social que afectaron la actividad agropecuaria. Los últimos años inventariados se acentúan además elementos que agravan la disminución de la población, como menor demanda de carne, reducción de la inversión ganadera por temor a la delincuencia (abigeato) e incluso elementos asociados a las consecuencias climáticas como las sequías prolongadas que afectan los pastos y cultivos, además de inundaciones localizadas, y el mercado internacional de los fertilizantes (acceso y precios).

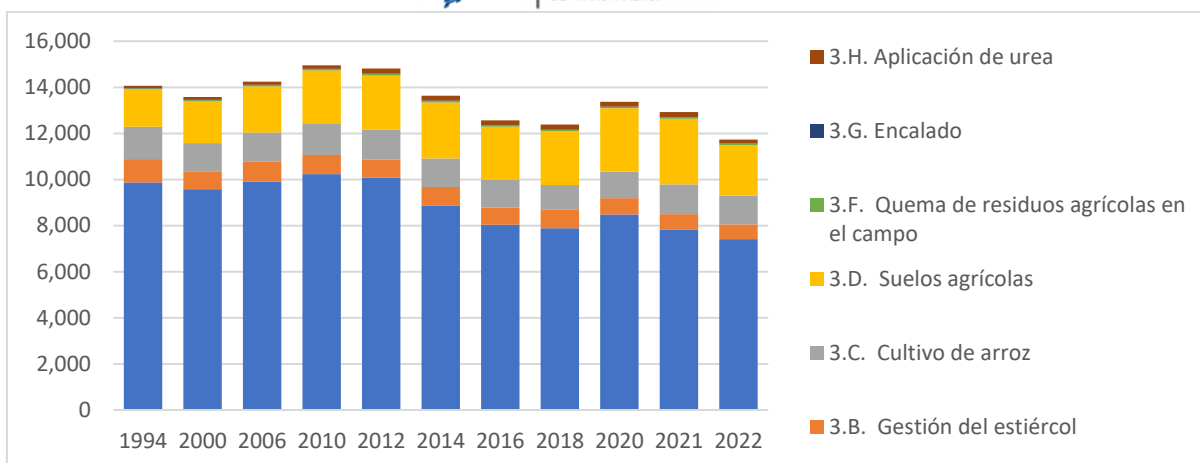
El promedio de participación porcentual del sector agricultura en el total del inventario nacional, durante todo el periodo analizado ronda se encuentra entre el 16% y 17%, con variaciones representativas hacia los últimos tres años en una tendencia decreciente llegando hasta cerca del 13%.

Tabla 124. Sector Agricultura: total de GEI por categoría (kt CO_{2-eq})

Categoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
3.A. Fermentación entérica	9.870,5	9.574,3	9.906,2	10.238,48	10.084,6	8.852,2	8.037,4	7.891,6	8.481,4	7.822,4	7.409,7
3.B. Gestión del estiércol	1.009,2	778,8	878,1	819,89	782,6	822,7	756,7	808,1	707,7	679,2	647,8
3.C. Cultivo de arroz	1.403,0	1.225,6	1.253,1	1.377,76	1.300,8	1.241,1	1.181,8	1.056,6	1.155,2	1.287,4	1.239,9
3.D. Suelos agrícolas	1.624,2	1.811,6	1.995,2	2.293,69	2.343,3	2.422,1	2.304,7	2.336,6	2.747,6	2.844,4	2.193,6
3.E. Quemadas prescritas de sabanas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	51,3	50,3	54,6	56,43	63,9	61,1	55,4	54,6	54,5	55,8	54,6
3.G. Encalado	11,6	12,5	13,5	16,28	19,2	21,0	20,4	21,4	18,9	21,4	23,8
3.H. Aplicación de urea	97,8	126,4	148,4	202,62	216,5	215,8	213,9	208,8	212,0	219,9	159,2
3.I. Otros fertilizantes que contienen carbono	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.J. Otro	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
TOTAL	14.067,6	13.579,6	14.249,1	15.005,16	14.810,9	13.635,9	12.570,3	12.377,8	13.377,3	12.930,6	11.728,6

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja **Table10s1** de los CRT.

Gráfico 34. Sector Agricultura: total de GEI por categoría o subcategoría (kt CO_{2-eq}), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

El promedio de la tasa de variación interanual del inventario del sector agricultura para todo el periodo 1994-2022 es de -1,6%, esto significa que cada año las emisiones han venido reduciéndose en poco más de punto y medio porcentual en promedio, dentro de ello las categorías que más han marcado la tendencia decreciente son las que tienen que ver con el ganado, mientras la categoría de uso de cal en cultivos muestra la tasa más alta de variación creciente promedio para el periodo.

La evolución del inventario sectorial de agricultura durante el periodo 1994-2022 muestra que las actividades vinculadas a las diferentes categorías de emisiones, son susceptibles de reflejar la incidencia de elementos multifactor que afectan al sector en sus varias dimensiones y en su conjunto, sin embargo en su gran mayoría las categorías mantienen un nivel de participación similar durante todo el periodo, sin mayor variación, destacando una leve tendencia a decrecer en participación por parte de las emisiones por fermentación entérica y así mismo un leve incremento en la evolución histórica del peso de las emisiones por suelos agrícolas.

En términos de participación de emisiones por tipo de gas, las emisiones de dióxido de carbono CO₂ al año 2022 representan un 1,6% del total (183,0 kt CO₂-eq) ligadas éstas a la aplicación de urea y cal a los suelos agrícolas, mientras que las emisiones de óxido nitroso N₂O llegan a un 21,5% del total de inventario (2.520,9 kt CO₂-eq) vinculadas mayormente a las aplicaciones de insumos nitrogenados a los cultivos y con el mayor peso se registran las emisiones de metano CH₄ con el 76,9% del total (9.025 kt CO₂-eq) que se relacionan a las emisiones relacionadas al ganado, fermentación entérica y manejo de estiércol.

Al 2022 la variación de emisiones por tipo de gas respecto del año base del periodo, esto es 1994 se registra cerca de un 67% de incremento en emisiones de fuentes de

CO₂, un 23% de incremento en emisiones de N₂O, mientras que en cuanto al CH₄ se registra una caída en emisiones durante el periodo que llega al -24%.

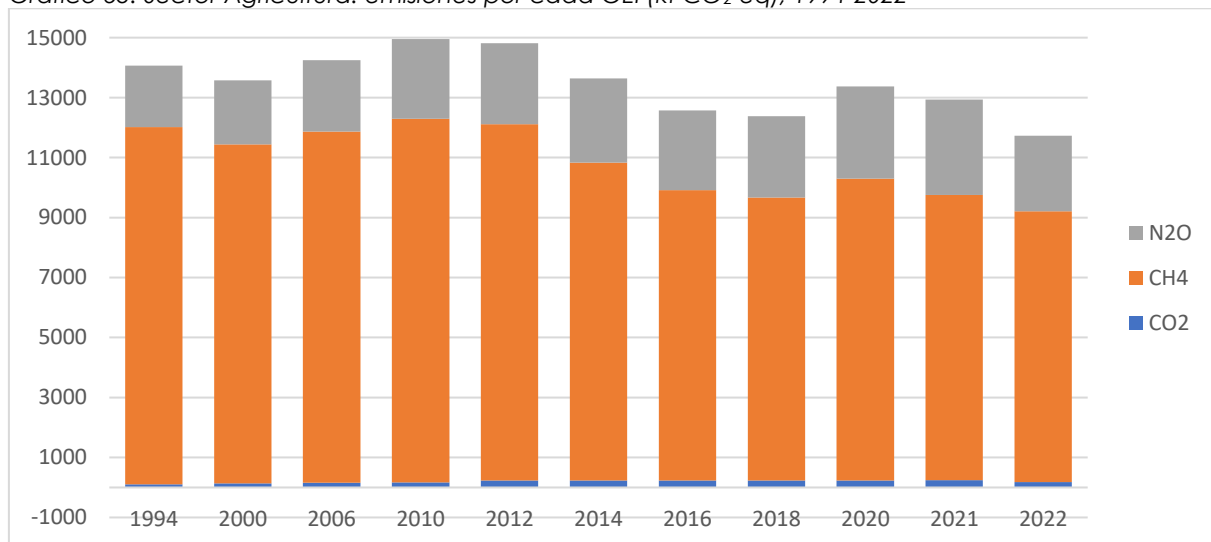
Comparando con el último año del inventario anterior reportado esto es el 2018, al 2022 se observa que las emisiones de emisiones de CO₂, cayeron un 21%, mientras que en cuanto al N₂O se observa también una caída del 7%, y en relación el CH₄ también se registra una caída que llega al 4%. Las variaciones interanuales más fuertes se dan del 2021 al 2022 por la caída fuerte en la importación de insumos agrícolas que incluyen fertilizantes nitrogenados cal entre otros.

Tabla 125. Sector Agricultura: emisiones por cada GEI (kt CO₂-eq)

GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CO ₂	109,4	138,9	161,9	218,9	235,8	236,8	234,3	230,3	230,8	241,3	183,0
CH ₄	11909,1	11297,1	11710,8	12130,5	11878,2	10598,6	9675,8	9435,1	10063,1	9512,4	9024,7
N ₂ O	2049,1	2143,6	2376,5	2655,8	2696,9	2800,5	2660,2	2712,4	3083,4	3176,9	2520,9
Total	14067,6	13579,6	14249,1	15005,2	14810,9	13635,9	12570,3	12377,8	13377,3	12930,6	11728,6

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 35. Sector Agricultura: emisiones por cada GEI (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Para las principales categorías consideradas en el sector se utilizaron las metodologías propuestas por las Directrices del IPCC de 2006 integrando los refinamientos del año 2019. Se aplicó el método Nivel 2 para las emisiones de CH₄ de la subcategoría Ganado bovino de la categoría Fermentación entérica usando factores de emisión país específico; en todas las otras especies de Las categorías fermentación entérica y manejo de estiércol se aplicó un método Nivel 1. Para todas las subcategorías de la categoría Suelos agrícolas se aplicó método Nivel 1.

En el caso de las categorías Encalado, Cultivo de arroz, Aplicación de urea y Quema de residuos agrícolas se aplicó un método Nivel 1 (utilizando en este último caso parámetros por defecto para biomasa disponible para combustible). Para mayor detalle de la información, se sugiere revisar las secciones específicas de cada categoría y subcategoría.

El recálculo del inventario para el sector agricultura, como se señala previamente, se realizó incorporando los aspectos metodológicos del refinamiento 2019 del IPCC, para casi todas las categorías del sector⁴, lo cual incluye consideraciones de parámetros intermedios de cálculo, criterios sobre uso de datos de actividad, factores de emisión y fórmulas de cálculo específicas.

Estos recálculos se hicieron para los años 1994, 2000, 2006, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 tomando en consideración también las mejoras en cuanto a datos de actividad y parámetros de cálculo incorporados para los inventarios más recientes, objeto de la presentación del actual reporte.

Los elementos específicos del recalcu para cada una de las categorías se detalla en su sección específica por separado.

5.2 Fermentación entérica (3A)

5.2.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Esta categoría considera las emisiones de metano procedentes de procesos digestivos, mayormente en animales de estómago compuesto (rumiantes, como es el caso de los bovinos y ovinos), aunque también se incluyen animales no rumiantes (p. ej. cerdos, caballos, etc.) que igualmente emiten CH₄. Pese a tener información de cantidad de aves en producción desagregada esta categoría no se calcula para fermentación entérica debido a que no están establecidos los factores de emisión unitarios de generación de emisiones de CH₄.

En la consideración nacional, las especies incorporadas son las siguientes:

- Ganado bovino (desagregado en ganado lechero, ganado no lechero y ganado en crecimiento)

⁴ De forma específica para la categoría 3C1 quema de biomasa agrícola, se ha considerado los valores por defecto para el parámetro de masa de combustible disponible para la combustión, debido a que los datos actuales no permiten la aplicación de la fórmula actualizada del refinamiento para este parámetro registrándose brechas en la tendencia histórica, en el caso de tubérculos y leguminosas se aplican parámetros propios basados en criterios de expertos y consideraciones de estudios aplicados a estos cultivos de forma específica bajo confirmación del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

- Búfalos
- Ovinos (ovejas)
- Caprinos (cabras)
- Camélidos (llamas y alpacas)
- Equinos (caballos)
- Mulas y asnos
- Porcinos

La tendencia observada respecto de la cantidad de cabezas de ganado en forma general, pero sobre todo y particularmente para la categoría de ganado bovino, muestra un decrecimiento especialmente en el último periodo de los años del 2018 al 2022, situación que pudiera guardar cierta relación, además de los factores de incidencia expuestos en la explicación general del sector, adicionalmente con factores de orden climático que afectan tanto a los pastos principal fuente de alimento del ganado, como a los procesos reproductivos del ganado en pie. Además de ello se ha considerado ciertas tendencias de mercado, entre éstas la reconversión del consumo de carne bovina por el consumo de otras carnes, como la aviar en ciertos segmentos poblacionales del país.

La contribución de emisiones de GEI por categoría estimada para el año 2022 refleja que la categoría Fermentación Entérica (3A) aporta con el 63,2% (7.409,73 kt CO₂-eq) del total de las emisiones del sector Agricultura. Las emisiones de esta categoría se han reducido en cerca del 25% respecto del año inicio del periodo (1994), en cambio respecto del último año reportado en el inventario previo (2018) la reducción es del 6% aproximadamente.

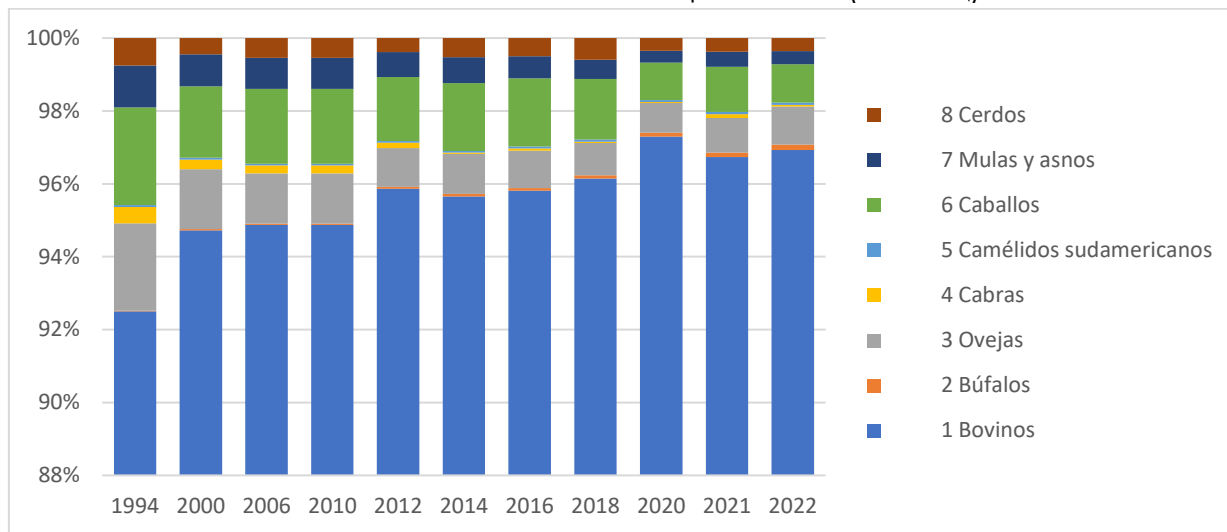
Dentro de la categoría el tipo de ganado más relevante en términos de emisiones es claramente el ganado bovino que representa el 97% del total para el año 2022, participación porcentual ésta que no varía significativamente durante todo el periodo. Cabe señalar además que adquiere especial relevancia dentro de la subcategoría bovinos, la población de ganado en crecimiento hasta los dos años, misma que cuenta con una población significativamente mayor al resto de clasificaciones en la subcategoría.

Tabla 126. Fermentación Entérica: total de GEI por subcategoría animal (kt CO₂-eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
1 Bovinos	9.129,94	9.069,44	9.397,99	9.397,99	9.667,33	8.467,87	7.700,45	7.587,12	8.252,36	7.566,81	7.182,09
2 Búfalos	1,88	2,68	3,91	3,91	5,50	5,81	6,20	7,31	8,56	9,97	11,06
3 Ovejas	236,88	157,84	136,25	136,25	107,48	97,54	82,56	69,85	69,51	74,04	77,27
4 Cabras	44,38	24,93	21,90	21,90	15,22	2,91	5,01	3,04	1,97	8,10	3,33
5 Camélidos sudam.	5,19	5,19	4,49	4,49	3,77	3,77	3,98	4,69	4,66	4,64	4,62
6 Caballos	264,10	187,23	203,18	203,18	177,37	165,13	150,12	131,28	86,98	96,86	78,33
7 Mulas y asnos	113,40	84,56	84,98	84,98	69,12	62,35	49,07	41,21	27,70	32,50	26,62
8 Cerdos	74,76	42,43	53,54	53,54	38,84	46,83	39,99	47,11	29,68	29,51	26,41
Total	9.870,53	9.574,29	9.906,24	9.906,24	10.084,65	8.852,22	8.037,37	7.891,62	8.481,42	7.822,42	7.409,73

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 36. Fermentación Entérica: total de GEI por fuente (kt CO₂-eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

El cálculo de las emisiones se basó en la multiplicación de los datos de actividad (cabezas de ganado), por el factor de emisión correspondiente. El proceso de cálculo en su generalidad implica obtener el producto entre el factor de emisión específico para cada subcategoría de ganado y el dato de actividad según la ecuación 10.19 del capítulo 10 de las Directrices IPCC 2006.

El IPCC en sus Directrices 2006/refinamiento 2019 provee los factores de emisión por default para todas las categorías de ganado especificando por región continental según promedios referenciales más cercanos a cada país localizado en dichas regiones, sin embargo, una vez identificada la posibilidad de elevar el nivel metodológico de cálculo a un Tier II se debe procesar los parámetros correspondientes para el cálculo de un factor de emisión propio para las categorías que así lo permiten.

La estimación de las emisiones de la categoría de "Fermentación entérica" depende de la disponibilidad de información, a partir de lo cual se definen los niveles de preparación del inventario para la categoría. A continuación, se realiza una breve descripción de los niveles de cálculo:

Nivel 1.- Es un método simple para el cual se requiere información básica sobre las poblaciones de ganado según el tipo, datos sobre la producción anual de leche y los pesos promedio del ganado vacuno, ovino y de camélidos sudamericanos

(alpacas y llamas), para la elección de los factores de emisión (FE) para cada categoría de ganado.

Nivel 2.- En adición a la información requerida en el nivel 1 es necesario contar con datos específicos como las subcategorías de ganado (vacunos lecheros de alto y bajo rendimiento destinados a la producción de carne, ovinos adultos destinados a la producción de leche, ovinos adultos destinados a la producción de carne, ovinos jóvenes, etc.), aumento o pérdida media de peso, contenido de grasas en leche, condiciones de alimentación (confinamiento, praderas, pastos), ingesta del ganado y digestibilidad de los alimentos para en función de ello poder calcular los factores de emisión propios para el país.

5.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

Considerando el método de cálculo seleccionado y las ecuaciones incluidas en éste, es necesario contar con toda la información que se detalla a continuación como dato de actividad:

Población anual del ganado según tipo y región. - Es necesario contar con información sobre la población anual nacional del siguiente tipo de ganado: vacas (lecheras y no lecheras), ovejas, cabras, chanchos, caballos, mulas, asnos, alpacas, llamas y aves de corral. Los datos de población pecuaria fueron obtenidos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), publicada por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, dado que esta fuente cumple todos los requerimientos de fuente estadística oficial nacional consistencia, cobertura, temporalidad, etc.

Cabe señalar que previamente a la elección de los datos de actividad finales para el cálculo se realiza un proceso de depuración bajo la contrastación de los datos ESPAC con otras fuentes disponibles, como es el dato de las estadísticas de FAO en el portal FAOSTAT y en mayor medida las estadísticas generadas por Agrocalidad, entidad adscrita al Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG, mismas que se basan en el programa de vacunación por fiebre aftosa a nivel nacional. El control por contrastación de tendencias se da comparando el dato ESPAC con las otras fuentes mencionadas atendiendo especialmente a las tasas de variación y proporciones por subcategoría; además se trabaja también revisando el nivel de correlación en la evolución de series de datos relativas a la producción de leche y carne, de los datos proporcionados por el Banco Central del Ecuador y algunos del

Servicio de Rentas Internas, como validación complementaria para identificar variaciones irregulares en el dato⁵.

Las fuentes de datos de actividad para los diferentes tipos de ganado a excepción de búfalos, camélidos y aves, se obtienen de la mencionada encuesta ESPAC del INEC, para los cuales el cálculo de población efectiva (involucrando el dato de días vivo del animal) está considerada de forma implícita considerando datos de existencias de forma específica. En tanto que, para las categorías de ganado avícola, el presente inventario toma datos de la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE), así como los parámetros de cálculo atados a la actividad productiva para el cálculo final de la población efectiva, considerando sus ciclos productivos anuales.

En categorías específicas como búfalos se utilizó el registro anual de vacunación por fiebre aftosa de Agrocalidad como fuente única y principal de datos en los que se aplicó una técnica de extrapolación desde el año 2016 hacia atrás para completar la serie histórica, en tanto para el ganado de camélidos sudamericanos se realizó la estimación de datos tomando como base el inventario anterior y los proyectos relacionados a esta categoría que registraban una contabilización de la población total, no existiendo aún la posibilidad de contar con registros o catastros actualizados de la especie.

Tabla 127 Fermentación Entérica: datos de actividad por fuente de GEI (cabezas de ganado)

Fermentación Entérica / Gestión del estiércol		1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
		Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas
GANADO BOVINO	Ganado Lechero	Sierra	574.415	626.104	594.479	702.076	674.077	630.176	570.270	522.644	616.168	545.149
		Costa	263.585	241.692	272.792	271.019	280.035	280.964	271.362	262.263	291.375	226.251
		Amazonia	119.692	103.240	123.873	115.767	99.199	68.709	54.537	47.621	54.977	43.664
	No Lechero Toros	Sierra	334.787	254.083	215.034	199.819	176.889	179.617	149.945	153.766	179.622	159.223
		Costa	111.373	109.984	71.535	86.495	73.963	85.071	68.067	73.566	106.116	74.163
		Amazonia	98.924	67.666	63.539	53.215	49.693	38.933	25.917	28.493	39.109	29.866
	No Lechero Vacas	Sierra	333.822	311.611	376.913	326.517	374.957	323.096	253.038	250.721	258.774	277.351
		Costa	410.143	468.269	463.086	490.669	417.291	392.883	374.969	401.964	426.123	382.587
		Amazonia	100.534	115.162	113.512	120.671	150.135	70.591	70.415	74.474	94.501	79.622
	No Lechero En crecimiento	Sierra	1.177.840	1.218.490	1.304.372	1.408.615	1.425.252	1.212.212	1.068.890	1.036.600	1.074.849	1.110.233
		Costa	975.655	957.121	1.080.467	1.106.464	1.129.033	1.019.541	1.019.541	984.149	964.542	898.303
		Amazonia	320.608	321.971	355.050	372.209	385.027	240.621	200.359	220.534	229.767	208.866
OTROS TIPOS DE GANADO	Búfalo		989	1.406	2.051	2.606	2.891	3.049	3.254	3.839	4.496	5.237
	Ovejas		1.692.000	1.127.407	973.223	792.497	767.730	696.732	589.698	498.952	496.535	528.828
	Cabras		317.000	178.105	156.422	134.824	108.714	20.793	35.761	21.745	14.092	57.849
	Camélidos sudamericanos		23.177	23.177	20.043	16.852	16.852	17.757	20.950	20.782	20.699	20.616
	Caballos		524.000	371.480	403.144	367.248	351.931	327.646	297.861	260.479	172.574	192.187
	Mulas y Asnos		405.000	301.995	303.509	264.405	246.858	222.684	175.262	147.169	98.939	116.083
	Cerdos		2.670.000	1.515.276	1.912.048	1.489.761	1.387.203	1.672.627	1.428.161	1.682.662	1.059.842	1.053.923
	Aves de engorde		17.481.848	19.990.113	22.858.259	24.944.905	26.033.770	27.170.165	28.356.164	30.205.479	32.424.658	31.438.356
	Ponedoras		9.486.897	10.284.930	11.150.093	11.758.331	12.070.525	12.391.008	12.720.000	13.510.000	12.690.000	12.840.000
	Palos		308.163	400.030	513.644	553.006	576.346	105.675	524.518	70.292	458.276	554.094
	Pavos		266.839	117.040	196.165	287.080	78.858	446.359	280.846	198.717	179.336	311.844

⁵ Estas validaciones permiten identificar brechas e incoherencias en la evolución estadística del dato central.

TOTALES	37.997.291	39.106.351	43.523.253	45.865.051	46.877.228	47.616.002	48.556.594	50.677.079	51.955.453	51.186.029	52.702.878

Fuente: ESPAC -- INEC

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para todas las categorías de ganado no bovino, se utilizaron los factores de emisión por defecto proporcionados por las guías IPCC 2006 – refinamiento 2019, bajo consideraciones integradas con parámetros como por ejemplo el peso vivo del animal y el nivel de productividad, ajustando a los mismos a las circunstancias nacionales, según características de los sistemas productivos pecuarios.

La metodología TIER II utilizada con bovinos está basada en factores de emisión propios por región climática, para lo cual se aprovechó la información desagregada del levantamiento de datos específicos por subcategoría de ganado bovino que realizó el proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente (GCI) de MAATE/MAG/FAO. Así se procesó dicha información de manera desagregada (región, tipo de bovino, modo productivo) para posteriormente calcular el factor de emisión país para ganado bovino, siendo éste el grupo principal de generación de emisiones de todo el sector agricultura. Se alcanza así el TIER II en la categoría bovinos en cuanto a emisiones de Fermentación Entérica.

El proyecto GCI de MAATE/MAG/FAO proporcionó los parámetros principales para el cálculo de todos los tipos de energía incluidos en el parámetro resultado de ingesta de energía bruta, la línea base levantada en campo, como ya está señalado, integra estadísticas por región, categoría y subcategoría de ganado bovino, método de producción, y producto final, para el levantamiento de datos. Para obtener esta información se desarrolló una encuesta digital en la plataforma Open Data Kit (ODK), la cual fue piloteada en las tres regiones del territorio continental. El cálculo de los factores de emisión propios fue realizado mediante una exhaustiva revisión de aplicabilidad de cada uno de estos parámetros a un nivel desagregado según los parámetros antes señalados. Posteriormente en las sesiones de trabajo conjunto con los especialistas del proyecto y funcionarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG, se compararon los resultados obtenidos por el cálculo realizado por el equipo INGEI vs los resultados obtenidos la versión en Excel del Modelo Global de Evaluación Ambiental de la Ganadería (GLEAM-i, por sus siglas en inglés), que posteriormente se ajustaron y migraron a lenguaje de programación R.

El detalle pormenorizado de variables usadas y procesos de cálculo se desarrollan en el anexo técnico correspondiente de este sector adjunto al presente documento. A partir de este proceso se obtienen los resultados de factores de

emisión, mismos que fueron sometidos también al escrutinio de especialistas integrantes de la mesa de análisis sectorial que colaboraron con el equipo del proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente GCI de MAATE/MAG/FAO.

Para entender mejor los resultados del factor de emisión propio, se puede señalar que las características de digestibilidad de los diferentes tipos de bovinos se centran en un intervalo entre los 54,5% y 55,5% mayormente con variaciones muy leves del promedio entre regiones e incluso entre sistemas productivos caracterizados, la dieta de los animales incluye forraje de mala calidad mayormente, sistemas de crianza semi-estabulados en algunos casos mejoran ese tipo de dieta, pero no son muy extendidos. El pasto más consumido es el Ray Grass y se estima que el consumo diario está entre 16 a 18 kg por cabeza.

Es necesario adaptar los resultados a la división por categorías planteadas en el inventario y su serie histórica, si se observa que difieren las categorizaciones del proyecto GCI con las divisiones del inventario es primordial hallar un método de integración de los resultados obtenidos a ese nivel más desagregado para poder utilizarlos en el inventario.

Tabla 128. Fermentación Entérica: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Categoría de Ganado		Factor de Emisión para Fermentación Entérica
		(kg cabeza-1 año-1)
		Tablas 10.10 y 10.11
T		EF _(T)
Ganado Lechero	Sierra	86,40
	Costa	107,26
	Amazonia	104,31
No LecheroToros	Sierra	72,77
	Costa	101,73
	Amazonia	83,49
No Lechero Vacas	Sierra	68,64
	Costa	95,17
	Amazonia	91,43
No Lechero En crecimiento	Sierra	40,73
	Costa	55,00
	Amazonia	59,14
Búfalos		68
Ovejas		5
Cabras		5
Camélidos sudamericanos		8
Caballos		18
Mulas & Asnos		10
Cerdos		1
Aves de engorde		NA
Ponedoras		NA
Patos		NA
Pavos		NA

Fuente: base de datos proyecto GCI; Guías IPCC 2006 ref 2019

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

En el proceso como tal se procedió al cálculo de los diferentes parámetros usados en la determinación de la ingesta de energía bruta como variable base previa al cálculo del factor de emisión, se trata de 5 diferentes parámetros de energía, 2 parámetros de relación energética disponible y la ingesta de energía bruta; el factor de emisión obtenido a partir de este proceso se obtiene para cada subcategoría de ganado, según región, tipo de producción, edad, producto leche o carne.

Cabe destacar que inicialmente se consideró obtener los factores de conversión de metano (Y_m) en base a la información levantada en campo, en base al Modelo Global de Evaluación Ambiental de la Ganadería (GLEAM-i, por sus siglas en inglés) de FAO, sin embargo posteriores consideraciones bajo criterio de expertos, derivaron en la utilización de los factores de conversión proporcionados por las directrices IPCC 2006 debido a la posibilidad de sobreestimación en los cálculos nacionales para Y_m , al integrar de igual manera niveles de incertidumbre muy altos. Por tanto, se decidió considerar los factores de conversión de metano Y_m por defecto que proporciona el IPCC en la tabla 10.12 del capítulo 10 de los refinamientos 2019, esto adaptando la información de los modos de producción⁶ y dietas asociadas que se registran en los datos base para el cálculo del factor, mismos que provienen del proyecto GCI como ya está señalado.

A partir del cálculo de las ecuaciones 10.16 con relación a la ingesta de energía bruta y 10.21 para la obtención final del factor de emisión propio, se obtiene un factor propio para cada subcategoría y por cada una de las regiones discretizadas en la división de los datos de actividad.

Para el proceso ulterior para la obtención del dato final del factor de emisión, se toman primero los datos de cabezas de ganado proyectados a nivel nacional, desde el registro del proyecto GCI, mismo que se desagrega por región, tipo de bovino y modo de producción y de acuerdo con los factores de emisión individuales obtenidos se hace el cálculo de emisiones generadas de acuerdo con esa misma desagregación. Posteriormente las emisiones resultado en primera instancia se agregan por región, y tipo de bovino únicamente, al igual que la población de ganado por cada grupo, para finalmente, dividir esos agregados de emisiones para las poblaciones por grupo obteniendo así el factor de emisión correspondiente a cada tipo de ganado bovino por región, llevando implícito en el ejercicio un promedio ponderado exacto.

⁶ Con este fin se consideran los modos de producción marginal, mercantil, empresarial y combinado para cada región y subcategoría de ganado bovino, asignándole el dato más alto de Y_m al modo marginal debido a sus condiciones menos óptimas de alimentación.

5.2.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se consideran elementos de flexibilidad aplicados en esta categoría ya que se reportan las emisiones correspondientes a todas las fuentes registradas en el país y detalladas en las guías IPCC para cada uno de los años de reporte preestablecidos en los inventarios.

5.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Las series cronológicas de emisiones de la categoría de ganado siguen de manera directamente proporcional, la evolución de los datos de actividad de los diferentes tipos de ganado, mismos que responden principalmente a variables como la producción de carne y leche, rendimientos de mercado, etc. Pero también están influenciadas por fenómenos adicionales de mercado como recambio de preferencias, comercio exterior, acceso a la industria, cambio de uso de tierra, fenómenos naturales y repercusiones del cambio climático, e incluso aspectos de seguridad vinculados al abigeato.

En la etapa previa de depuración y análisis de datos de actividad se realizaron evaluaciones de correlación de éstos con las tendencias de algunos de los indicadores referenciales mencionados, así como también la contrastación con los periodos de incidencia de los fenómenos exógenos a la actividad productiva.

En cuanto a la evaluación de incertidumbre, se utilizan mayormente los datos recomendados por las guías IPCC 2006 refinamiento 2019, correspondientes sobre todo a factores de emisión y parámetros complementarios de cálculo. En el caso de los datos de actividad se revisan las recomendaciones de niveles de confianza y cobertura nacional de las fuentes consideradas como proveedoras, en el caso de la categoría de ganado es la ESPAC del INEC, y CONAVE principalmente.

Esta evaluación se efectúa de forma práctica utilizando la herramienta 2006 IPCC refinamiento 2019 que integra las respectivas fórmulas de cálculo para la incertidumbre sectorial en la tendencia. Dicha evaluación arroja como resultado que la categoría de ganado presenta una incertidumbre agregada de 26,4%, y una incertidumbre de la tendencia (periodo 1994-2022) de 28,4%, lo cual vendría a ser considerado como una incertidumbre media-baja.

5.2.5 AC/CC de la categoría

Como parte de los procesos de control y aseguramiento de la calidad, en la fase previa a la utilización de los datos de actividad se realiza una depuración de la información base y una revisión de la evolución del dato, esto en base a un análisis de contraste entre diferentes fuentes de información complementarias y con otros indicadores referenciales, de esta forma se realiza el aseguramiento de la consistencia de la información base y su pertinencia para el cálculo. El análisis se basa sobre todo en el contraste de tendencias, proporcionalidad y coherencia coyuntural del dato.

El proceso de construcción de los inventarios para la categoría ganado también ha contemplado la realización de un taller sectorial de validación del dato, las fuentes y las tendencias en las diferentes subcategorías; el mismo arrojó también insumos interesantes para la mejora del proceso de cálculo y el uso correcto de los datos de actividad, se desarrolló en las fases iniciales de construcción del inventario.

De forma continua, el equipo de cálculo de los inventarios también ha mantenido consultas e intercambios directos de criterios técnicos de aplicación con expertos de los ministerios rectores del sector, en este caso el MAG, así como también representantes de la academia, y los proyectos y entidades relacionadas a actividades involucradas en el sector y que son al mismo tiempo generadoras y gestoras de insumos de información valiosa. De forma concreta se han trabajado temas de definición de parámetros de días vivo del animal y categorizaciones por sistemas productivos con la asociación de ganaderos, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y técnicos del proyecto GCI.

Entre las dependencias más importantes con las cuales se tomó contacto para consultar, validar, contrastar información y construir criterios están las siguientes:

- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de innovación
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de producción pecuaria
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Direcciones regionales de Chimborazo, Cotopaxi y Litoral
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, Dirección de datos agrícolas y Ambientales
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP
- Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador – CONAVE
- Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente
- FAO, Oficina Ecuador; Proyecto GCI
- Proyecto Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático PLANMICC

Adicionalmente, las diferentes etapas de formulación de los inventarios fueron sometidas a validación y verificación continua por parte de los técnicos

especialistas del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), quienes supervisaron la implementación de metodologías, criterios y sus respectivos resultados.

Finalmente en el proceso de garantía de la calidad, los resultados del inventario y su procedimiento de cálculo cursaron por un proceso de revisión por pares o de simulación técnica de expertos, bajo la contratación de consultores especialistas externos contratados por el MAATE con el apoyo brindado por el Programa CBIT-GSP, proceso mediante el cual se realizaron jornadas de análisis sectoriales separados, en las que se hicieron revisiones a profundidad y se consideraron recomendaciones para la mejora de los cálculos y su presentación, mismas que en su gran mayoría fueron ya incorporadas en el presente reporte.

5.2.6 Nuevos cálculos de la categoría

Entre las principales razones de la diferencia en la actualización de los datos de la categoría radican principalmente en la aplicación de los refinamientos 2019 a la metodología IPCC 2006 con la que se calcularon los inventarios precedentes hasta el año 2018. Bajo ésta se actualizaron algunos factores de emisión por defecto y parámetros como la masa típica del animal para el cálculo del factor de emisión propio en bovinos. Así mismo se utilizó el factor de conversión de metano por defecto proporcionado por el IPCC en este cálculo.

De forma adicional una mejora implementada que incide en la diferencia de los resultados del recálculo de los inventarios se centra en la desagregación del dato de actividad de actividad de los bovinos por región, lo cual también deriva en un cálculo de factor de emisión propio por región; complementariamente como factor diferencial esta la utilización del parámetro actualizado del potencial de calentamiento global GWP del informe AR5.

Es importante acotar también en este sentido que el reporte incluido en la Cuarta Comunicación Nacional había efectuado un ajuste importante a la serie histórica de los datos de actividad de algunos tipos de ganado, principalmente bovinos, dado que la entidad generadora del dato (INEC) incorporó un cambio metodológico en el marco muestral de la encuesta ESPAC para el periodo 2014-2018, que afectaba directamente la evolución de emisiones en dicho periodo. Para el presente reporte y con el fin de asegurar transparencia futura, se decidió desestimar dicho ajuste histórico previamente presentado en los datos de actividad y utilizar los datos originales de la fuente, entendiendo que finalmente se realizó correcciones únicamente a los datos de cultivos y no a los de ganado, manteniendo dicha tendencia, observando a su vez que la tendencia estadística

se corrige ya al año 2020 mostrando variaciones más estables de ahí en adelante, en relación al periodo de reporte más reciente. Esta decisión fue consultada también con el INEC y plasmada con el fin de corroborar fácilmente el origen del dato a posteriori. Esta consideración de desistimiento de ajuste previo incide también significativamente en la diferencia plasmada en los recálculos, sobre todo en el periodo 2014-2018.

Tabla 129. Fermentación Entérica: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018
INGEI actual	9.870,5	9.574,3	9.906,2	9.906,2	10.084,6	8.852,2	8.037,4	7.891,6
INGEI previo	9.691,74	9.454,12	9.795,32	10.142,40	10.147,97	10.105,63	9.788,88	9.572,64
Diferencia	-178,8	-120,2	-110,9	236,2	63,3	1.253,4	1.751,5	1.681,0
Diferencia %	1,84%	1,27%	1,13%	-2,33%	-0,62%	-12,40%	-17,89%	-17,56%

Fuente: con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.2.7 Mejoras planificadas para la categoría

Como parte de las mejoras identificadas para esta categoría, a ser consideradas y/o implementadas en los próximos inventarios nacionales se detallan las siguientes:

- Actualización periódica de los parámetros de cálculo para el factor de emisión propio, en la categoría de fermentación entérica para el ganado bovino, con discretización regional y diferenciación complementaria por subcategorías de bovinos.
- Fortalecimiento, actualización y mejora del dato de población de los camélidos sudamericanos, con carácter nacional; incluyendo además los parámetros complementarios descriptivos como peso vivo.
- Levantamiento y obtención de parámetros específicos que permitan, en un futuro, el cálculo de un factor de emisión propio para el ganado porcino en la categoría de fermentación entérica.
- Actualización y mejora sobre la información de las proporciones de manejo de estiércol por región diferenciada (pisos climáticos u otra variable de referencia) para todos los tipos de ganado, priorizando el ganado bovino, porcino y avícola.

5.3 Gestión del estiércol (3B)

5.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La subcategoría de Manejo de estiércol sigue una dinámica parecida a la de Fermentación entérica dado que basa sus datos de actividad principalmente en el dato de cabezas de ganado, en tanto las consideraciones de fracción de excreción y métodos de manejo tienen una implicancia directa para especificar la

incidencia de las emisiones, tanto en relación con las emisiones de metano y óxido nítrico generadas por los procesos de descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas.

Las emisiones de óxido nítrico consideran los sistemas de manejo de estiércol del almacenamiento sólido y parcelas secas, de sistemas líquidos y otros sistemas de manejo de estiércol para las distintas categorías de animales. Aquellas correspondientes a las excretas procedentes del pastoreo directo son consideradas en la categoría de "Suelos agrícolas". Por su parte, las emisiones de metano consideradas en esta categoría, son aquellas generadas durante la descomposición anaeróbica del estiércol almacenado o tratado.

Dentro de esta categoría las emisiones de metano tienen un peso más significativo dentro del total y en cuanto a la subdivisión de emisiones directas e indirectas de óxido nítrico las primeras representan cerca de 4 veces más que las segundas mencionadas relacionadas a la volatilización del estiércol.

La subcategoría Gestión del estiércol (3B) contribuye con el 5,5% (647,77 kt CO₂-eq) de las emisiones totales del sector agricultura para el año 2022.

En cuanto al total de emisiones por gestión del estiércol se observa que se produce un decrecimiento de cerca de -36% en el total del periodo al pasar de 1009,15 kt de CO₂-eq en 1994 a 647,77 kt de CO₂-eq en 2022, mayormente relacionado esto con un decrecimiento de emisiones en categorías de animales no bovinos principalmente (especialmente la disminución en los datos de actividad), esta tendencia refleja en gran medida lo que sucede con la categoría de cerdos en mayor medida que es la más representativa en emisiones totales (directas e indirectas) para gestión de estiércol, lo cual indica una deficiencia importante en la gestión de este tipo de animal y las condiciones de su crianza al ser mayormente producido en pequeñas parcelas por agricultores poco capacitados e incluso en algunos casos dentro o cerca de zonas pobladas.

Las emisiones de metano por manejo de estiércol representan un 57% del total de emisiones de esta categoría, en tanto las emisiones de óxido nítrico tienen un peso relativo del 43% restante, los resultados están expresados en términos de CO₂-eq para el año 2022, así mismo dentro de las emisiones de óxido nítrico, aquellas que se dan de forma indirecta representan una tercera parte del total en esta subcategoría.

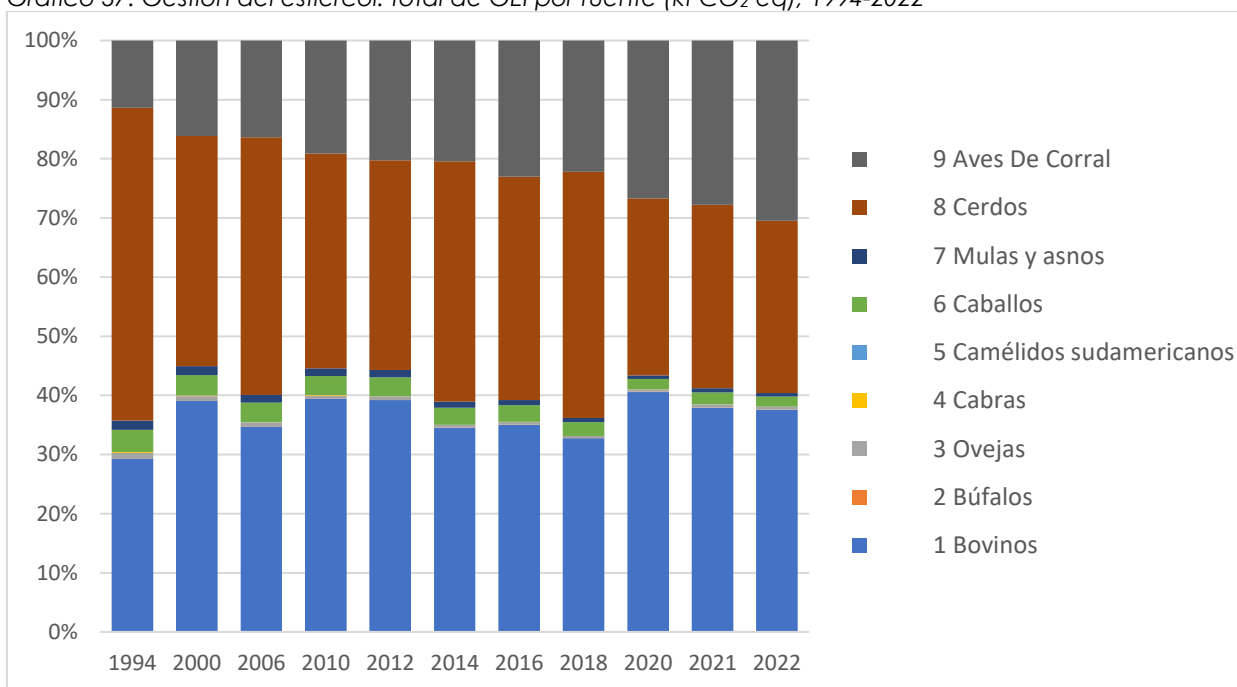
Los tipos de ganado que más emisiones generan en esta categoría son los bovinos (38%), aves de corral (30%) y porcinos (29%), en orden de importancia.

Tabla 130. Gestión del estiércol: total de GEI por subcategoría animal (kt CO₂ eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
1 Bovinos	295,82	303,98	304,83	323,13	306,62	283,91	264,83	264,61	287,20	257,64	243,01
2 Búfalos	0,05	0,08	0,11	0,14	0,16	0,16	0,18	0,21	0,24	0,28	0,31
3 Ovejas	9,54	6,36	5,49	4,47	4,33	3,93	3,32	2,81	2,80	2,98	3,11
4 Cabras	1,57	0,88	0,78	0,67	0,54	0,10	0,18	0,11	0,07	0,29	0,12
5 Camélidos sudamericanos	0,35	0,35	0,30	0,25	0,25	0,25	0,27	0,31	0,31	0,31	0,31
6 Caballos	37,38	26,50	28,76	26,20	25,11	23,37	21,25	18,58	12,31	13,71	11,09
7 Mulas y asnos	15,78	11,77	11,83	10,30	9,62	8,68	6,83	5,73	3,86	4,52	3,71
8 Cerdos	533,97	303,04	382,39	297,94	277,43	334,51	285,62	336,52	211,96	210,77	188,64
9 Aves De Corral	114,68	125,89	143,65	156,79	158,52	167,76	174,25	179,23	188,97	188,73	197,48
Total	1.009,15	778,84	878,13	819,89	782,57	822,68	756,72	808,11	707,71	679,24	647,77

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 37. Gestión del estiércol: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para estimar las emisiones por Gestión del estiércol se calcularon los valores en función del tipo de ganado: búfalos, ovejas, cabras, camélidos sudamericanos, caballos, mulas y asnos, cerdos, aves de engorde, patos, pavos, ponedoras y ganado vacuno en función de los siguientes tipos: lechero, no lechero toros, no lechero vacas, no lechero en crecimiento. Además, se tomó en consideración la región climática identificada para Ecuador: frío, templado y cálido tomando en consideración especificaciones del IPCC 2006 refinamientos 2019; los valores se multiplicaron por el factor de emisión más actualizado, y se obtiene el valor en kt CH₄/año.

En función de los tipos de manejo de estiércol identificados en las prácticas pecuarias del país:

- Sistemas de Tipo Líquido-
- Almacenamiento de sólidos y parcelas secas-
- Abonado diario
- Praderas y pastizales
- Otros sistemas

Se multiplicó por el factor de emisión (IPCC 2006 refinamientos 2019) según cada tipo de sistema y la fracción de gestión de estiércol correspondiente a cada tipo de ganado.

Las emisiones de Manejo de estiércol se encuentran agrupadas en las siguientes subcategorías según dato de actividad disponible en serie histórica:

- Ganado vacuno (desagregado en ganado lechero, ganado no lechero y Ganado en crecimiento)
- Búfalos
- Ovinos (ovejas)
- Caprinos (cabras)
- Camélidos sudamericanos (llamas y alpacas)
- Equinos (caballos)
- Mulas y asnos, y;
- Porcinos
- Aves (desagregado en aves de corral, ponedoras, pavos, patos)

5.3.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad usados para los cálculos de emisiones por Gestión de estiércol son básicamente el número de cabezas para los tipos de ganado disponible, mismos que son usados también para el cálculo de emisiones en Fermentación entérica, estos datos se desagregan para esta edición del reporte por región en el caso de los bovinos debido a que para estas subcategorías se dispone también de datos de parámetros complementarios del cálculo como las proporciones por sistema de manejo. Para esta subcategoría se considera también la información de número de aves que no fue integrada en el cálculo de emisiones por fermentación entérica debido a que no se cuenta con factor de emisión por defecto ni propio del país.

Tabla 131. Gestión del estiércol: datos de actividad por fuente de GEI (cabezas de ganado)

Fermentación Entérica / Gestión del estiércol		1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
		Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas	Cabezas
GANADO BOVINO	Ganado Lechero	Sierra	574.415	626.104	594.479	702.076	674.077	630.176	570.270	522.644	616.168	545.149
		Costa	263.585	241.692	272.792	271.019	280.035	280.964	271.362	262.263	291.375	226.251
		Amazonia	119.692	103.240	123.873	115.767	99.199	68.709	54.537	47.621	54.977	43.664
	No Lechero Toros	Sierra	334.787	254.083	215.034	199.819	176.889	179.617	149.945	153.766	179.622	157.757
		Costa	111.373	109.984	71.535	86.495	73.963	85.071	68.067	73.566	106.116	71.653
		Amazonia	98.924	67.666	63.539	53.215	49.693	38.933	25.917	28.493	39.109	29.866
	No Lechero Vacas	Sierra	333.822	311.611	376.913	326.517	374.957	323.096	253.038	250.721	258.774	273.817
		Costa	410.143	468.269	463.086	490.669	417.291	392.883	374.969	401.964	426.123	382.587
		Amazonia	100.534	115.162	113.512	120.671	150.135	70.591	70.415	74.474	94.501	79.622
	No Lechero En crecimiento	Sierra	1.177.840	1.218.490	1.304.372	1.408.615	1.425.252	1.212.212	1.068.890	1.036.600	1.074.849	1.110.233
		Costa	975.655	957.121	1.080.467	1.106.464	1.129.033	1.019.541	1.019.541	984.149	964.542	898.303
		Amazonia	320.608	321.971	355.050	372.209	385.027	240.621	200.359	220.534	229.767	208.866
OTROS TIPOS DE GANADO	Búfalo		989	1.406	2.051	2.606	2.891	3.049	3.254	3.839	4.496	5.237
	Ovejas		1.692.000	1.127.407	973.223	792.497	767.730	696.732	589.698	498.952	496.535	528.828
	Cabras		317.000	178.105	156.422	134.824	108.714	20.793	35.761	21.745	14.092	57.849
	Camélidos sudamericanos		23.177	23.177	20.043	16.852	16.852	16.852	17.757	20.950	20.782	20.699
	Caballos		524.000	371.480	403.144	367.248	351.931	327.646	297.861	260.479	172.574	192.187
	Mulas y Asnos		405.000	301.995	303.509	264.405	246.858	222.684	175.262	147.169	98.939	116.083
	Cerdos		2.670.000	1.515.276	1.912.048	1.489.761	1.387.203	1.672.627	1.428.161	1.682.662	1.059.842	1.053.923
	Aves de engorde		17.481.848	19.990.113	22.858.259	24.944.905	26.033.770	27.170.165	28.356.164	30.205.479	32.424.658	31.438.356
	Ponedoras		9.486.897	10.284.930	11.150.093	11.758.331	12.070.525	12.391.008	12.720.000	13.510.000	12.690.000	12.840.000
	Palos		308.163	400.030	513.644	553.006	576.346	105.675	524.518	70.292	458.276	554.094
	Pavos		266.839	117.040	196.165	287.080	78.858	446.359	280.846	198.717	179.336	311.844
	TOTALES		37.997.291	39.106.351	43.523.253	45.865.051	46.877.228	47.616.002	48.556.594	50.677.079	51.955.453	51.186.029

Fuente: ESPAC – INEC; Agrocalidad – MAG, CONAVE, MAATE

Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

5.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

En relación con la proporcionalidad de los diferentes sistemas de manejo de estiércol, los mismos se determinan, en el caso del ganado bovino específicamente, también desde la base de datos levantada por el Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente, quienes registran datos específicos país a nivel nacional discretizados por tipo de subcategoría de bovinos, región e inclusive modo de producción (marginal, mercantil, empresarial, combinado), razón por la que para la definición de la proporción del tipo de sistema de gestión por cada una de las subcategorías de bovinos se realiza un promedio ponderado (según poblaciones correspondientes) por los 4 modos de producción registrados por tipo de ganado y región. En tanto que para el resto de tipos de ganado no bovino, se toman en cuenta las proporciones por defecto que señalan las guías IPCC, dado que no se cuentan con datos nacionales específicos de manejo de estiércol para dichos tipos.

Los parámetros de masa típica del animal, en el caso de bovinos fueron tomados también de los registros nacionales del proyecto GCI que se diferencian por región y tipo de forma específica, en tanto que para el resto de tipos de ganado no

bovino se consideran los datos por defecto proporcionados por las Guías IPCC; así también todos los parámetros de ratios de excreción corresponden a valores por defecto diferenciados por tipo de ganado.

En cuanto al ratio de excreción de nitrógeno se han tomado los datos por defecto según categoría de la tabla 10.19 de las directrices IPCC capítulo 10, según modo de producción por región. Los factores de emisión en tanto consideran las zonas climáticas de las categorías de ganado según la región de ubicación en el caso de los bovinos, templado para la sierra y cálido mojado y cálido tropical para costa y amazonia respectivamente.

Tabla 132. Gestión del estiércol: Fracción de estiércol por tipo de manejo y factores de emisión de metano aplicados por fuente de GEI

Ecuación		Ecuación 10.22A			Fracción del total anual de manejo de estiércol por tipo de sistema y tipo de ganado: ANIMAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM (AWMS)						Factor de Emisión de Metano por tipo de sistema de manejo y tipo de ganado (FE)					
Categoría de Ganado	Excreción anual por cabeza VS ratio	Masa típica del animal	Excreción anual por cabeza VS													
	(kg cabeza-1 año-1) (KG VS)	Kg	(kg cabeza-1 año-1)	Sistema manejo estiércol: Almacena je de sólidos	Sistema manejo estiércol: Compostaje	Sistema manejo estiércol: Distribución diaria en pasturas	Sistema manejo estiércol: Líquido/fango	Otros Sistemas de Manejo	Sistema manejo estiércol : Pasturas, sin manejo	Sistema manejo estiércol: Almacena je de sólidos	Sistema manejo estiércol: Compostaje	Sistema manejo estiércol: Distribución diaria en pasturas	Sistema manejo estiércol: Líquido/fango	Otros	Sistema manejo estiércol : Pasturas , sin manejo	
	Tabla 10.13	Tabla 10A.5		Tablas 10A.6 a 10A.9						Tabla 10.14 - 10.15						
	T	VS _(T,p) ratio	TAM _(T,p)	VS _(T,p)	%	%	%	%	%	%	EF _(T)	EF _(T)	EF _(T)	EF _(T)	EF _(T)	EF _(T)
Ganado Lechero	Sierra	7,90	419,01	1.208,22	0,635	7,841	12,652	0,026	4,445	74,402	1,700	1,700	0,100	22,600	0,900	0,600
	Costa	7,10	605,43	1.568,98	0,032	0,039	6,208	0,649	0,313	92,759	4,400	4,400	0,900	63,600	1,700	0,600
	Amazonia	8,60	425,23	1.334,80	0,096	0,038	0,000	0,000	0,000	99,865	4,400	4,400	0,900	63,600	1,700	0,600
No Lechero Toros	Sierra	7,90	513,28	1.480,05	0,000	4,815	0,122	0,000	0,000	95,063	1,700	1,700	0,100	22,600	0,900	0,600
	Costa	7,10	535,62	1.388,05	0,000	0,036	0,571	8,333	0,000	91,060	4,400	4,400	0,900	66,200	1,700	0,600
	Amazonia	8,60	460,04	1.444,06	0,000	0,000	2,174	0,000	0,000	97,826	4,400	4,400	0,900	63,600	1,700	0,600
No Lechero Vacas	Sierra	7,90	375,72	1.083,39	0,000	4,815	0,122	0,000	0,000	95,063	1,700	1,700	0,100	22,600	0,900	0,600
	Costa	7,10	430,61	1.115,92	0,000	0,036	0,571	8,333	0,000	91,060	4,400	4,400	0,900	66,200	1,700	0,600
	Amazonia	8,60	427,92	1.343,25	0,000	0,000	2,174	0,000	0,000	97,826	4,400	4,400	0,900	63,600	1,700	0,600
No Lechero En crecimiento	Sierra	7,90	165,50	477,22	0,000	4,815	0,122	0,000	0,000	95,063	1,700	1,700	0,100	22,600	0,900	0,600
	Costa	7,10	174,43	452,03	0,000	0,036	0,571	8,333	0,000	91,060	4,400	4,400	0,900	66,200	1,700	0,600
	Amazonia	8,60	174,59	548,03	0,000	0,000	2,174	0,000	0,000	97,826	4,400	4,400	0,900	63,600	1,700	0,600
Búfalos		11,20	315,00	1.287,72	2,0	0,000	0,000	0,000	5,0	93,00	4,400	4,400	0,900	66,200	1,700	0,600
Ovejas		8,30	31,00	93,91	17,0	3,0	0,000	0,000	0,000	80,00	1,7	1,7	1,7	1,7	0,900	0,600
Cabras		10,40	24,00	91,10	17,0	3,0	0,000	0,000	0,000	80,00	1,7	1,7	1,7	1,7	0,900	0,600
Camélidos sudamericanos		8,30	65,00	196,92	17,0	3,0	0,0	0,0	0,0	80,00	1,7	1,7	1,7	1,7	0,9	0,600
Caballos		7,20	238,00	625,46	17,0	3,0	0,0	0,0	0,0	80,00	7,0	7,0	7,0	7,0	2,6	0,600
Mulas & Asnos		7,20	130,00	341,64	17,0	3,0	0,0	0,0	0,0	80,00	7,0	7,0	7,0	7,0	2,6	0,600
Cerdos		8,30	59,00	178,74	15,0	5,0	5,0	30,0	40,0	5,00	7,8	7,8	1,0	71,9	1,0	0,600
Aves de engorde		15,60	0,90	5,12	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,00	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0,600
Ponedoras		10,10	1,40	5,16	42,0	0,0	0,0	58,0	0,0	0,00	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0,600
Patos		7,40	2,70	7,29	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,00	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0,600
Pavos		10,30	6,80	25,56	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,00	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	0,600

Fuente: Proyecto GCI, Guías IPCC 2006 ref. 2019

Elaborado por: MAAE / Proyecto 5CN1BTR

En tanto que para el cálculo de emisiones de óxido nitroso por manejo de estiércol se consideraron los factores por defecto de la tabla 10.21 de las guías IPCC 2006 refinamiento 2019, y en el caso de los cálculos de emisiones indirectas de óxido nitroso, las fracciones de lixiviación y volatilización se han tomado de la tabla 10.22 actualizada de las Guías IPCC antes mencionadas, considerando para ello también las condiciones particulares relativas a cada región en el caso de bovinos y valores diferenciados intermedios en el caso del resto de especies de ganado.

Tabla 133. Gestión del estiércol: factores de emisión de óxido nitroso aplicados por fuente de GEI

		Factor de emisión para emisiones directas de N ₂ O-N por MMS						Cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH ₃ y Nox Frac Gas_MS						Cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la lixiviación Frac leach_MS					
		: Almacenaje de sólidos	: Compostaje	: Distribución diaria en	: Líquido/fango	Otros	: Pasturas, sin manejo	: Almacenaje de sólidos	: Compostaje	: Distribución diaria en	: Líquido/fango	Otros	: Pasturas, sin manejo	: Almacenaje de sólidos	: Compostaje	: Distribución diaria en	: Líquido/fango	Otros	: Pasturas, sin manejo
		Tabla 10.21						Tabla 10.22						Tabla 10.22					
T		EF3(S)						Frac Gas_MS						Frac leach_MS					
Ganado Lechero	Sierra	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,30	0,45	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Costa	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,30	0,45	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Amazonia	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,30	0,45	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
No LecheroToros	Sierra	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Costa	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Amazonia	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
No Lechero Vacas	Sierra	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Costa	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Amazonia	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
No Lechero En crecimiento	Sierra	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Costa	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,25	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
	Amazonia	0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,48	0,30	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Búfalos		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,12	0,18	0,07	0,15	0,30	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Ovejas		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,12	0,18	0,07	0,15	0,30	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Cabras		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,12	0,18	0,07	0,15	0,30	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Camélidos sudamericanos		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,12	0,18	0,07	0,15	0,30	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Caballos		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,12	0,18	0,07	0,15	0,30	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Mulas & Asnos		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,12	0,18	0,07	0,15	0,30	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Cerdos		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,45	0,60	0,07	0,20	0,45	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,035	0,00
Aves de engorde		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,40	0,60	0,07	0,18	0,40	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponedoras		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,40	0,60	0,07	0,18	0,40	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Patos		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,40	0,60	0,07	0,18	0,40	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Pavos		0,01	0,01	0	0	0,02	0	0,40	0,60	0,07	0,18	0,40	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.3.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se consideran elementos de flexibilidad aplicados en esta categoría ya que se reportan las emisiones correspondientes a todas las fuentes registradas en el país y detalladas en las guías IPCC para cada uno de los años de reporte preestablecidos.

5.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Las principales referencias para estimar la incertidumbre en esta categoría se toman de las directrices IPCC 2006 Vol. 4 Cap. 10 Sección 10.2.3, pág. 10.24 se toma el valor recomendado para poblaciones de ganado en general de $\pm 20\%$ dado que la tendencia histórica de los datos presenta variaciones con variables macroeconómicas de sector de actividad y además se consideran diferentes fuentes de información en el caso de camélidos sudamericanos, aves y búfalos. Para búfalos por ejemplo se incrementa un 10% de incertidumbre extra dado que la fuente principal fue una asociación gremial sin registros de existencias específicos.

Las series cronológicas de emisiones de la categoría de ganado siguen de manera directamente proporcional, la evolución de los datos de actividad de los diferentes tipos de ganado, mismos que responden principalmente a variables como la producción de carne y leche, rendimientos de mercado, etc. variables con las cuales hicieron ejercicios de correlación preliminar en el proceso de control de calidad de los datos, integrando buenas prácticas de validación cruzada. Cabe señalar además que la evolución de los datos también está influenciada por fenómenos adicionales de mercado como recambio de preferencias, comercio exterior, acceso a la industria, cambio de uso de tierra, fenómenos naturales y repercusiones del cambio climático, e incluso aspectos de seguridad vinculados al abigeato, lo cual se traduce en determinados saltos y bajas en los datos de la población de ganado.

En la etapa previa de depuración y análisis de datos de actividad se realizaron evaluaciones de correlación de éstos con las tendencias de algunos de los indicadores de bases adicionales como FAOSTAT, así como también la contrastación con los periodos de incidencia de los fenómenos exógenos a la actividad productiva.

5.3.5 AC/CC de la categoría

El proceso de construcción de los inventarios para la categoría ganado también ha contemplado la realización de un taller sectorial de validación del dato, las fuentes y las tendencias en las diferentes subcategorías; el mismo arrojó también insumos interesantes para la mejora del proceso de cálculo y el uso correcto de los datos de actividad.

El equipo de cálculo de los inventarios también ha mantenido consultas e intercambios directos de criterios técnicos de aplicación con expertos de los

ministerios rectores del sector, así como también representantes de la academia, y los proyectos y entidades relacionadas a actividades involucradas en el sector y que son al mismo tiempo generadoras y gestoras de insumos de información valiosa.

Entre las dependencias más importantes con las cuales se tomó contacto para consultar, validar, contrastar información y construir criterios están las siguientes:

- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de innovación
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de producción pecuaria
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Direcciones regionales de Chimborazo, Cotopaxi y Litoral
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, Dirección de datos agrícolas y Ambientales
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP
- Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador – CONAVE
- Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente
- FAO, Oficina Ecuador; Proyecto GCI
- Proyecto Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático PLANMICC

De forma adicional, las diferentes etapas de formulación de los inventarios fueron sometidas a validación y verificación continua por parte de los técnicos especialistas del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), quienes supervisaron la implementación de metodologías, criterios y sus respectivos resultados.

Finalmente, los resultados del inventario y su procedimiento de cálculo cursaron por un proceso de revisión por pares o de simulación técnica de expertos, efectuada con consultores especialistas externos contratados por el MAATE con el apoyo brindado por el Programa CBIT-GSP, proceso mediante el cual se realizaron jornadas de análisis sectoriales separados, en las que se hicieron revisiones a profundidad y se efectuaron recomendaciones para la mejora de los cálculos y su presentación, mismas que en su gran mayoría fueron ya incorporadas en el presente reporte.

5.3.6 Nuevos cálculos de la categoría

Las principales razones de la diferencia en la actualización de los datos de la categoría radican principalmente en la aplicación de los refinamientos 2019 a la metodología IPCC 2006 con la que se calcularon los inventarios precedentes hasta el año 2018. Bajo ésta se actualizaron algunos factores de emisión por defecto y parámetros como la masa típica del animal y los valores de las tablas actualizadas de las guías del refinamiento IPCC 2019, tanto para valores de ratios de excreción

anual, fracciones de volatilización y escurrimiento y los mismos factores de emisión más desagregados.

De forma adicional una mejora implementada que incide en la diferencia de los resultados del recálculo de los inventarios se centra en la desagregación del dato de actividad de actividad de los bovinos por región, lo cual también deriva en una consideración de factor de emisión propio por región.

Al igual que sucede con la diferencia del dato de emisiones por fermentación entérica, el haber desestimado para el presente inventario, los ajustes de corrección de tendencia histórica realizados en la Cuarta Comunicación Nacional, incide de forma significativa en la diferencia presentada, como ya se explicó en la sección de fermentación entérica, la necesidad de ajuste respondía a un cambio metodológico del marco muestral de la encuesta origen del dato (ESPAC), al verificar que esta tendencia se corrige para el año 2020, se decidió retomar el uso de los datos originales de dicha fuente con el fin de asegurar transparencia futura y validación.

Tabla 134. Gestión del estiércol: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018
INGEI actual	1.009,15	778,84	878,13	819,89	782,57	822,68	756,72	808,11
INGEI previo	618,64	515,39	552,48	502,82	501,45	556,15	526,11	551,52
Diferencia	-390,51	-263,45	-325,65	-317,07	-281,12	-266,53	-230,61	-256,59
Diferencia %	63%	51%	59%	63%	56%	48%	44%	47%

Fuente: con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.3.7 Mejoras planificadas para la categoría

Como parte de las mejoras identificadas para esta categoría, a ser consideradas y/o implementadas en los próximos inventarios nacionales se detallan las siguientes:

- Fortalecimiento, actualización y mejora del dato de población de los camélidos sudamericanos, con carácter nacional; incluyendo además los parámetros complementarios descriptivos como peso vivo.
- Actualización y mejora sobre la información de las proporciones de manejo de estiércol por región diferenciada (pisos climáticos u otra variable de referencia) para todos los tipos de ganado, priorizando el ganado bovino, porcino y avícola.
- Actualización de una base de datos con representación nacional del parámetro de peso vivo para todos los tipos de ganado no bovino.

5.4 Cultivo del arroz (3C)

5.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

El cultivo de arroz en el Ecuador es uno de los más importantes en la dinámica agrícola ocupando superficies extensas del territorio nacional, principalmente en zonas de la costa centro sur del país, cultivo además que está sujeto a factores de incidencia directa e indirecta como los factores climáticos y meteorológicos, factores económicos y de mercado e inclusive en ciertas ocasiones cierta influencia de medidas gubernamentales de regulación en torno a los precios, dotación de insumos, cuotas de producción y compra etc. La mayor parte de la superficie sembrada de arroz se concentra básicamente en tres provincias de la costa del país que son Los Ríos, Manabí y Guayas que entre las tres representan cerca del 87% del total nacional sembrado.

Desde el análisis descriptivo y productivo, se identifican además tres diferentes periodos de cultivo que van cercanamente relacionados a los ecosistemas o formas de gestión del recurso hídrico utilizadas, que son invierno que va desde el mes de diciembre hasta marzo, verano que va desde abril hasta julio y el tercer cuatrimestre con características mixtas que va desde agosto hasta noviembre mismo que regularmente registra la menor cantidad de superficie sembrada en tanto muchos de los agricultores aprovechan esa temporada para realizar otros cultivos como maíz.

Los regímenes hídricos y el nivel de precipitaciones registran una alta variabilidad entre estas épocas lo cual dificulta su diferenciación completa en términos de ecosistema y temporalidad, además la mayoría de superficies sembradas de arroz presentan características de tipo híbrido o mixtas durante ciertos periodos, así, áreas cosechadas que tienen algún tipo de sistema de abastecimiento de agua controlado o de riego pueden aprovechar desarrollar cosechas adicionales al año en épocas de lluvia.

Es importante por tanto entender que existe una complejidad relativa en cuanto a la definición de ecosistemas productivos únicos, así por ejemplo, los ecosistemas dependientes totalmente de la lluvia (secano) y los de riego se puede diferenciar áreas que mayormente asociadas a la cosecha en el tercer cuatrimestre se dan bajo condiciones de mayor control del régimen hídrico, con condiciones de riego favorables, mayor tecnificación o simplemente no dependen mayormente de la llegada de lluvias dado que la temporada es baja en precipitaciones, sin embargo estas circunstancias pueden variar bajo la incidencia de factores estructurales también.

Es necesario conocer además según señalan las directrices 2006 del IPCC, que el metano se produce a partir de la descomposición anaeróbica del material orgánico en los arrozales inundados, que se libera al ambiente por medio de burbujas mediante el transporte a través de las plantas de arroz, según lo cual determinados ecosistemas específicos favorecerían más que otros la generación de emisiones de este gas.

Las emisiones más altas del periodo analizado se registran al año 1994 con 1.403,04 kt de CO₂-eq, en tanto para el año 2022 se tiene un total de emisiones de 1.239,95 kt de CO₂-eq, así se puede observar que la tasa de variación de todo el periodo alcanza un decrecimiento del -12% aproximadamente, la evolución tendencial permite dar cuenta de la variabilidad con un pico de subida al año 2010 desde el cual se muestra un descenso continuo hasta el año 2018 donde vuelve a subir para descender nuevamente en el año 2021, la variación entre el último año reportado en el inventario previo (2018) con el 2022 es del 17%.

Las emisiones de la categoría cultivo de arroz representan 10,6% del total de emisiones del sector agricultura al año 2022, participación que no ha variado significativamente en todo el periodo analizado, teniendo un mínimo de 8,5% de participación en el total de emisiones al año 2018.

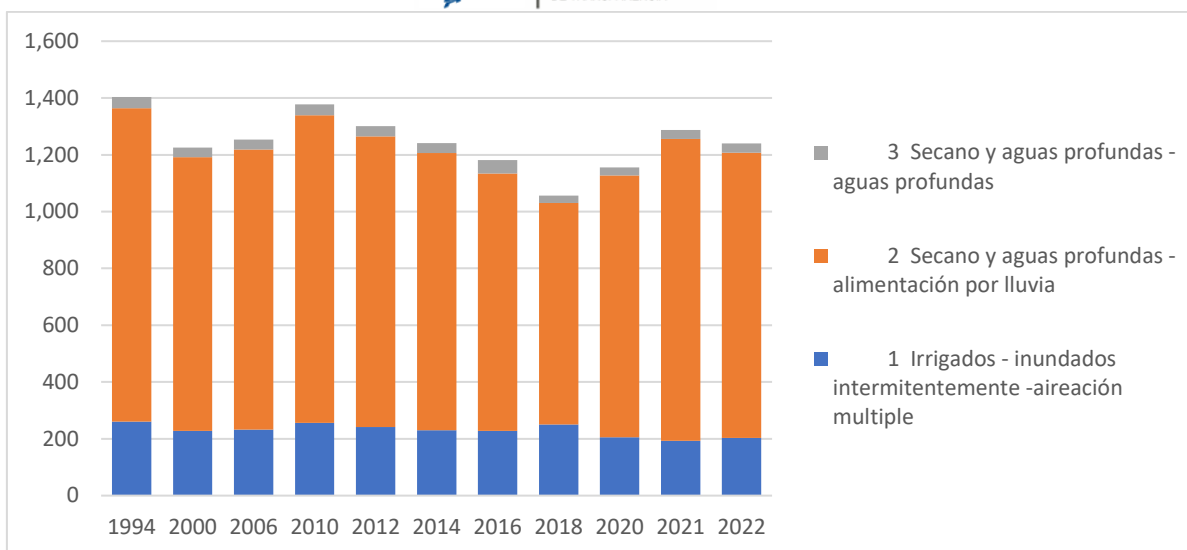
Tabla 135. Cultivo de Arroz: total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
1 Irrigados - inundados intermitentemente - aireación múltiple	260,77	227,80	232,90	256,07	241,76	230,67	228,00	250,24	205,19	192,93	203,14
2 Secano y aguas profundas -alimentación por lluvia	1.103,48	963,95	985,53	1.083,60	1.023,05	976,10	906,51	779,99	922,56	1.063,48	1.004,68
3 Secano y aguas profundas -aguas profundas	38,79	33,89	34,65	38,09	35,96	34,31	47,26	26,32	27,47	31,02	32,13
TOTAL	1.403,04	1.225,63	1.253,08	1.377,76	1.300,78	1.241,08	1.181,77	1.056,55	1.155,23	1.287,43	1.239,95

Fuente: ESPAC – INEC, Informes MAG, CGINA

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 38. Cultivo de arroz: total de GEI por fuente (kt CO₂-eq, 1994-2022)



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para el caso del cálculo de las emisiones de metano del cultivo de arroz, se procede en primera instancia a discretizar o categorizar la superficie total nacional sembrada del cultivo por épocas del año, según sus características productivas y régimen hídrico principalmente.

Es así como, en base a un análisis de imágenes espaciales, el Ministerio de Agricultura y Ganadería establece 3 cuatrimestres bien diferenciados que posteriormente se asocian a los diferentes conceptos de ecosistemas dados por el IPCC y se vinculan sus características climáticas para definir los regímenes hídricos a los cuales se corresponden, muy importante tener en cuenta que en esta consideración se priorizan los territorios y sus condiciones respecto de las áreas mayores de siembra, debido a la diversificación de localización de cultivos y variación de condiciones climáticas en extensiones pequeñas del cultivo.

Estos cuatrimestres establecen la proporción de la superficie total anual sembrada de arroz, separando así también los ciclos de cultivo de manera implícita (evitando su doble contabilidad bajo un mismo territorio), por lo que luego, se puede asignar ecosistemas, regímenes hídricos y factores de emisión de manera más precisa.

5.4.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad principales de la categoría específicamente el área cultivada y cosechada de arroz se obtiene de la Encuesta de Producción Agrícola

Continúa ESPAC del INEC, misma que presenta los datos ya procesados a nivel de provincia, pero no se puede contar con la información desagregada por ecosistema, régimen hídrico o caracterización adicional.

En función de la complejidad en la diferenciación de áreas de cultivo de características mayormente mixtas, se consideró también la categorización de las áreas que mantienen un mayor control de régimen hídrico sobre sus cultivos y que al mismo tiempo presentan zonas de precipitaciones menores no constantes, lo cual como ya se comentó anteriormente, estaría asociado directamente a la producción del tercer cuatrimestre del año, situación confirmada en mesas de análisis realizadas con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, es así que para determinar el área asignada a cada ecosistema se aplicó, al total de superficie de la ESPAC, el porcentaje que representa la producción en cada cuatrimestre según los análisis y estimaciones de superficie de cultivo que realiza la mencionada cartera de Estado, mediante la Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales, que desarrolla una metodología de monitoreo anual con el procesamiento de imágenes satelitales, ortofotos y cartografía base complementaria.

Las definiciones de los ecosistemas se hicieron además considerando criterios de los modos productivos utilizados asociados a las condiciones climatológicas y de temperatura del entorno, bajo la participación de especialistas expertos del INIAP⁷ y el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 136. Cultivo del arroz: datos de actividad por fuente de GEI (Has)

Cultivo del arroz	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)	Total /(has)
Total de superficie sembrada	400.350	349.726	357.558	393.137	371.170	354.136	385.039	301.853	315.023	342.967	343.061
Inundados intermitentemente – aireación múltiple	88.077	76.940	78.663	86.490	81.657	77.910	77.008	84.519	69.305	65.164	68.612
Alimentación regular por lluvia	192.168	167.868	171.628	188.706	178.162	169.985	157.866	135.834	160.662	185.202	174.961
Aguas profundas	120.105	104.918	107.267	117.941	111.351	106.241	146.315	81.500	85.056	96.031	99.488

Fuente: ESPAC – INEC; análisis MAG CGINA

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN18TR

5.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el parámetro del periodo de cultivo el consenso para un promedio de cosecha entre las diferentes variedades de arroz que se cultivan en el país es de

⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

124 días, las variaciones de los periodos en el país llegan por ejemplo desde 97 a 140 días según las diferentes variedades de arroz, en tanto se usa el parámetro por defecto planteado en los refinamientos 2019 metodología IPCC 2006.

En lo referente al número de cosechas que se estima se logra bajo cada ecosistema detallado según las referencias de expertos del Ministerio de Agricultura y Ganadería se tiene el siguiente número en promedio: Ecosistema Irrigado, se realiza mayormente durante verano esto es el segundo cuatrimestre del año y tratándose la mayoría de los ecosistemas caracterizados como mixtos alcanza a realizar en total un máximo de 2,5 a 3 cosechas al año (por ello se plantean 3 cuatrimestres diferenciados), aprovechando remanentes de agua acumulada y administrada desde la época de lluvias.

Considerando también que dentro de la complejidad en la diferenciación de los ecosistemas se añade el hecho de fenomenologías climáticas extremas como incrementos pronunciados en los niveles de lluvia con el fenómeno del niño, por ejemplo. Como pauta para el cálculo se considera que el país tiene una única región de cultivo de arroz (costa) dado que las áreas vinculadas al mismo se caracterizan por climatologías y altitudes similares básicamente ubicadas en la costa centro sur y zonas aledañas de la parte interandina con condiciones similares (por ejemplo, la provincia de Loja).

Al momento el país cuenta también con subcategorizaciones identificadas según cada ecosistema refiriéndonos a diferentes regímenes hídricos, pero aún no se cuenta con estudios o línea base de datos de actividad para esas subcategorizaciones identificadas, la variabilidad y/o dependencia de condiciones climáticas sobre todo es bastante alta, siendo éste el principal elemento que complejiza la estimación separada de los datos de actividad por lo que para la estimación de emisiones se han utilizado los factores de emisión y fracciones de ajuste de los casos agregados únicamente.

En relación específica al ratio de aplicación de enmienda orgánica en los cultivos de arroz, según los datos de aplicación de insumos de la ESPAC del INEC y las consultas que se efectivizaron con las estaciones del litoral del MAG e INIAP, se aplican enmiendas orgánicas a los cultivos de arroz para neutralizar la intensidad de los efectos de la salinidad hacia áreas vinculadas a suelos salinos o vertientes de mar inclusive; los datos de enmiendas orgánicas tales como diferentes compuestos de estiércoles, fermentados y otros de tipo líquido que se aplican específicamente en el cultivo del arroz vienen de dicha encuesta, misma que para el 2022 supera las 160 toneladas de enmienda en relación a cerca de las 30.000 hectáreas asociadas al muestreo aplicado, así se obtiene un valor de poca más de

5 Kg por Ha con media nacional, al no poder discretizar el dato de aplicación por los ecosistemas definidos el ratio mencionado se aplica para toda la superficie sembrada en el país. El valor es procesado de la base de datos madre de la ESPAC y se depura bajo la consideración muestral de conglomerados por las provincias más importantes en la producción del cultivo; de esta manera la aplicación de insumos sintéticos es mucho más alta para este caso y se da con fines de incrementar productividad, en tanto el uso de enmiendas orgánicas es de tipo marginal en determinadas zonas de alta salinidad en tierra y su aplicación es complementaria al sintético y con un fin focalizado. La proporción de enmienda orgánica establecida como media nacional fue confirmada con los criterios expertos de especialistas vinculados al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y a la Corporación Nacional de Organizaciones de Productores Arroceros.

Los factores de escala, conversión y ratios aplicados al cálculo corresponden a cada uno de estos ecosistemas definidos, derivados de las tablas por defecto que señalan las guías IPCC, así mismo los factores de emisión finales se obtienen de los cálculos que integran como insumo dichos parámetros.

Tabla 137. Cultivo del arroz: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Ecosistema de arroz	Periodo de cultivo del arroz	Factor de emisión de línea de base para campos continuamente inundados sin enmiendas orgánicas	Factor de escala para tener en cuenta las diferencias en el régimen del agua durante el período de cultivo	Factor de escala para tener en cuenta las diferencias en el régimen hídrico en la pretemporada antes del período de cultivo	Ratio de aplicación de enmienda orgánica en el cultivo	Factor de conversión de enmienda orgánica	Factor de escala para ambos tipos y cantidad de enmienda orgánica aplicada	Factor de emisión diario ajustado para un área cosechada en particular
	(day)	kg CH ₄ ha ⁻¹ day ⁻¹	(-)	(-)	(tonnes ha ⁻¹)		(tonnes ha ⁻¹)	(kg CH ₄ ha ⁻¹ day ⁻¹)
		tabla 5.11	tabla 5.12	tabla 5.13		tabla 5.14	SF ₀ =	EF _i = EF _c * SF _w * SF _p * SF _o * SF _z
	t	EF _c	SF _w	SF _p	ROAI	CFOAI	SF _o	EF _i
Irrigados - inundados	124	1,27	0,55	1,22	0,0053	0,21	1,0	0,85
intermitentemente - aireación múltiple								
Secano y aguas profundas - alimentación por lluvia	124	1,27	0,54	2,41	0,0053	0,21	1,0	1,65
Secano y aguas profundas - aguas profundas	124	1,27	0,06	1,22	0,0053	0,21	1,0	0,09

Fuente: Guías IPCC 2006 ref. 2019

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.4.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se consideran elementos de flexibilidad aplicados en esta categoría ya que se reportan las emisiones correspondientes a todas las fuentes registradas en el país y detalladas en las guías IPCC para cada uno de los años de reporte preestablecidos.

5.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Para el cálculo de la incertidumbre en los datos de actividad de la subcategoría Cultivo de arroz se referencian las directrices IPCC 2006 Vol4, Cap 5, Sección 5.5.4, pág. 5.60, porcentaje al cual se le agrega un 10% adicional debido a que tomamos consideraciones de ecosistemas mixtos y periodos de cultivo de máxima productividad, según lo recomendado por expertos de las entidades competentes MAG e INIAP, esto se relaciona también al porcentaje de área proporcional al total usado para cada ecosistema.

Para los factores de emisión se usó el porcentaje referenciado de las directrices IPCC 2006 Vol. 4 Capítulo 5, Sección 5.5.4 límite inferior tomado debido a que existen varios otros factores involucrados en el cálculo.

La serie temporal se construye con los datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC del INEC para casi todos los inventarios del periodo de análisis, datos que reflejan los totales de la superficie cosechada de arroz para cada año respectivo, la subdivisión de dicha superficie en los ecosistemas varios se da tomando en consideración los porcentajes de superficie definida bajo cada ecosistema descrito por la metodología de derivación de datos espaciales y técnicas cartográficas del Ministerio de Agricultura, área que corresponde según acuerdos de definiciones y circunstancias productivas.

Dichos porcentajes se han mantenido constantes para los diferentes años de análisis en función de evitar sesgos y propiciar una mejor comparabilidad de resultados, sabiendo además que el país no dispone información oficial publicada históricamente a manera de estadística sobre la relación áreas, ecosistemas y/o regímenes hídricos del cultivo de arroz.

Las consideraciones se tomaron en función de reducir los elementos distorsionadores en la coherencia de la serie, sin embargo, como se ha comentado anteriormente la dinámica de este cultivo es altamente fluctuante al recibir la influencia de factores climáticos y económicos (de mercado) sobre todo.

5.4.5 AC/CC de la categoría

Variables y parámetros de caracterización adicional como régimen hídricos, épocas de cultivo y periodos fueron a la par revisados con los expertos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, proceso que a manera de validación también contrastó datos empíricos sobre las diferentes participaciones porcentuales de los ecosistemas respecto del total confirmándose por ejemplo la preponderancia mayor del ecosistema de regadío dada su posibilidad de realización de dos o incluso más cosechas al año.

Para confirmar la tendencia de variabilidad con crecimientos y decrecimientos en ocasiones pronunciados se hizo la revisión de boletines situacionales publicados por el Banco Central del Ecuador y la Corporación Financiera Nacional que detalla las incidencias de cambios similares atados a temas climáticos, programas de apoyo al agricultor, variación de precios, estímulos a la producción, mercado, economía etc. Con lo cual se validan justificaciones para dichas fluctuaciones del dato.

Cabe señalar también que se han efectuado las respectivas validaciones de los parámetros establecidos con el personal especializado del Ministerio de Agricultura y Ganadería y a su vez socializado con los especialistas del Ministerios de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Entre las dependencias más importantes con las cuales se tomó contacto para consultar, validar, contrastar información y construir criterios están las siguientes:

- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de innovación
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Coordinación General de Análisis y Estudios de Políticas
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Producción Agrícola
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Proyecto de Monitoreo de Sistemas Agroproductivos sostenibles del MAG
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, Dirección de datos agrícolas y Ambientales
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP regional Litoral – Los Ríos
- FAO, Oficina Ecuador; Especialistas de proyecto
- Proyecto Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático PLANMICC
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), especialista de Proyecto y Corporación Nacional de Arroceros

5.4.6 Nuevos cálculos de la categoría

Entre las principales razones de la diferencia en la actualización de los datos de la categoría radican principalmente en la aplicación de los refinamientos 2019 a la metodología IPCC 2006 con la que se calcularon los inventarios precedentes hasta

el año 2018. Bajo ésta se actualizaron algunos factores de emisión por defecto y parámetros utilizados en el cálculo.

Las diferencias en el recálculo responden también a la actualización de los ecosistemas de arroz planteados respecto de inventarios anteriores, dichas reconsideraciones, como ya está mencionado, se hicieron bajo una mayor cantidad de información de análisis disponible y el criterio de expertos recabado hacia el actual reporte, así mismo se actualizaron los parámetros de periodo de cultivo, factores de escala y sobre todo se incorporó un nuevo dato de ratio de enmienda orgánica, que no se había considerado en los inventarios anteriores por una alta incertidumbre. Este ratio se determinó en base a una media nacional procesando los datos de la base madre de la ESPAC del INEC y corroborando su pertinencia en base a consultas a expertos. Importante entender también que el índice de calentamiento global utilizado para la conversión metano- CO₂ eq también es diferente en este inventario para todas las categorías, al referir el informe AR5 respecto del precedente AR3.

Tabla 138. Cultivo del arroz: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018
INGEI actual	1.403,0	1.225,6	1.253,1	1.377,8	1.300,8	1.241,1	1.181,8	1.056,6
INGEI previo	552,2	482,4	493,2	542,2	511,9	488,4	554,7	430,3
Diferencia	850,87	743,28	759,93	835,54	788,86	752,65	627,10	626,28
Diferencia %	154%	154%	154%	154%	154%	154%	113%	146%

Fuente: con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.4.7 Mejoras planificadas para la categoría

Para el plan de mejoras en la categoría, se plantean los siguientes lineamientos para complementar el mejoramiento de las estimaciones y la reducción de la incertidumbre en esta subcategoría.

- Adoptar progresivamente los datos de información y monitoreo geoespacial trabajados y proporcionados por la Dirección de datos Multisectoriales del Ministerio de Agricultura y Ganadería como fuente principal de información para el inventario, específicamente en el caso de emisiones de CH₄ por cultivo de arroz, debido a que permite un seguimiento más específico de ecosistemas y condiciones climáticas.
- Incorporar secuencialmente al análisis realizado por las herramientas de visor geoespacial del Ministerio de Agricultura y Ganadería sobre parámetros de diferenciación para periodos de cultivo por ecosistema y regímenes hídricos de una forma más localizada, por provincia.

- Investigar y analizar la disponibilidad sobre elementos descriptivos y/o estadísticos que permitan una mejor determinación de la tasa de aplicación de enmienda orgánica en peso fresco más conveniente a las condiciones nacionales o por ecosistema.
- En función de la construcción de datos y factores de cálculo en las emisiones realizar un recalcu de retroproyección de los datos hacia atrás a fin de ir mejorando paulatinamente las estimaciones de la tendencia histórica de forma paralela.

5.5 Suelos agrícolas (3D)

5.5.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La dinámica general de los principales factores que inciden en el cálculo de emisiones de esta categoría se basa en las variables de volumen de fertilizantes y superficies de cultivos. En el caso de los fertilizantes sintéticos éstos son mayormente importados y muestran una fluctuación importante en la tendencia a través de los años, de la misma manera, la información de fertilizantes orgánicos que es levantada directamente desde las unidades productivas muestra una alta variabilidad. Por otro lado, la información de superficie de cultivos presenta variaciones en un porcentaje mayor incluso año a año debido principalmente a su situación de vulnerabilidad ante factores climáticos y económicos.

Las emisiones generadas de manera indirecta surgen a partir del nitrógeno que es depositado sobre los suelos y ciertas superficies de agua a partir de un proceso de volatilización, mismo que incluye la combustión de combustible fósil, el quemado de biomasa, y los procesos de la industria relacionada a los cultivos. Además de la volatilización ocurre la lixiviación y el escurrimiento de nitrógeno a partir de los agregados de fertilizantes sintéticos y orgánicos.

La tendencia de emisiones directas de óxido nitroso muestra que ha habido una evolución mayormente creciente del primer al último año registrado por los inventarios, la tasa de variación de 1994 a 2022 es de un 35% en términos de emisiones totales de la categoría, mientras que para los años 2020, 2021 y 2022 se registra una disminución de las emisiones de GEI respecto al resultado registrado en 2018, misma que llega a un -6% de variación.

Esta categoría representa un 18,7% del total de emisiones del sector agricultura al año 2022, mientras que el promedio de participación para todo el periodo desde el año 1994, en cuanto a emisiones generadas es del 16,9%.

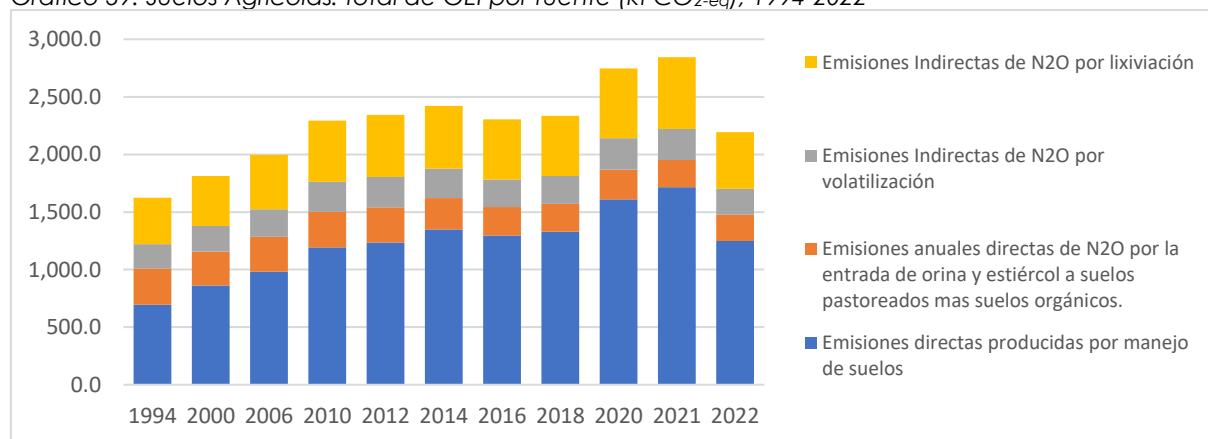
Tabla 139. Suelos Agrícolas: total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Emisiones directas producidas por manejo de suelos	695,6	861,7	980,6	1.192,6	1.235,0	1.347,9	1.296,3	1.328,6	1.610,7	1.714,6	1.249,9
Emisiones anuales directas de N ₂ O por la entrada de orina y estiércol a suelos pastoreados más suelos orgánicos.	313,6	295,5	304,0	310,0	304,5	272,8	246,9	241,1	257,7	237,4	225,5
Emisiones Indirectas de N ₂ O por volatilización	212,2	222,5	239,3	258,9	265,5	256,2	238,2	242,0	272,6	269,7	226,0
Emisiones Indirectas de N ₂ O por lixiviación	402,7	431,9	471,2	532,2	538,3	545,2	523,3	525,0	606,6	622,7	492,2
Total	1.624,2	1.811,6	1.995,2	2.293,7	2.343,3	2.422,1	2.304,7	2.336,6	2.747,6	2.844,4	2.193,6

Fuente: ESPAC-INEC

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 39. Suelos Agrícolas: total de GEI por fuente (kt CO₂-eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

En el cálculo de emisiones directas de óxido nitroso por suelos agrícolas se usan las ecuaciones 11.1 para manejo de suelos y 11.1 para suelos orgánicos del capítulo 11 de las directrices 2006 del IPCC. Dicho cálculo se realiza con la sumatoria de todas las fuentes antropogénicas multiplicada por el respectivo factor de emisión que difiere según se trate del cultivo de arroz o de los demás cultivos analizados.

Es importante mencionar también que en la selección de los tipos de fertilizantes considerados se toma en cuenta aquellas variedades que se muestran representativas, estandarizadas, directamente vinculadas en su composición de nitrógeno y que fundamentalmente cuentan con estadísticas consistentes con la realidad de las circunstancias nacionales, en sentido estricto que cuentan con mayor volumen de uso y representatividad en la producción local.

5.5.2.1 Datos de actividad de la categoría

Las principales fuentes de datos utilizadas, sobre todo en el caso de superficies de cultivos, provienen de la Encuesta de Producción Agrícola Continua ESPAC del INEC misma que proporciona datos desagregados por subtipo de cultivo en muchos de los casos, que para el efecto de los cálculos se agregan o suman; y en el caso de los datos de los volúmenes de fertilizantes utilizados en agricultura la fuente principal fueron las bases de comercio exterior del Banco Central del Ecuador, de las que se consideran las importaciones, tomando en cuenta que no existe producción interna representativa de este tipo de insumos en el país.

Cabe señalar que los cultivos escogidos para ser parte de la evaluación y cálculos de los inventarios en torno a la generación de N_2O en suelos agrícolas fueron determinados de acuerdo a varios factores relevantes, entre éstos su capacidad de fijación de nitrógeno en los suelos, niveles de importancia en la producción agrícola nacional total, nivel de congruencia con las categorías desagregadas de las Guías IPCC, de acuerdo a la disponibilidad de factores de emisión y parámetros complementarios de cálculo por defecto, entre los que se destacan principalmente las gramíneas, tubérculos principalmente, consideración ésta que se ha mantenido así en la elaboración de los inventarios nacionales en cada nuevo reporte.

Los datos de actividad de fertilizantes orgánicos se sistematizaron desde la base de datos de la ESPAC del INEC, homologando los diferentes tipos de fertilizantes orgánico registrado en cuanto a tipología y unidades de medida, para así asegurar su comparabilidad año tras año. El dato de actividad es el resultado final de dicha sistematización. Así mismo estos compuestos sintéticos de fertilizantes fueron determinados en base a una priorización de mayor relación con los cultivos priorizados y su frecuencia y extensión de uso en la actividad agrícola del país como se señala previamente.

Es importante señalar que para efectos del ejercicio de cálculo, se considera que el 100% del volumen de fertilizante importado se utiliza para uso agrícola, al contrastar los datos obtenidos del Banco Central del Ecuador, con datos de uso de fertilizantes provistos por el MAG y la variables específica de uso agrícola de fertilizantes reportada por FAOSTAT, fuentes que no muestran diferencias significativas respecto de la principal usada en los cálculos y que remiten de forma implícita, la asunción de insignificancia respecto de otros usos del insumo, sobre los cuales no se cuenta con datos o referencias determinantes. Adicionalmente se toma en cuenta también para esta consideración, la incidencia de la importación

centralizada por parte de diversos programas gubernamentales, que han distribuido variedades de fertilizantes (principalmente la urea) de forma subsidiada directamente a los productores, como parte de una política pública de apoyo, lo cual determina su enfoque primordialmente agrícola, acaparando los registros de cupos según codificación NANDINA, correspondiente al comercio exterior de variedades específicamente de uso productivo agrícola. Este tipo de programas de apoyo han contado en determinados años inclusive con la administración de dependencias gubernamentales creadas para el efecto como en su momento la Unidad Nacional de Abastecimiento desde hace aproximadamente 15 años atrás hasta la fecha, política que se lleva a cabo en base a diferentes alcances definidos por cada administración de gobierno⁸. El Ministerio de Agricultura y Ganadería efectúa esfuerzos constantes por proveer más insumos en estas categorías, mismos que se verán reflejados en los siguientes reportes con mayor seguridad.

Los datos de actividad para suelos orgánicos también se obtienen de las estimaciones reportadas por FAOSTAT, siguiendo las mismas recomendaciones de las guías IPCC, vale acotar que este dato fue contrastado también con fuentes complementarias para efectos de validación, como por ejemplo el mapa de carbono orgánico en los suelos, segunda edición, elaborado por el MAG y MAATE, que muestra la concentración de volúmenes de carbono por hectárea en las diferentes regiones; mismo que aunque no determina de forma estadística los valores concretos sirve para asociar las estimaciones de FAOSTAT por regiones. Estos datos finalmente son acogidas en los cálculos con la presunción de su localización en la zona climática tropical-cálida relacionando sobre todo su asociación con cultivos como el banano y el mango.

En tanto, la cantidad de nitrógeno depositado en los suelos a causa de los fenómenos de volatilización y lixiviación se obtiene usando las fracciones y factores de emisión por defecto establecido en la metodología IPCC 2006 refinamiento 2019, para así derivar el volumen de emisiones indirectas de óxido nitroso al final, cuyos datos de actividad y parámetros intermedios de cálculo no sufren variaciones respecto de los cálculos de emisiones directas.

Para el cálculo de los parámetros relativos a emisiones por residuos agrícolas, se integra un proceso anexo centrado en los cultivos principales fijadores de nitrógeno en el suelo, se usan ratios estándar de superficie quemada por cultivo obtenidos de FAOSTAT, con los datos de rendimiento y producción de ESPAC-INEC, en este ejercicio se priorizan también aquellos cultivos que se relacionan más directamente

⁸ Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería, los programas de apoyo consistieron específicamente en otorgar subsidios a la compra de insumos agrícolas desde la importación centralizada y controlada por el Gobierno, estos procesos estuvieron vigentes hasta el año 2022 justamente. Más allá de esto no existe una forma de determinar los volúmenes de insumos importados que no se destinan a la agricultura asumiéndose ínfimos.

con la práctica de disposición de residuos agrícolas masivos, en el grupo de fijadores de nitrógeno.

Tabla 140. Suelos Agrícolas: datos de actividad por fuente de GEI (Has y Tons)

Tipo de cultivo	SUPERFICIE SEMBRADA POR TIPO DE CULTIVO PRINCIPAL (Has)										
	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Trigo	19.540	14.259	9.747	8.533	9.591	6.167	4.619	3.336	6.880	6.202	4.510
Maíz	394.292	394.373	438.807	440.346	532.003	513.356	425.737	461.547	444.681	453.718	433.216
Arroz	336.356	328.971	357.558	393.137	411.459	375.820	385.039	301.853	315.023	342.967	343.061
cebada	50.163	43.302	37.379	26.374	20.824	16.346	18.988	10.124	11.634	10.527	8.443
Yuca	21.827	22.778	20.245	16.813	16.931	19.290	18.520	14.262	15.410	18.631	18.022
Caña de azúcar	91.352	91.294	91.236	106.928	106.926	113.293	125.587	132.771	142.010	130.677	141.031
arveja	13.016	8.757	10.909	8.724	6.895	10.361	9.223	7.088	7.326	7.891	4.815
frejol	99.132	64.984	75.954	74.550	71.645	49.079	43.217	31.096	26.684	40.864	36.105
Haba	34.495	29.364	25.519	19.936	35.037	20.037	10.173	7.454	7.938	10.654	9.947
Papa	69.197	45.238	51.713	44.245	35.768	34.014	32.742	23.974	25.924	20.950	19.390
Tipo de fertilizante	VOLUMEN DE FERTILIZANTE APLICADO A LOS SUELOS (Tons)										
	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Urea	133.340,45	172.370,38	202.338	276.303	295.276	294.262	291.747	284.780	289.035	299.903	217.122
Nitrato de amonio	1.249,80	21.962,92	37.128	41.293	59.175	73.251	70.881	82.734	82.399	110.464	64.456
Fosfato diamónico	9.103,95	49.911,14	67.207	40.327	46.845	82.597	73.025	83.578	85.916	103.156	49.338
Sulfato de amonio	4.412,10	7.929,66	17.375	20.117	26.567	40.199	63.338	87.770	110.799	134.441	106.303
Nitrato de calcio	124,82	3.755,39	9.570	10.858	11.462	15.207	14.991	19.583	25.766	34.776	20.418
Fosfato Monoamónico	8.310,04	572,55	478	30.717	11.430	10.258	4.610	5.510	3.325	5.121	9.074
Nitrato de potasio	289,82	6.088,03	9.152	7.281	7.581	9.561	6.391	14.756	5.056	1.394	9.364
Nitrato de sodio	2.100,14	5.071,21	0	368	660	1.220	649	827	562	537	538
TOTALES FERTILIZANTES SINTÉTICOS	158.931,10	267.661,26	343.247	427.264	458.996	526.555	525.632	579.536	602.857	689.792	476.612
TOTALES FERTILIZANTES ORGÁNICOS	159.891.679	218.679.412	228.596.304	239.871.451	265.201.843	276.525.461	239.162	265.823	454.946	429.067	374.312

Fuente: ESPAC-INEC; BCE

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

En el cálculo de emisiones directas de óxido nitroso por suelos agrícolas se usan las ecuaciones 11.1 para manejo de suelos y 11.1 para suelos orgánicos del capítulo 11 de las directrices 2006 del IPCC, Dicho cálculo se realiza con la sumatoria de la superficie anual sembrada de todas las fuentes antropogénicas multiplicada por el respectivo factor de emisión que difiere según se trate del cultivo de arroz o de los demás cultivos analizados.

Para el caso de suelos orgánicos gestionados se incluye el dato de cantidad anual de Cantidad de orina y estiércol N depositada por los animales de pastoreo en pastizales, campos y pastos se usa su factor de emisión específico detallado en la tabla 11.1 del capítulo 11 de las guías IPCC 2006 refinamiento 2019, considerando los resultados del apartado de la tabla de emisiones de N₂O por manejo de estiércol correspondientes a deposición en pastos (sin manejo) omitidas en dicha categoría pero consideradas en esta, evitando así la doble contabilidad de las mismas.

Para el cálculo de la cantidad anual de nitrógeno en los residuos agrícolas (aéreo y subterráneo) referidos en la ecuación 11.6 se consideran los datos de actividad correspondientes a producción, rendimiento anual y superficie cosechada por cultivo principal, poniendo especial énfasis como se ha establecido desde el inicio, en los cultivos fijadores de nitrógeno en el suelo.

Como otro de los cálculos complementarios, es necesario determinar el componente Nitrógeno del fertilizante orgánico aplicado (FON) que como lo señalan las directrices 2006, IPCC dicho término se refiere a la cantidad de aportes de N orgánico-aplicada a los suelos que no provengan de animales en pastoreo y se calcula empleando la Ecuación 11.3. Esto incluye: estiércol animal aplicado, compost aplicado al suelo, así como otros abonos orgánicos de importancia regional para la agricultura (p. ej., desechos, guano, fermentados, etc.).

Se efectúa una consideración separada para el caso del cultivo de arroz utilizando sus propios factores de emisión descritos en la tabla 11.1 del capítulo 11 de las directrices IPCC 2006 refinamientos 2019, para todas las fuentes de emisión de esa subcategoría.

Tanto para el caso de emisiones por volatilización como para emisiones por lixiviación y escurrimiento se ha considerado un único tipo de fuente antropogénica debido a que no se puede especificar tipologías diferenciadas de acuerdo con los datos de actividad disponibles a nivel país.

El cálculo de las emisiones indirectas de suelos agrícolas producidas por procesos de lixiviación y escurrimiento de nitrógeno en los suelos siguen el detalle de la ecuación 11.10 del capítulo 11 de las directrices 2006 del IPCC.

Tabla 141. Suelos Agrícolas: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Tipo de fuente antropogénica de N		Factor de emisión de N ₂ O por fuentes de N		Tipo de fuente antropogénica de N ^{1,2}		Factor de emisión para emisiones de N ₂ O por manejo de suelos		Factor de emisión de N ₂ O por la orina y el estiércol N depositados en los pastos, la variedad y el prado de los animales de pastoreo	
		[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]				(kg N ₂ O-N ha ⁻¹ yr ⁻¹)		[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]	
		Tabla 11.1				Tabla 11.1		Table 11.1	
		EF				EF ₂		EF _{3PRP}	
Tipos de insumos antropogénicos para estimar los resultados directos anuales de emisiones de N ₂ O-N producidas por manejo de suelos	fertilizantes sintéticos	EF ₁	0,01	Suelos orgánicos gestionados	CG, Temp				
	fertilizante orgánico, estiércol animal, compost, lodos, otros		0,01		CG, Trop	16			
	residuos agrícolas		0,01		F, Temp, NR				
	Cambios de uso o manejo de la tierra				F, Temp, NP				
	fertilizantes sintéticos	EF _{1FR}	0,004		F, Trop				

Tipos de insumos antropogénicos para estimar los resultados directos anuales de emisiones de N_2O-N producidas por cultivo de arroz	fertilizante orgánico, estiércol animal, compost, lodos, otros		0,003	Fuentes de orina y estiércol en suelos pastados	CPP		0,004
	residuos agrícolas		0,003		SO		0,003
	Cambios de uso o manejo de la tierra			Total			

Fuente: Guías IPCC 2006 ref. 2019

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.5.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Para el cálculo de emisiones directa de N_2O por suelos agrícolas de forma directa, el país no cuenta actualmente con datos o información relativa a superficie de suelos mineralizados, asociados con la pérdida de carbono en la materia orgánica del suelo, por tanto, tampoco en relación a los insumos aplicados a este tipo de suelos, por tanto esta fuente no es considerada en el cálculo, tampoco se prevé que se pueda contar con este dato en el futuro cercano, debido a la complejidad de su medición y el peso relativo en términos de emisiones.

De igual manera para el caso de suelos orgánicos, el país usa los datos proporcionados por FAO y éstos se asignan completamente al piso climático tropical de acuerdo con consideraciones de relacionamiento referencial con cultivos asociados a ese tipo de suelo, esto al no contar tampoco con una discretización de la información en este sentido.

5.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Las estimaciones sobre incertidumbres para cada uno de los ítems usados en el cálculo de esta categoría siguen las siguientes consideraciones para cada una de ellas:

- Para fertilizantes sintéticos el porcentaje fue estimado sobre la base del porcentaje de fertilizantes importados que no serían destinados a usos agrícolas, que aun cuando se estima su volumen es ínfimo, aun no existe la capacidad nacionalmente determinada para diferenciar dicha proporción del total.
- Para estiércol animal, el porcentaje fue estimado a partir de la variabilidad del % de Nitrógeno contenido en la cantidad anual de otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes
- Para suelos orgánicos el porcentaje fue estimado a partir del nivel de incertidumbre esperado para el dato de FAO.
- Para suelos pastoreados, orina y estiércol el porcentaje fue estimado en asociación a la pertinencia en la asignación de Fracción Nitrógeno excretado en Praderas y pastizales.

En cuanto a la incertidumbre de factores de emisión se referenciaron las directrices IPCC 2006 Vol4, Cap. 11, Sección 11.2.1.4 y Cuadro 11.1 pág. 11.12, que calcula la incertidumbre por tipo de fuente tomando las diferencias porcentuales con el límite superior respecto del factor por defecto.

Para el cálculo de incertidumbre de la categoría de emisiones indirectas de N₂O por suelos agrícolas se realiza una estimación relacionada directamente con los datos de actividad tratados, y para los factores de emisión se utilizan las directrices IPCC 2006 Vol4, Cap. 11, Sección 11.2.2.3 y Cuadro 11.3 pág. 11.26, Se calcula la incertidumbre por tipo de fuente tomando las diferencias porcentuales con el límite superior respecto del factor por defecto.

La serie temporal para el periodo 1994 - 2022 toma los datos de las variables de producción, superficie cosechada y sembrada, rendimiento, de la ESPAC del INEC desde el año 2000 en adelante, el dato de 1994 fue proyectado en función de la tendencia mostrada en los años posteriores y la revisión de variables sustitutas para esos años, la proyección se realizó año a año para evitar sesgos y distorsiones mayores en base a una tasa de variación promedio del periodo posterior. En tanto la información de importaciones de fertilizantes se tomaron de la base del Banco Central del Ecuador para todos los años analizados en los diferentes inventarios.

Con esto se asegura que los datos sean consistentes a la realidad nacional y sigan tasas de variación esperables respecto de esta, las revisiones de contraste estadístico en función de tasas promedio ayuda a nivelar la evolución de las emisiones de la subcategoría.

5.5.5 AC/CC de la categoría

Los datos de actividad de volúmenes de fertilizantes importados fueron contrastados entre diferentes fuentes debido a su actualización periódica, las principales contrastaciones se realizaron con los datos de FAOSTAT (que derivan del mismo registro del BCE y son ajustados estadísticamente en algunos casos), con los registros del MAG que focaliza el uso agrícola del insumo pero que sin embargo no presenta tampoco mayores diferencias con el dato de la fuente principal utilizada. La tendencia y proporcionalidad del dato usado esta por tanto depurada. De la misma manera, los datos de superficies de cultivos y volúmenes producidos han sido contrastados en los posible, con los análisis espaciales del MAG para su depuración y verificación previa a su uso en los cálculos.

Los datos de actividad y una primera apreciación sobre la tendencia histórica y esperada de los mismos se pusieron a consideración de las fuentes proveedoras de

la información y demás actores relevantes en el taller sectorial de análisis del inventario efectuado en el segundo trimestre de 2024.

Entre las dependencias más importantes con las cuales se tomó contacto para consultar, validar, contrastar información y construir criterios están las siguientes:

- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de innovación
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Coordinación General de Análisis y Estudios de Políticas
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Producción Agrícola
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Proyecto de Monitoreo de Sistemas Agroproductivos sostenibles del MAG
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, Dirección de datos agrícolas y Ambientales
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP
- FAO, Oficina Ecuador; Especialistas de proyecto
- Proyecto Plan Nacional de Mitigación del Cambio Climático PLANMICC

Los procedimientos de uso de datos, selección de variables, selección de factores y cálculos de emisiones, fueron analizados por los especialistas sectoriales del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica en una fase preliminar de obtención de resultados, y posteriormente por especialistas sectoriales externos como parte de un proceso de revisión por pares o de simulación técnica de expertos, efectuada con el apoyo brindado por el Programa CBIT-GSP, mediante el cual se dieron jornadas de análisis sectoriales separados, en las que se efectuaron recomendaciones para la mejora de los cálculos y su presentación.

5.5.6 Nuevos cálculos de la categoría

Para los nuevos cálculos de la serie completa de inventarios los elementos principales que inciden en el cambio es la actualización de factores de emisión y parámetros resultado de aplicación de los refinamientos 2019 de las guías IPCC 2006, metodología en base a la cual se hicieron los recálculos para toda la serie histórica. De forma adicional los datos de fertilizantes también han sufrido una mínima actualización desde los registros del Banco Central del Ecuador, institución que refresca sus registros al término de cada año. El uso del factor de potencial de calentamiento global actualizado según el reporte AR5 es un aspecto adicional que incide en la diferencia.

De forma adicional es importante acotar que los datos de superficie sembrada y cosechada de algunos cultivos relevantes como las gramíneas fueron actualizados

por la fuente del dato la ESPAC del INEC, debido al cambio metodológico referente al marco muestral (mismo que fue detallado en la referencia de ajustes en datos de ganado), esta versión ajustada fue incorporada en este nuevo inventario. De igual manera la utilización del potencial de calentamiento global a 100 años del AR5 para óxido nítrico marca una diferencia notable hacia abajo con relación al anterior inventario que utilizó la referencia del reporte AR3.

Tabla 142. Suelos Agrícolas: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018
INGEI previo	4.320,0	4.318,0	4.612,9	4.947,5	5.009,3	5.186,0	4.904,6	4.889,3
INGEI actual	1.624,2	1.811,6	1.995,2	2.293,7	2.343,3	2.422,1	2.304,7	2.336,6
Diferencia	-2.695,85	-2.506,40	-2.617,73	-2.653,84	-2.666,04	-2.763,90	-2.599,84	-2.552,67
Diferencia %	-62%	-58%	-57%	-54%	-53%	-53%	-53%	-52%

Fuente: con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.5.7 Mejoras planificadas para la categoría

Para la incorporación de mejoras en los cálculos de la categoría se han identificado principalmente 2 acciones de orden más inmediato y con mayor viabilidad:

- Para el caso de los cultivos se plantea que se pueda realizar un análisis de contraste de la fuente actual ESPAC-INEC con información especial generada por el MAG, en tanto ésta última se vuelva más periódica y completa, en cuanto a cantidad de cultivos.
- Para la determinación de suelos orgánicos y otros parámetros como fracciones de cultivos quemados, por ejemplo, se puede trabajar de forma regional para obtener datos representativos que luego se puedan usar a nivel nacional.

5.6 Quema prescrita de sabanas (3E)

5.6.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Para la categoría de quema prescrita de sabanas, el Ecuador no ha reportado datos de emisiones correspondientes a esta categoría en ningún año del inventario, debido a que el país no cuenta con la definición específica de "sabanas" para ninguna de las coberturas de suelos con las que cuenta el país.

No se han realizado actualizaciones recientes respecto de esta consideración y tampoco se han tomado en cuenta coberturas de suelo similares para reportarlas en esta categoría, dado que algunas de éstas como páramos ya se reportan en el sector UTCUTS.

5.7 Quema de residuos agrícola en el campo (CRT 3.F)

5.7.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Para efectos de registro práctico las emisiones de quema de residuos agrícolas se registran de forma integrada con las emisiones de quema de biomasa de tierras forestales en el sector UTCUTS. "Habitualmente, las emisiones de no CO₂ de tierras de cultivo que permanecen como tales (particularmente de CH₄, CO, NO_x y N₂O) están relacionadas con el quemado de residuos agrícolas. El porcentaje de los residuos de cultivos agrícolas quemados in situ, que es la masa de combustible disponible para el quemado, debe estimarse teniendo en cuenta las fracciones recogidas antes del quemado debidas a consumo animal, descomposición en el campo, y uso en otros sectores." (Directrices IPCC 2006). Para la estimación de las emisiones de la categoría quema de biomasa por cultivos agrícolas se aplicó el método de nivel 1 de las Directrices del IPCC 2006.

La evolución de emisiones por quema de biomasa en cultivos agrícolas ha mantenido una tendencia de variabilidad muy baja en el periodo 1994-2022 registrando una tasa promedio de variación interanual de tan solo 0,05%. La práctica de la quema de residuos agrícolas en el país es realizada mayormente en los cultivos de gramíneas y cereales por su alto volumen de rastrojos.

Para el año 2022 existe un incremento en emisiones totales de la categoría de cerca del 6%, tomando en consideración el año base del inventario 1994, en tanto respecto del último año calculado en el reporte previo, la variación es de apenas un 0,7% de decrecimiento.

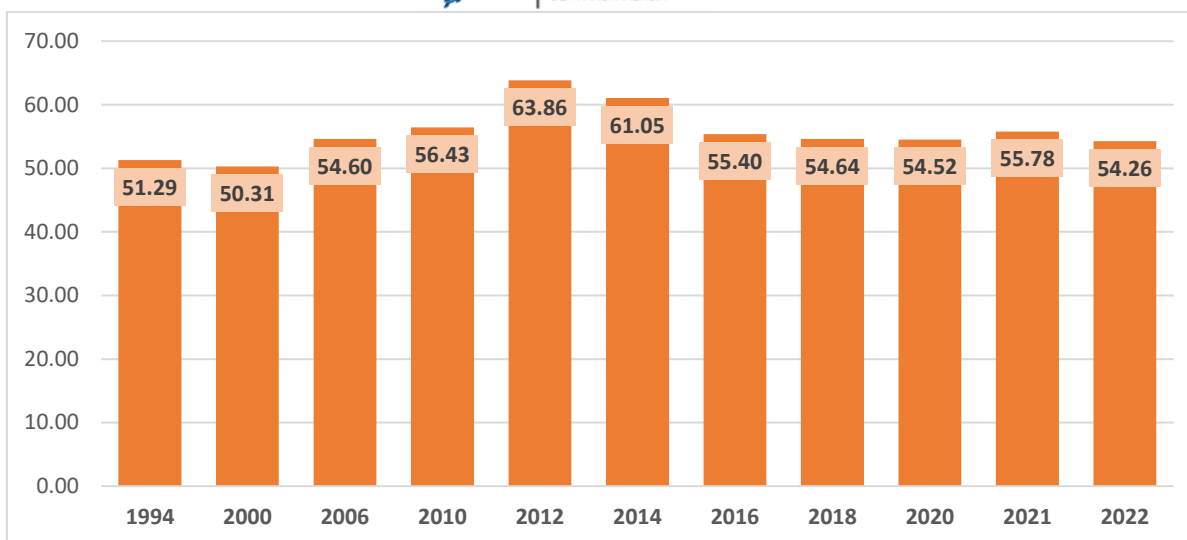
Cabe señalar que para el año 2022 esta categoría representa apenas un 0,5% del total de emisiones del sector.

Tabla 143. Quema de residuos agrícolas: total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Emisiones por quema de biomasa agrícola	51,29	50,31	54,60	56,43	63,86	61,05	55,40	54,64	54,52	55,78	54,62
Tasa de variación periodos		-1,92%	8,53%	3,35%	13,16%	-4,39%	-9,26%	-1,37%	-0,22%	2,31%	-2,09%
Tasa de variación interanual		-0,32%	1,42%	0,84%	6,58%	-2,20%	-4,63%	-0,69%	-0,11%	2,31%	-2,09%
Total	51,29	50,31	54,60	56,43	63,86	61,05	55,40	54,64	54,52	55,78	54,62

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 40. Quema de residuos agrícolas: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría

En las zonas tropicales, es práctica común quemar los residuos forestales sucesivamente hasta eliminarlos y eliminar la materia orgánica en su mayoría o por completo, y poder proceder a la agricultura. En algunos lugares, resulta necesario realizar hasta tres o cuatro quemas. Parte de la biomasa forestal aérea eliminada durante el proceso de conversión de tierras forestales en tierras de cultivo puede transferirse a productos de madera recolectada, mientras que una cierta cantidad se puede retirar del lugar para usarla como madera combustible (es decir, se quema fuera del lugar). Normalmente, lo que queda se quema in situ.

El método para utilizar para estimar las emisiones de no-CO₂ del quemado de biomasa en tierras convertidas en tierras de cultivo es esencialmente el mismo que el usado para tierras de cultivo que permanecen como tales. La elección del método está relacionada directamente con la disponibilidad de datos nacionales sobre la superficie de tierra convertida quemada, la masa de combustible disponible y los factores de combustión y emisión, en el caso del Ecuador esta información no es muy amplia por tanto se utiliza el nivel 1 de estimación.

5.7.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de la actividad necesarios para estimar las emisiones de no-CO₂ producidas por el quemado de biomasa se refieren a la superficie afectada por esta actividad. Los países deben estratificar la superficie convertida en tierras de cultivo a partir de tierras forestales y de pastizales, dado que la cantidad de combustible disponible para el quemado puede mostrar variaciones importantes

de una categoría a otra de uso de la tierra. La conversión más clave es la de tierras forestales en tierras de cultivo, debido a la gran cantidad de biomasa por hectárea.

En el caso de Ecuador se han considerado los tipos de cultivos más representativos en cuanto a esta práctica y para los cuales se cuenta con factores por defecto y datos de actividad claros generados de forma anual desde las fuentes estadísticas nacionales, en este caso la ESPAC del INEC. Además, se usó el dato de biomasa quemada de FAOSTAT, el cual se relaciona con los rendimientos de cada cultivo para obtener el dato final de superficie quemada por cultivo. Para la quema de residuos agrícolas se consideran los residuos de trigo, maíz, arroz, caña de azúcar, tubérculos y leguminosas.

Tabla 144 Quema de residuos agrícolas en el campo: datos de actividad por fuente de GEI (Has)

Suelos Agrícolas	SUPERFICIE SEMBRADA POR TIPO DE CULTIVO PRINCIPAL (Has)										
	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Trigo	19.540	14.259	9.747	8.533	9.591	6.167	4.619	3.336	6.880	6.202	4.510
Maíz	394.292	394.373	438.807	440.346	532.003	513.356	425.737	461.547	444.681	453.718	433.216
Arroz	336.356	328.971	357.558	393.137	411.459	375.820	385.039	301.853	315.023	342.967	343.061
Cebada	50.163	43.302	37.379	26.374	20.824	16.346	18.988	10.124	11.634	10.527	8.443
Caña de azúcar	91.352	91.294	91.236	106.928	106.926	113.293	125.587	132.771	142.010	130.677	141.031
Tubérculos	91.023	68.016	71.958	61.058	52.699	53.304	51.262	38.236	41.334	39.581	37.413
Leguminosas	146.643	103.105	112.382	103.210	113.577	79.477	62.613	45.638	41.949	59.410	50.867

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.7.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

En cuanto al Nivel 1 del cálculo en esta categoría, se debe suponer que todo el carbono de la biomasa aérea y de materia orgánica de la categoría de tierras anterior se pierde inmediatamente después de la conversión, en el caso del Ecuador de las tierras de cultivo que permanecen como tales. Los valores por defecto para biomasa previos a la conversión pueden encontrarse en los capítulos referidos a los respectivos usos de la tierra (p. ej., los factores por defecto para tierras forestales se encuentran en el capítulo referido a biomasa en tierras forestales). Para el cálculo de las emisiones de no-CO₂, se usan las estimaciones de la cantidad de combustible realmente quemado disponibles por defecto en el Cuadro 2.4 del capítulo 2 de las Guías IPCC 2006.

Cabe señalar de forma específica que los factores por defecto utilizados para el parámetro de masa de combustible disponible para la combustión, son tomados de las guías IPCC 2006, así se acoge los valores por defecto para los cultivos de gramíneas y cereales, mientras tanto para los tubérculos y leguminosas, se observa una práctica de quema de residuos menos intensa y poco abarcadora, bajo determinadas circunstancias y usos productivos, razón por la que sus factores de masa combustible disponible son mucho menores, estas definiciones fueron

derivadas de las variables de rendimiento, tasa de residuos generados y proporción de potenciales residuos destinados a la quema como práctica frecuente desde los informes por producto del MAG⁹.

Tabla 145. Quema de residuos agrícolas en el campo: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Subcategorías del año de reporte ¹	Masa de combustible disponible para la combustión ²	Factor de Combustión ³	Factor de Emisión para cada GHG	
	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]	
	(Tabla 2.4)	Tabla 2.6	Tabla 2.5	
	M _s	C _i	G _{ef}	
Trigo	4,00	0,9	CH ₃	2,7
			CO	92
			N ₂ O	0,07
			NO _x	2,5
Maíz	10,00	0,8	CH ₃	2,7
			CO	92
			N ₂ O	0,07
			NO _x	2,5
Arroz	5,50	0,8	CH ₄	2,7
			CO	92
			N ₂ O	0,07
			NO _x	2,5
Cebada	4,00	0,85	CH ₄	2,7
			CO	92
			N ₂ O	0,07
			NO _x	2,5
Caña de Azúcar	6,50	0,8	CH ₄	2,7
			CO	92
			N ₂ O	0,07
			NO _x	2,5
Tubérculos	6,50	0,8	CH ₄	2,7
			CO	92
			N ₂ O	0,07
			NO _x	2,5
Leguminosas	0,96	0,85	CH ₄	2,7
			CO	92
			N ₂ O	0,07
			NO _x	2,5

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.7.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplican flexibilidades para esta categoría.

5.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

⁹ Tendencia que fue confirmada en consulta específica realizada a los especialistas de producción agrícola y CGINA del Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG.

Las fuentes de incertidumbre surgen del uso de tasas de conversión promedio regionales establecidas por FAO para el caso de superficie quemada específica y básicamente los factores de combustión y emisión. Las guías IPCC 2006 proporcionan los datos sobre las incertidumbres asociadas con los factores de emisión y combustión, mientras que los relacionados con los datos de actividad se relacionan directamente con la incertidumbre de la fuente, en este caso la ESPAC del INEC.

La serie temporal guarda coherencia directa con la evolución de las series históricas de los cultivos principales considerados como parte de los datos de actividad. La variabilidad año a año de dichos datos guarda proporcionalidad también con los niveles de productividad que describen cada tipo de cultivo analizado en los cálculos.

5.7.5 AC/CC de la categoría

Los procesos de control de calidad en los cálculos de esta categoría comienzan con la depuración de los datos de actividad bajo el análisis de tendencias y posibles fluctuaciones indeterminadas. Esta depuración de la serie de datos de actividad se realiza contrastando con fuentes de datos alternativas y el análisis de contexto productivo.

Las consideraciones sobre la elección de los datos de actividad y las consideraciones sobre su pertinencia son las mismas aplicadas en el tema de cultivos ya detalladas en la sección de suelos agrícolas, ya que cuenta con los mismos referentes en el caso de consultas técnicas especializadas.

De forma complementaria cada categoría paso por una revisión por pares que contó con la participación de un equipo de especialistas sectoriales articulados por el CBIT GSP en un proceso de revisión pormenorizado de los inventarios.

5.7.6 Nuevos cálculos de la categoría

Para los nuevos cálculos de la serie completa de inventarios los elementos principales que inciden en el cambio es la actualización de factores de emisión y parámetros resultado de aplicación de los refinamientos 2019 de las guías IPCC 2006, metodología en base a la cual se hicieron los recálculos para toda la serie histórica, además del uso de los potenciales de calentamiento global actualizados según el informe AR5.

La diferencia de inventarios en promedio ronda el 13%, ésta mayormente se debe a la inclusión en este nuevo inventario de dos nuevos tipos de cultivo, que, aunque cuyas prácticas de quema de residuos no son muy significativas, dada su importancia en cuanto a superficie de cultivo se han considerado en las nuevas estimaciones, en concreto son los cultivos de tubérculos y leguminosas.

Tabla 146. Quema de residuos agrícolas en el campo: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018
INGEI previo	45,77	45,32	49,42	51,1	53,5	55,46	45,93	47,02
INGEI actual	51,29	50,31	54,6	56,43	63,86	61,05	55,4	54,64
Diferencia	5,52	4,99	5,18	5,33	10,36	5,59	9,47	7,62
Diferencia %	12,1%	11,0%	10,5%	10,4%	19,4%	10,1%	20,6%	16,2%

Fuente: con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.7.7 Mejoras planificadas para la categoría

Se prevé efectuar una indagación más amplia para corroborar la pertinencia de incluir otros cultivos en el cálculo, analizando paralelamente la disponibilidad de los factores de emisión específicos, al no estar disponibles en las guías IPCC 2006 refinamiento 2019.

5.8 Encalado (3G)

5.8.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Para el caso del Ecuador el procesamiento de datos de actividad parte de una base recabada sobre datos de producción doméstica de piedra caliza, correspondientes a información en el sector privado con las principales empresas productoras como: Calmosacorp, Caleras Huayco y la Asociación de Caleros del Chimborazo, ello sumado al dato de importaciones de la partida específica nos permite tener el dato de actividad, para el caso de dolomita al no tener producción local del insumo se utilizan únicamente los datos de importación provistos por el Banco Central del Ecuador.

Para el caso de la cal dolomita que también se usa en agricultura, este insumo no se produce en el país y el dato de actividad se obtiene de las importaciones enteramente, así como también los datos de tendencia, la fuente principal para ello es el Banco Central del Ecuador.

[Incluir una tabla de resumen del total de GEI de la categoría por fuente de GEI (en kt CO₂-eq), a lo menos incluir 1994, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020, 2021 y 2022 o, en el caso de aplicar flexibilidad, a lo menos el año de inicio y último año de la serie.

La tendencia de emisiones por utilización de cal en la agricultura ha tenido un comportamiento claramente creciente durante casi todo el periodo 1994 al 2022, evidenciando un repunte importante del año 2006 al año 2010, al año 1994 se registran 11,45 kt de CO₂-eq mientras que al año 2022 tenemos 23,79 kt de CO₂-eq, lo cual muestra un incremento del 104% en todo el periodo, en tanto la variación de emisiones registrado del inventario 2018 al inventario 2022 muestra un crecimiento del 11%.

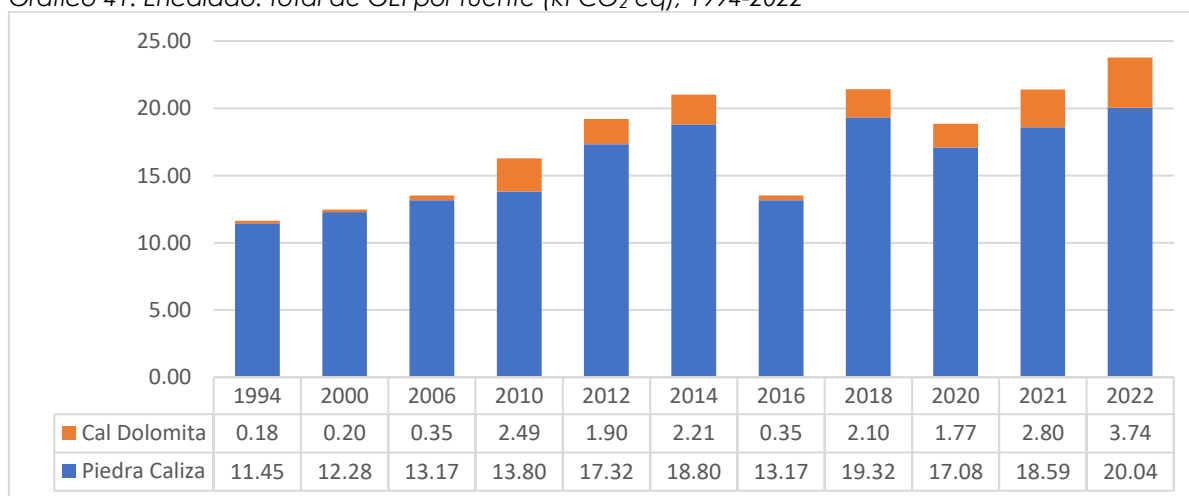
Los datos de estimación de la tendencia están soportados por insumos estadísticos de variables relacionadas a la producción y ventas del sector de piedra caliza, las ventas declaradas de las principales empresas, asociaciones de productores gremiales artesanales que tienen relevancia en el total, entre otros factores considerados para ajustar las tasas de variación respecto del dato obtenido para el inventario 2014.

Tabla 147. Encalado: total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq)

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Piedra Caliza	11,45	12,28	13,17	13,80	17,32	18,80	13,17	19,32	17,08	18,59	20,04
Cal Dolomita	0,18	0,20	0,35	2,49	1,90	2,21	0,35	2,10	1,77	2,80	3,74
Total	11,64	12,48	13,52	16,28	19,22	21,01	13,52	21,43	18,86	21,39	23,79

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 41. Encalado: total de GEI por fuente (kt CO₂ eq), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría

El encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos en sistemas gestionados, en particular en tierras agrícolas y bosques gestionados. El agregado de carbonatos a los suelos, en forma de cal (p. ej., piedra caliza cálcica (CaCO_3) o dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) conduce a emisiones de CO_2 , ya que las cales se disuelven y liberan bicarbonato (2HCO_3^-), que se convierte en CO_2 y agua (H_2O) (Directrices IPCC 2016).

Los cálculos de esta categoría fueron contrastados y consensuados con el sector de Procesos Industriales, para la determinación de proporciones de uso final y homologación de definiciones y fuentes de información.

5.8.2.1 Datos de actividad de la categoría

La mayor parte de la cal producida en el país está a cargo de pocas empresas, en concreto 4 de ellas proporcionaron información que alcanza casi el 50% del total, en tanto el otro 50% de la producción es realizada por pequeños productores de las zonas de Chimborazo y Cotopaxi, para lo cual la consulta fue realizada a la Asociación de caleros de dichas regiones. El levantamiento de la información de piedra caliza considera la producción artesanal de asociaciones de productores y la producción industrial de las principales empresas.

Los principales parámetros y fuentes usadas en la estimación del volumen producido de cal en el país se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 148. Parámetros y fuentes usadas en la estimación del volumen producido de cal

Variables utilizadas en cálculo inicial	Unidad	Fuentes
# hornos domésticos 2014	número	Cooperativa de Cal y Cementina Chimborazo; Asociación de Productores de Cal de Chimborazo-Cotopaxi, proyectado a 2014
Total toneladas producidas por horno x día	Tons	Cooperativa de Cal y Cementina Chimborazo; Asociación de Productores de cal de Chimborazo-Cotopaxi, proyectado a 2014
Días en producción	días	Cooperativa de Cal y Cementina Chimborazo; Asociación de Productores de cal de Chimborazo-Cotopaxi, proyectado a 2014
Producción nacional total artesanal	Tons	
Producción Industrias adicional	Tons	Información de calizas Hayco, Calmosacorp, Incoreg, Pacifico
Producción Total Nacional	Tons	
Porcentaje destinado para agricultura	%	Cooperativa de Cal y Cementina Chimborazo; Asociación de Productores de cal de Chimborazo-Cotopaxi, proyectado a 2014
Uso de cal en agricultura (domestica)	Tons	
Importación de piedra caliza	Tons	Banco Central del Ecuador 2022

Piedra Caliza total	Tons	
Producción de Dolomita	Tons	Empresas: Calmosacorp, Calcarios Huayco
Importación de Dolomita	Tons	Banco Central del Ecuador 2022
Porcentaje de Dolomita en agricultura	%	Cooperativa de Cal y Cementina Chimborazo; Asociación de Productores de cal de Chimborazo-Cotopaxi, proyectado a 2014
Uso de cal dolomita (Tons)	Tons	

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Dicha información derivada de las empresas de producción de cal, concretamente en relación con la piedra caliza, estuvo disponible únicamente hasta el año 2018, fecha a partir de la cual se realizó una extrapolación de datos agregados para el periodo 2019-2022. Dicho procedimiento de proyección se complementó con una modelización de los datos de industria de explotación de minerales no metálicos y datos de las ventas agregadas de la actividad de producción de piedra caliza según datos del Servicio de Rentas Internas. Esta modelización se hizo para ajustar la proyección de los datos de las empresas caleras con la tendencia real de toda la industria involucrada.

Inicialmente los datos más completos para la estimación de la información se disponen hasta el año 2014, contando con información posterior menos completa hasta el año 2018 (periodo para el cual se realizaron empalmes de información). A partir del año señalado se efectuó una extrapolación en base a la correlación de tasas de variación del dato de producción de la actividad de explotación de minerales no metálicos y actividades de apoyo a las minas y canteras obtenida en la matriz de valor agregado bruto del Banco Central del Ecuador para el periodo 2018-2022 y de igual manera en la modelización se incluye la evolución de la variable de ventas de la actividad CIUU B0810.12 Piedra caliza para la construcción en bruto, desbastada o simplemente troceada, de los datos del sistema de estadísticas multisectoriales del Servicio de Rentas Internas SRI, que refleja la evolución más focalizada del producto, variables de las cuales se obtiene una tasa de variación correlacionada para crear la evolución extrapolada. En el recálculo se actualizó los datos de actividad para toda la serie histórica presentada en el reporte (años puntuales de los inventarios presentados).

En cuanto a la variedad de cal tipo dolomita se usa únicamente el dato de importaciones (dato del producto comercial en concreto) según codificación específica Nandina de comercio exterior, aplicándole el porcentaje de uso con fines agrícolas derivado de las consultas hechas a los productores artesanales e industriales del producto, bajo el supuesto de que dicha fracción se mantiene constante durante los años, aspecto que se espera ir mejorando en términos de exactitud en siguientes estimaciones.

Tabla 149. Encalado: datos de actividad por fuente de GEI (Tons)

ENCALADO	Piedra Caliza (Tons)	Dolomita (Tons)
1994	26.032	761
2000	27.913	842
2006	29.929	1.462
2010	31.353	10.444
2012	39.359	7.972
2014	42.726	9.287
2016	41.309	9.287
2018	43.920	8.830
2020	38.826	7.440
2021	42.242	11.751

Fuente: Datos sector comercio exterior BCE, sector real BCE, estadísticas SRI por CIU

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.8.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión utilizados para la categoría son los proporcionados por las guías IPCC 2006 refinamiento 2019, correspondientes al volumen 4, Capítulo 11 (p. 11.31)

Tabla 150. Encalado: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Tipo de cal aplicada	Factor de Emisión [tons de C (ton de piedra caliza) ⁻¹]	Factor de emisión [tons de C (ton de dolomita) ⁻¹]
	Por defecto 0.12	Por defecto es 0.13
	EF_{Piedra caliza}	EF_{Dolomita}
Piedra caliza	0,12	
Cal Dolomita		0,13

Fuente: Guías IPCC 2006 ref. 2019

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.8.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de encalado se podría reflejar cierto nivel de aplicación de flexibilidad en el hecho de haber efectuado una estimación del dato de actividad para piedra caliza para el periodo 2018-2022 ante la falta de información para este lapso, aun cuando la misma proviene originalmente de datos históricos reales y derivados de las fuentes directas del sector productivo de la cal.

Por tanto, se considera que para los cálculos de esta categoría no se han aplicado provisiones de flexibilidad concretas, más si herramientas de apoyo a la obtención de los datos de actividad.

5.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal de emisiones de CO₂ por encalado se construyó partiendo de los datos 2014 obtenidos en consulta directa a asociaciones gremiales y principales empresas productoras de cal en el Ecuador, y para los datos históricos se toma en cuenta también la información de producción en torno a variables macroeconómicas obtenidas de la matriz insumo producto del Banco Central del Ecuador específicamente para el sector de minas y canteras, además de datos sobre ventas de las principales empresas productoras.

La serie temporal entonces guarda estrecha relación con la dinámica general del sector productivo de la cal y el direccionamiento de su producto hacia la actividad agrícola, la coherencia de la serie es alta respecto de variables relacionadas a la producción.

Las incertidumbres de la categoría son tomadas directamente de lo establecido para los factores de emisión por defecto señalados en las guías IPCC 2006 refinamiento 2019. En cuanto a la incertidumbre de los datos de actividad si se consideran valores altos, mismos que corresponden a la metodología usada para la estimación del dato final y los niveles de correlación de las variables utilizadas en la misma.

5.8.5 AC/CC de la categoría

El proceso de control y aseguramiento de la calidad del dato se efectúa justamente al integrar variables de complemento explicativo en la estimación, mismas que están relacionadas a la dinámica del sector productivo involucrado y además de las ventas de la actividad vinculada a la piedra caliza, que refleja también valores de mercado y dinámica agregada.

Se ha procedido también a contrastar datos, tendencias y consideraciones utilizadas con respecto a usos de la cal con el sector de procesos industriales, a fines de evitar doble contabilización y potenciales brechas en cuanto a definiciones o consideraciones complementarias.

La revisión de los cálculos y procedimientos de obtención de datos fueron validadas por los especialistas sectoriales del MAATE, así como también los resultados de la categoría pasaron por la consulta y revisión con expertos sectoriales externos contratados por el MAATE bajo la articulación del CBIT-GSP.

5.8.6 Nuevos cálculos de la categoría

No se evidencian cambios significativos en la serie histórica del cálculo de la categoría respecto de los inventarios anteriores, dado que no se han realizado mayores modificaciones a los datos de actividad y factores de emisión anteriormente utilizados, únicamente se refleja leves diferencias debido a la actualización de la metodología de refinamientos 2019 y algunos valores por importación de dolomita y la evolución de la industria de la piedra caliza en el país, es el caso específico del año 2016.

Tabla 151. Encalado: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018
INGEI previo	11,82	12,68	13,87	18,77	21,12	20,7	19,51	21,52
INGEI actual	11,64	12,48	13,52	16,28	19,22	21,01	13,52	21,43
Diferencia	-0,18	-0,20	-0,35	-2,49	-1,90	0,31	-5,99	-0,09
Diferencia %	-1,52%	-1,58%	-2,52%	-13,27%	-9,00%	1,50%	-30,70%	-0,42%

Fuente: con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.8.7 Mejoras planificadas para la categoría

Las principales mejoras previstas para la categoría tienen que ver directamente con la actualización y mejora de los datos de actividad, principalmente con el hecho de poder efectuar arreglos institucionales fuertes y permanentes para la provisión de información directamente desde las empresas productoras.

De igual manera se espera afinar el entendimiento de la fracción del producto total que es utilizada en agricultura bajo la comprensión de circunstancias, cultivos y modos de producción más recurrentes que cuentan con este insumo.

5.9 Aplicación de urea (3H)

5.9.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La urea que se utiliza en el Ecuador es importada en su totalidad ya que no se produce en el país. El consumo de urea es altamente sensible al precio por lo que se pueden observar fluctuaciones importantes también en ciertos años del análisis.

El agregado de urea a los suelos durante la fertilización conduce a una pérdida de CO₂ que se fija en el proceso de producción industrial, el bicarbonato que se forma se convierte en CO₂ y agua. Esta categoría de fuente se incluye porque la absorción de CO₂ de la atmósfera durante la fabricación de urea se estima en el sector de procesos industriales y uso de productos (directrices IPCC 2006).

La tendencia de emisiones de CO₂ a partir de la fertilización con urea ha tenido un comportamiento de variación interanual bastante fluctuante con incrementos continuos hasta 2012, pero a partir de 2014 a 2022 ha predominado un comportamiento decreciente en las importaciones, fuente principal de obtención del insumo para la agricultura.

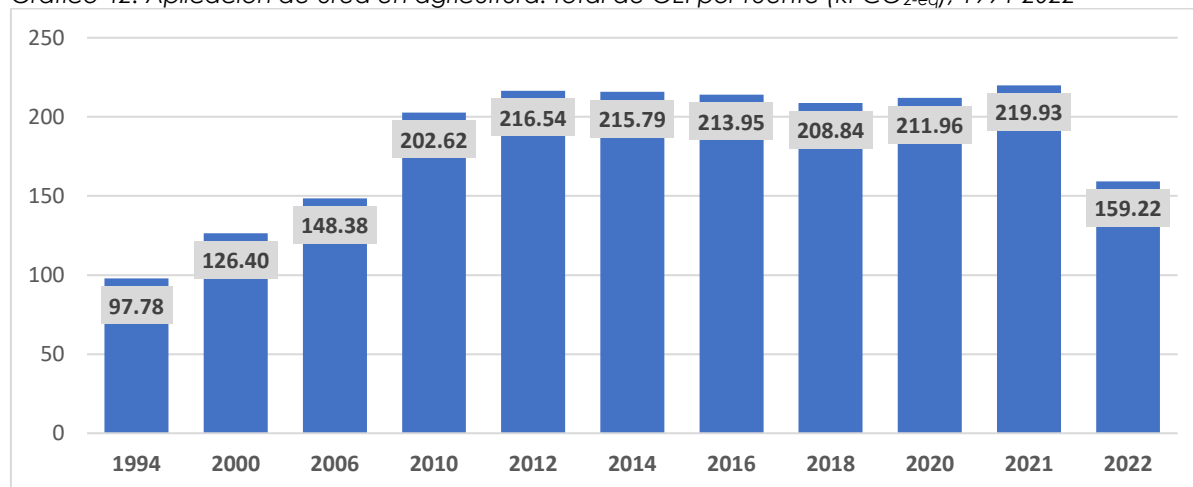
Las fluctuaciones importantes dadas antes del año 2012 tienen que ver directamente con la importación del producto y la entrada en vigor de política pública de compra y abastecimiento del insumo para el sector agrícola, temas de mercado como los precios también tienen incidencia directa en los volúmenes de urea utilizados. Al año 2022 los procesos de aplicación de urea al suelo han generado un total de casi 159,22 kt de CO_{2-eq} en emisiones como se muestra en la tabla siguiente. El incremento para todo el periodo, desde 1994 hasta 2022 es de cerca del 63%, mientras que la variación desde el ultimo inventario reportado en el año 2018 es de casi -24% al año 2022.

Tabla 152. Aplicación de Urea en agricultura: total de GEI por subcategoría (kt CO_{2-eq})

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Aplicación de urea	97,78	126,40	148,38	202,62	216,54	215,79	213,95	208,84	211,96	219,93	159,22
Tasa de variación periodos		29,27%	17,39%	36,55%	6,87%	-0,34%	-0,85%	-2,39%	1,49%	3,76%	-27,60%
Tasa de variación interanual		4,88%	2,90%	9,14%	3,43%	-0,17%	-0,43%	-1,19%	0,75%	3,76%	-27,60%
Total	97,78	126,40	148,38	202,62	216,54	215,79	213,95	208,84	211,96	219,93	159,22

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 42. Aplicación de urea en agricultura: total de GEI por fuente (kt CO_{2-eq}), 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.9.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Los cálculos siguen las especificaciones del capítulo 11 de las directrices IPCC 2006, sección 11.4 proceso detallado en las guías de reporte sección 1.1.1 página 8 y los cálculos se detallan en el libro de cálculos respectivo en la hoja 3C. Es importante acotar que aun cuando existen porcentajes poco representativos de utilización de urea en actividades diferentes a la agricultura se asume que toda la urea importada es direccionada a este sector.

5.9.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad para esta subcategoría se obtienen enteramente de las estadísticas de comercio exterior del Banco Central del Ecuador, que es la única fuente que registra de forma regular datos oficiales en torno a este insumo que no registra producción local sino únicamente proviene de la importación, dicha institución obtiene los datos de la Servicio Nacional de Aduana del Ecuador y el Ministerio de Agricultura y Ganadería toma y depura dichos datos para sus evaluaciones de política pública, como en los casos previamente mencionados de subvenciones a la compra.

Cabe señalar que los datos del registro de importaciones de urea son actualizados cada cierto periodo por la División especializada del Banco Central del Ecuador, en función de eliminar y/o corregir traslapes de inventarios que pueden suceder año a año, con el producto que se registra como importado y el que finalmente arriba al país y se distribuye o aquellos volúmenes que no se validan dentro de una codificación adecuada luego de su notificación de arribo al país, estos ajustes suelen ser mínimos pero de igual forma se reflejan ya ajustados en los recálculos de reporte a reporte.

Tabla 153. Aplicación de urea: datos de actividad (Tons)

Año	Urea (Tons)
1994	133.340,45
2000	172.370,38
2006	202.338
2010	276.303
2012	295.276
2014	294.262
2016	291.747
2018	284.780
2020	289.035
2021	299.903
2022	217.122

Fuente: Datos BCE

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.9.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Se utilizan los factores de emisión por defecto proporcionados por las Guías IPCC 2006 refinamientos 2019, del Volúmen 4, Cap 11 (p. 11.34)

Tabla 154. Aplicación de urea: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Subcategorías para el año de reporte	Factor de Emisión
	[toneladas de C (ton de urea) ⁻¹]
	factor por defecto 0.20
	EF
(a)	0,2

Fuente: Guías IPCC 2006 ref. 2019

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

5.9.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplican provisiones de flexibilidad para esta categoría.

5.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

La serie temporal de emisiones de CO₂ por aplicación de urea a los suelos es consistente con los datos y la evolución histórica de las importaciones de urea, considerado que no existe producción nacional representativa. Las fluctuaciones en los datos de actividad de la urea entre determinados años tienen que ver de forma directa con la incidencia del mercado internacional desde el punto de vista de la oferta especialmente y además de la incidencia de los programas gubernamentales del producto desde sus programas de apoyo al agro, además de las cadenas de abastecimiento.

La incertidumbre esta mayormente ligada al factor de emisión por defecto determinado en las guías IPCC 2006, refinamiento 2019.

5.9.5 AC/CC de la categoría

El control de calidad mayor se efectúa en el procesamiento del dato de actividad, al contrastar la base de información principal del Banco Central del Ecuador con bases de datos de FAOSTAT, Ministerio de Agricultura y Ganadería y la evolución de ventas de la actividad de comercialización de fertilizantes.

La revisión de los cálculos y procedimientos de obtención de datos fueron validadas por los especialistas sectoriales del MAATE, así como también los resultados de la categoría pasaron por la consulta y revisión con expertos sectoriales externos contratados por el MAATE bajo la articulación del CBIT-GSP.

5.9.6 Nuevos cálculos de la categoría

No se evidencian cambios en la serie histórica del cálculo de la categoría respecto a los inventarios anteriores, dado que no se han realizado mayores modificaciones a los datos de actividad y factores de emisión anteriormente utilizados. Únicamente para los años 2016 y 2018 se registran cambios debido a la actualización de la base de datos de fertilizantes importados por parte del BCE, debido a los cambios de stock y revisión de inventarios de periodos previos, evitando así doble contabilidad en la fuente. Así mismo el uso del potencial de calentamiento global actualizado referido al informe AR5 es un aspecto de incidencia en esta diferencia.

Tabla 155. Aplicación de urea: comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂-eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018
INGEI previo	97,78	126,40	148,38	202,62	216,54	215,79	189,02	187,20
INGEI actual	97,78	126,40	148,38	202,62	216,54	215,79	213,95	208,84
Diferencia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,93	21,64
Diferencia %	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	13,19%	11,56%

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja **Table8s1** de los CRT.

5.9.7 Mejoras planificadas para la categoría

El plan de mejoras general no considera acciones específicas para esta categoría al no ser identificada como una de las categorías principales en el análisis de nivel o tendencia, sin embargo se puede trabajar de mejor manera a futuro con la especificación de los volúmenes netos de urea aplicados a los suelos agrícolas incluyendo para esto también poco a poco la tendencia de aplicación de urea obtenida desde la Encuesta de Producción Agrícola Continua ESPAC del INEC, que empieza a levantar esta variable específica desde el año 2014.

6 USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (4)

6.1 Panorama general del sector

El área considerada en la presentación de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso de la Tierra, Cambio de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) de Ecuador abarca el 100% de su territorio continental, con una superficie aproximada de 24.898.221 hectáreas, excluyendo las Islas Galápagos y otras islas menores. Esta delimitación jurisdiccional oficial es fundamental para la cobertura geográfica del monitoreo de los bosques y el cambio de uso de la tierra, una labor que es llevada a cabo por el MAATE.

Esta cobertura asegura la inclusión de todas las dinámicas de cambio forestal en el territorio continental, proporcionando así un marco consistente y robusto para la evaluación de las emisiones y absorciones de GEI derivadas del uso y cambio de uso del suelo. Además, fortalece la capacidad del país para cumplir con los compromisos internacionales, como el Acuerdo de París, y para implementar estrategias nacionales orientadas a la mitigación del cambio climático.

La siguiente table muestra la Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental en distintos periodos (1990-2022), evidenciando cambios significativos en las principales categorías.

Tabla 156. Evolución de la Cobertura y Uso de la Tierra en el Ecuador Continental (1990-2022)

obertura y uso de la tierra del ecuador continental									
Nivel1	Nivel2	Superficie 1990 (ha)	Superficie 2000 (ha)	Superficie 2008 (ha)	Superficie 2014 (ha)	Superficie 2016 (ha)	Superficie 2018 (ha)	Superficie 2020 (ha)	Superficie 2022 (ha)
Bosque	Bosque nativo	14.587.771	13.660.354	13.038.367	12.753.387	12.631.198	12.514.340	12.325.236	12.128.669
	Plantación forestal	44.443	70.150	62.197	130.072	123.720	121.995	120.917	115.150
Tierra agropecuaria	Cultivo anual	718.899	703.539	611.942	1.094.905	8.933.864	8.999.553	8.196.971	8.127.456
	Cultivo semipermanente	151.649	218.204	260.389	480.132				
	Cultivo permanente	35.592	114.303	167.306	917.407				
	Mosaico agropecuario	4.398.855	5.844.288	6.337.045	1.266.774				
	Pastizal	1.092.682	1.279.029	1.454.890	4.959.939			995.959	1.259.837
Vegetación arbustiva y herbácea	Vegetación arbustiva	732.029	634.573	587.500	810.627	763.180	768.909	814.396	816.239
	Vegetación herbácea	108.028	126.308	109.528	89.167	83.035	85.768		
	Paramo	1.566.273	1.535.575	1.465.936	1.523.970	1.515.272	1.521.160	1.513.883	1.489.267
Cuerpo de agua	Natural	350.880	351.095	348.473	305.169	295.476	291.292	333.553	339.862
	Artificial	138.041	124.603	157.678	199.934	199.287	200.706	297	321
Zona antrópica	Área poblada	62.968	109.861	165.538	224.935	229.182	255.252	261.794	269.253
	Infraestructura	1.209	5.524	11.616	21.207	23.884	30.656	229.793	260.338
Otras tierras	Área sin cobertura vegetal	99.339	112.682	109.687	112.568	93.842	102.446	99.697	85.016
	Glaciar	11.431	7.973	9.968	7.866	6.279	6.144	2.409	6.008
Sin información	Sin información	797.972	0	0	0	0	0	3.315	805
Total área		24.898.060	24.898.060	24.898.060	24.898.060	24.898.221	24.898.221	24.898.221	24.898.221

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Entre los aspectos más destacados, se observa una disminución constante en la superficie de bosque nativo, que pasó de 14,5 millones de ha en 1990 a 12,1 millones de ha en 2022, reflejando un proceso de deforestación continuo. Paralelamente, se registra un incremento en las áreas destinadas a la agricultura y pastizales, así como en las zonas urbanas e infraestructuras, lo que ha contribuido al aumento de emisiones de GEI.

Por otra parte, es importante señalar la distribución de las Tierras Forestales que permanecen como tales bajo un régimen de protección legal en el Ecuador, con base en el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques de la Dirección de Bosques del MAATE (2024). Las diferentes categorías de bosque nativo están asociadas a regiones y zonas climáticas específicas según las directrices del IPCC.

Tabla 157. Subcategorías de Tierras Forestales en el Ecuador y su Correspondencia con las Regiones y Zonas Climáticas del IPCC

Subcategorías de tierras forestales	Región y zona climática IPCC
B. Seco andino	Tropical dry / tropical dry forest / TAWb
B. Seco Pluvioestacional	Tropical dry / tropical dry forest / TAWb
B. Siempre verde andino Montano	Tropical montane / tropical mountain systems / TM
B. Siempre verde andino Pie montano	Tropical wet / tropical rainforest / TAr
B. Siempre verde andino de Ceja Andina	Tropical montane / tropical mountain systems / TM
B. Siempre verde de tierras bajas de la Amazonía	Tropical wet / tropical rainforest / TAr
B. Siempre verde de tierras bajas del Chocó	Tropical wet / tropical rainforest / TAr
Manglar	Tropical wet / tropical rainforest / TAr
Moretal	Tropical wet / tropical rainforest / TAr

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.1.1 Enfoques de las Directrices del IPCC 2006

Las Directrices del IPCC 2006 definen tres enfoques principales para la recopilación y análisis de datos en el sector UTCUTS, en relación con la representación espacial de los cambios en el uso de la tierra:

- **Enfoque 1:** Cambios en el área total por categoría de uso de la tierra, pero sin información espacial específica. No permite rastrear conversiones entre usos.
- **Enfoque 2:** Cambios en el área de uso de la tierra con información espacial. Permite rastrear las transiciones entre usos, aunque no se localizan geográficamente.
- **Enfoque 3:** Cambios en el área de uso de la tierra con información espacial detallada. Rastread transiciones en un sistema georreferenciado, permitiendo identificar ubicaciones específicas y analizar su dinámica en el tiempo.

El **Enfoque 3** es el más detallado y generalmente implica el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y datos obtenidos mediante sensores remotos.

6.1.2 Implementación del Método 3 en Ecuador

El Método 3, recomendado por las Directrices del IPCC, se basa en la utilización de modelos detallados, inventarios específicos y datos georreferenciados que permiten estimaciones precisas de emisiones y absorciones en el sector UTCUTS. En Ecuador, la adopción de este método puede ser fortalecida mediante la integración de herramientas ya existentes, como el SNMB, inventarios forestales nacionales y análisis en campo.

La implementación del Método 3 en el contexto nacional requiere maximizar el uso de datos locales como el Incremento Medio Anual (IMA), la densidad básica de la madera, el Factor de Expansión de la Biomasa (BEF), Factores de Emisión por tipo de Bosque propios del país y la relación biomasa subterránea/biomasa aérea (R), asegurando su adaptación a las condiciones específicas de los ecosistemas ecuatorianos. Este enfoque permite avanzar desde estimaciones genéricas (Tier 1) hacia factores nacionales más detallados (Tier 2 y Tier 3), reduciendo la incertidumbre y fortaleciendo la credibilidad de los reportes.

El Método 3 utilizado por el Ecuador para este reporte, se adapta al sistema nacional y, además, realiza una articulación interinstitucional más sólida para garantizar que los datos de actividad y los factores de emisión se actualicen y validen periódicamente. Asimismo, la creación de protocolos específicos de recopilación y reporte facilitará la alineación con las recomendaciones del IPCC, promoviendo una mayor transparencia en las comunicaciones nacionales. Este esfuerzo no solo fortalecerá la calidad del INGEI, sino que también permitirá al país cumplir con sus compromisos internacionales de manera verificable y robusta.

6.1.3 Descripción del sector

En el sector UTCUTS, se analizan las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), así como también las absorciones de CO_2 , generadas por las categorías de tierras forestales (4.A), tierras de cultivo (4.B), pastizales (4.C), humedales (4.D), asentamientos (4.E), otras tierras (4.F) y quema de biomasa (4(IV)). Este sector es crucial en el contexto nacional por su capacidad de mitigación a través de las absorciones de CO_2 , además de su conexión con otros reportes clave como el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación, el Anexo Técnico de REDD+, la Evaluación Nacional Forestal y la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC).

Las principales fuentes de absorción de CO_2 en Ecuador provienen del crecimiento de plantaciones forestales y de los bosques que se encuentran bajo regímenes de protección legal. Estas áreas incluyen el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el Proyecto Socio Bosque (PSB) y los Bosques Protectores, los cuales juegan un papel estratégico en la sostenibilidad ambiental del país.

De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, el sector UTCUTS considera tres depósitos de carbono: Biomasa (aérea y subterránea), Materia Orgánica Muerta (madera muerta y hojarasca) y Suelo. No obstante, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector UTCUTS solo incluye los primeros dos

depósitos, ya que el carbono del suelo no se ha calculado debido a la falta de información requerida¹⁰.

De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, el sector UTCUTS considera tres depósitos de carbono: Biomasa (aérea y subterránea), Materia Orgánica Muerta (madera muerta y hojarasca) y Suelo. No obstante, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector UTCUTS solo incluye los primeros dos depósitos, ya que el carbono del suelo no se ha calculado debido a la falta de información requerida¹¹.

Si bien las Directrices del IPCC 2006 destacan la importancia de considerar el carbono almacenado en el suelo como un depósito clave en el sector UTCUTS, Ecuador no ha incluido esta variable en el presente inventario debido a la limitada disponibilidad de información nacional sobre suelos orgánicos y prácticas de manejo asociadas, como el drenaje. Aunque se cuenta con esfuerzos aislados, como estudios sobre turberas en páramos realizados por la academia, estos no son representativos a nivel nacional y su incorporación podría generar altos niveles de incertidumbre en las estimaciones. En este contexto, Ecuador prioriza la generación y validación de datos locales, considerando las particularidades de sus ecosistemas, antes de incluir esta variable en sus inventarios futuros. Este esfuerzo requerirá el fortalecimiento de la colaboración con instituciones académicas y científicas, así como el monitoreo que permita caracterizar de manera integral los suelos orgánicos y sus dinámicas de carbono.

En el caso de los Productos de Madera Recolectada (PMR), Ecuador no ha incluido esta categoría en las estimaciones del sector UTCUTS debido a la ausencia de un sistema consolidado de monitoreo que permita rastrear de manera integral el ciclo de vida de los productos de madera, desde su recolección hasta su disposición final. Si bien las Directrices del IPCC permiten la utilización de factores de emisión por defecto en un Nivel 1, el país ha priorizado el desarrollo de datos específicos que reflejen las particularidades nacionales y reduzcan la incertidumbre en las estimaciones de carbono almacenado en los PMR. Para reducir esta brecha, el país deberá a futuro trabajar en la implementación de un sistema de trazabilidad de la madera que permita identificar de manera más precisa los flujos de carbono asociados a los PMR, considerando factores como el uso, la vida útil y el destino final de estos productos.

¹⁰ Ecuador se encuentra en proceso de actualización y generación de factores de emisión que considerarán el depósito de carbono del suelo, en la Segunda Evaluación Nacional Forestal.

¹¹ Ecuador se encuentra en proceso de actualización y generación de factores de emisión que considerarán el depósito de carbono del suelo, en la Segunda Evaluación Nacional Forestal.

Este esfuerzo requerirá una colaboración interinstitucional más sólida y el involucramiento de actores clave del sector forestal para garantizar la calidad y consistencia de los datos. La meta es incluir esta categoría en los próximos ciclos de inventarios de manera coherente con la serie temporal de emisiones y absorciones reportadas, asegurando así su alineación con los compromisos internacionales del país.

6.1.4 Tendencia de los GEI del sector

En el año 2022, las emisiones netas¹² de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector UTCUTS en Ecuador ascendieron a 25.823,20 kt¹³ CO_{2-eq}, resultado de un balance entre emisiones y absorciones. La categoría de Tierras Forestales (4.A) se destacó como el principal sumidero de carbono, con una absorción neta de -17.014,15 kt CO_{2-eq}¹⁴, lo que representa un 65,89% de las emisiones netas del sector. Esto se debe principalmente a las tierras forestales que permanecen en su estado original, las cuales absorben -16.962,80 kt CO_{2-eq}¹⁵, reflejando los efectos positivos de la conservación y manejo forestal sostenible. Además, las tierras convertidas en forestales contribuyeron con emisiones menores, evidenciando los beneficios de la regeneración natural de tierras abandonadas, así como los programas de reforestación y restauración de áreas degradadas.

Por otro lado, la categoría de Tierras de Cultivo (4.B) es la mayor fuente de emisiones, generando 36.768,47 kt CO_{2-eq}, lo que equivale a un 142,34% de las emisiones netas. La mayor parte de estas emisiones proviene de las conversiones de tierras forestales a tierras agrícolas, subrayando el impacto significativo de la expansión agrícola en el balance de carbono.

Los Pastizales (4.C) también presentan un balance complejo, con emisiones netas de 1.299,66 kt CO_{2-eq}. A pesar de la absorción en ciertas subcategorías, las conversiones de tierras forestales en pastizales reflejan un impacto negativo en términos de emisiones. De manera similar, los Humedales (4.D) contribuyeron con 2,84 kt CO_{2-eq} a las emisiones netas, principalmente debido a la conversión de tierras forestales en humedales, aunque en una magnitud mucho menor que otras categorías.

¹² El término emisiones netas se refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq).

¹³ kt= kilotoneladas

¹⁴ Las absorciones se representan con signo negativo (-) diferenciando su condición de stock de carbono.

¹⁵ Las absorciones comprenden la captura de CO₂ a través de la biomasa de cualquier cobertura vegetal o uso de la tierra.

En cuanto a los Asentamientos (4.E), estas tierras generaron 3.954,44 kt CO_{2-eq}, destacando la conversión de tierras forestales en áreas urbanas como la principal fuente. Finalmente, las Otras Tierras (4.F) y la Quema de Biomasa (4(IV)) aportaron 783,86 kt CO_{2-eq} y 28,08 kt CO_{2-eq} respectivamente, reflejando el impacto de la degradación de diversas áreas y los incendios forestales.

Este panorama evidencia la importancia de las tierras forestales como sumidero clave para la mitigación del cambio climático. No obstante, las altas emisiones provenientes de las conversiones hacia tierras agrícolas y pastizales subrayan la necesidad urgente de implementar políticas de uso del suelo sostenibles y prácticas de restauración a gran escala.

Tabla 158. Emisiones de GEI y absorciones de CO₂ del sector UTCUTS por categoría y subcategoría (kt) para el año 2022

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (ktC O ₂ eq)	PFC (ktCO ₂ eq)	SF ₆ (ktCO ₂ eq)	NF ₃ (ktCO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	CO VD M (kt)	SO ₂ (kt)
4	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	25.823,20	12,09	3,37					NE	NE	NE	
4.A	Tierras forestales	-17.014,15	NE						NE	NE	NE	
4.A.1	Tierras forestales que permanecen como tales	-16.692,80	NE	NE					NE	NE	NE	
4.A.2	Tierras convertidas en tierras forestales	-51,36	NE	NE					NE	NE	NE	
4.A.2.a	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-49,09	NE	NE					NE	NE	NE	
4.A.2.b	Pastizales convertidos en tierras forestales	-1,20	NE	NE					NE	NE	NE	
4.A.2.c	Humedales convertidos en tierras forestales	-0,26	NE	NE					NE	NE	NE	
4.A.2.d	Asentamientos convertidos en tierras forestales	0,00	NE	NE					NE	NE	NE	
4.A.2.e	Otras tierras convertidas en tierras forestales	-0,81	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B	Tierras de cultivo	36.768,47	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B.1	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NE	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B.2	Tierras convertidas en tierras de cultivo	36.768,47	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B.2.a	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	35.423,80	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B.2.b	Pastizales convertidos en tierras de cultivo	1.418,41	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B.2.c	Humedales convertidos en tierras de cultivo	-30,54	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B.2.d	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	-3,13	NE	NE					NE	NE	NE	
4.B.2.e	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	-40,08	NE	NE					NE	NE	NE	
4.C	Pastizales	1.299,66	NE	NE					NE	NE	NE	

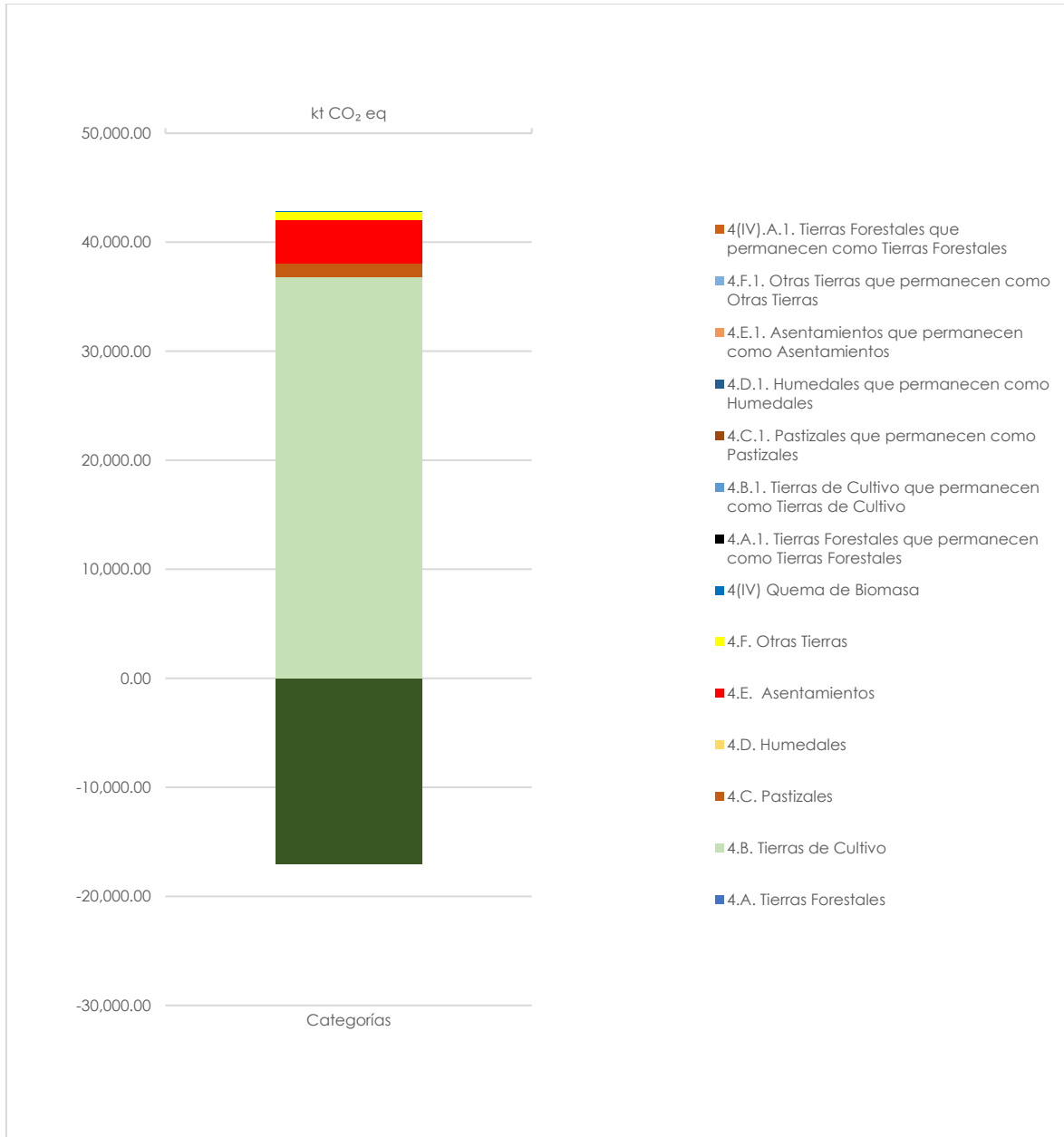
Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (ktC O ₂ eq)	PFC (ktCO ₂ eq)	SF ₆ (ktCO ₂ eq)	NF ₃ (ktCO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	CO VD M (kt)	SO ₂ (kt)
4.C.1	Pastizales que permanecen como tales	NE	NE	NE					NE	NE	NE	
4.C.2	Tierras convertidas en pastizales	1.299,66	NE	NE					NE	NE	NE	
4.C.2.a	Tierras forestales convertidas en pastizales	188,02	NE	NE					NE	NE	NE	
4.C.2.b	Tierras de cultivo convertidas en pastizales	1.142,26	NE	NE					NE	NE	NE	
4.C.2.c	Humedales convertidos en pastizales	-14,73	NE	NE					NE	NE	NE	
4.C.2.d	Asentamientos convertidos en pastizales	0,00	NE	NE					NE	NE	NE	
4.C.2.e	Otras tierras convertidas en pastizales	-15,89	NE	NE					NE	NE	NE	
4.D	Humedales	2,84	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.1	Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.2	Tierras convertidas en humedales	2,84	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.2.a	Tierras forestales convertidas en humedales	2,27	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.2.b	Tierras de cultivo convertidas en humedales	0,23	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.2.c	Pastizales convertidos en humedales	0,35	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.2.d	Asentamientos convertidos en humedales	0,00	NE	NE					NA	NA	NA	
4.D.2.e	Otras tierras convertidas en humedales	0,00	NE	NE					NA	NA	NA	
4.E	Asentamientos	3.954,44	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.1	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2	Tierras convertidas en asentamientos	3.954,44	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.a	Tierras forestales convertidas en asentamientos	828,16	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.b	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	2.859,40	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.c	Pastizales convertidos en asentamientos	266,88	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.d	Humedales convertidos en asentamientos	0,00	NA	NA					NA	NA	NA	
4.E.2.e	Otras tierras convertidas en asentamientos	0,00	NA	NA					NA	NA	NA	
4.F	Otras tierras	783,86	NE	NA					NA	NA	NA	
4.F.1	Otras tierras que permanecen como tales	NE	NE	NA					NA	NA	NA	
4.F.2	Tierras convertidas en otras tierras	783,86	NE	NA					NA	NA	NA	
4.F.2.a	Tierras forestales convertidas en otras tierras	161,22	NE	NA					NA	NA	NA	
4.F.2.b	Tierras de cultivo convertidas en otras tierras	558,44	NE	NA					NA	NA	NA	
4.F.2.c	Pastizales convertidos en otras tierras	64,21	NE	NA					NA	NA	NA	
4.F.2.d	Humedales convertidos en otras tierras	0,00	NE	NA					NA	NA	NA	

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (ktC O ₂ eq)	PFC (ktCO ₂ eq)	SF ₆ (ktCO ₂ eq)	NF ₃ (ktCO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	CO VD M (kt)	SO ₂ (kt)
4.F.2.e	Asentamientos convertidos en otras tierras	0,00	NE	NA					NA	NA	NA	
4.G	Productos de madera recolectada	NE										
4(IV)	Otros (Quema de biomasa / incendios forestales) ¹⁶	IE	21,96	6,11					0.02	0.72	NE	

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

¹⁶ Las emisiones de CO₂ provocadas por incendios forestales se reporta en la categoría de tierras forestales (perturbaciones por incendios forestales)

Gráfico 43. Distribución de emisiones (+) y absorciones (-) de GEI por categoría y subcategoría en el sector UTCUTS



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Las emisiones netas de GEI del sector UTCUTS para el año 2022, estimadas en 25.823,20 kt CO₂-eq, representan una disminución significativa del 59% en comparación con el año 1994, cuando las emisiones alcanzaban 62.875,45 kt CO₂-eq. Sin embargo, al comparar con el año 2014, cuando las emisiones netas fueron de 30.968,43 kt CO₂-eq, se registra una disminución del 16,6% en las emisiones para

2022. Este cambio refleja tanto mejoras en la gestión de tierras forestales como fluctuaciones en las tasas de deforestación y otros usos del suelo en los últimos años.

En la serie histórica de deforestación en Ecuador, se aprecia una tendencia decreciente en la deforestación bruta promedio anual hasta el año 2018, alcanzando su menor nivel durante el periodo 2016-2018, con un promedio de 82.529 ha/año. Sin embargo, esta tendencia se revierte en el periodo 2018-2022, con un incremento a 95.570 ha/año en el periodo 2020-2022. Este aumento en la tasa de deforestación ha impactado directamente en las emisiones del sector UTCUTS, contribuyendo al reciente incremento en las emisiones netas.

También, se observa que las Tierras Forestales (4.A) han jugado un papel crucial como sumideros de carbono. En 1994, estas tierras emitían 8.267,23 kt CO₂-eq, mientras que para 2022 reportan una absorción neta de -17.014,15 kt CO₂-eq, reflejando un esfuerzo significativo en conservación y manejo forestal. Por el contrario, las Tierras de Cultivo (4.B) han sido la principal fuente de emisiones, con un aumento constante desde 52.226,71 kt CO₂-eq en 1994 a 36.768,47 kt CO₂-eq en 2022, evidenciando el impacto de las conversiones hacia tierras agrícolas.

Entre los principales tipos de bosque que experimentaron un aumento en la deforestación durante el periodo 2020-2022 se encuentran el Bosque Seco Pluvistacional, cuya deforestación pasó de 12.597 ha/año en el periodo 2018-2020 a 15.997 ha/año en 2020-2022. De igual forma, en los Bosques Siempre Verdes de Tierras Bajas de la Amazonía, la deforestación aumentó de 28.246 ha/año a 30.014 ha/año. Estos incrementos en la deforestación explican el reciente aumento en las emisiones del sector.

Aunque las políticas de conservación, como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y el Programa Socio Bosque (PSB), han sido efectivas en reducir las tasas de deforestación en ciertos periodos, la reciente reversión de esta tendencia ha limitado las ganancias en absorción de carbono por parte de las tierras forestales. Esto ha contribuido al aumento en las emisiones netas del sector UTCUTS en los últimos años¹⁷.

Tabla 159. Balance de GEI por categorías (kt CO₂-eq) para el sector UTCUTS, serie 1994-2022

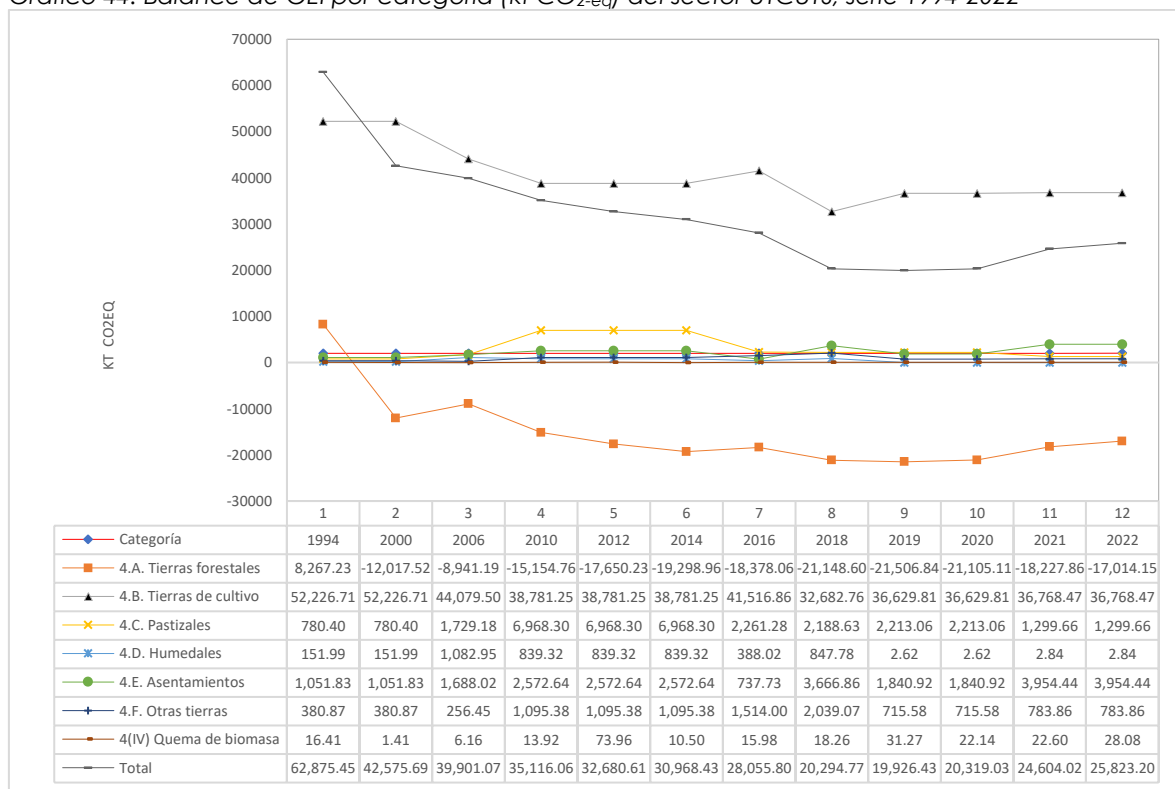
Categoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
4.A. Tierras forestales	8.267,23	-	-8.941,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B. Tierras de cultivo	52.226,71	52.226,71	44.079,50	38.781,25	38.781,25	38.781,25	41.516,86	32.682,76	36.629,81	36.629,81	36.768,47	36.768,47

¹⁷ La reducción de la deforestación se aprecia en la disminución que se registra en la categoría "cambio de uso de tierras forestales a otros usos".

4.C. Pastizales	780,40	780,40	1.729,18	6.968,30	6.968,30	6.968,30	2.261,28	2.188,63	2.213,06	2.213,06	1.299,66	1.299,66
4.D. Humedales	151,99	151,99	1.082,95	839,32	839,32	839,32	388,02	847,78	2,62	2,62	2,84	2,84
4.E. Asentamientos	1.051,83	1.051,83	1.688,02	2.572,64	2.572,64	2.572,64	737,73	3.666,86	1.840,92	1.840,92	3.954,44	3.954,44
4.F. Otras tierras	380,87	380,87	256,45	1.095,38	1.095,38	1.095,38	1.514,00	2.039,07	715,58	715,58	783,86	783,86
4(IV) Quema de biomasa	16,41	1,41	6,16	13,92	73,96	10,50	15,98	18,26	31,27	22,14	22,60	28,08
Total	62.875,45	42.575,69	39.901,07	35.116,06	32.680,61	30.968,43	28.055,80	20.294,77	19.926,43	20.319,03	24.604,02	25.823,20

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 44. Balance de GEI por categoría (kt CO₂-eq) del sector UTCUTS, serie 1994-2022



Nota: Valores positivos representan emisiones de GEI mientras que los negativos representan absorciones de CO₂.
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

De las emisiones netas de GEI del sector UTCUTS, estimadas en 25.823,20 kt CO₂-eq para el año 2022, el 99,91% corresponde a las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO₂) provenientes de las principales categorías: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras. Por otro lado, el 0,09% restante se atribuye a las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), generadas principalmente por la quema de biomasa. En este sentido, estos datos evidencian que el sector UTCUTS está claramente dominado por las dinámicas asociadas al CO₂, mientras que las emisiones de CH₄ y N₂O tienen una contribución marginal al total.

En cuanto a las emisiones netas de CO₂ reportadas para 2022 (25.823,20 kt CO₂-eq), estas representan una reducción del 59% en comparación con 1994 (62.875,45 kt CO₂-eq). Asimismo, al considerar el año 2014, cuando las emisiones alcanzaron los 30.968,43 kt CO₂-eq, se observa una disminución del 16,7% en 2022, lo que refleja avances significativos en la conservación y el manejo de tierras forestales durante ciertos periodos de la serie histórica.

Por otra parte, comparando con 2016, cuando las emisiones de CO₂ fueron de 28.055,80 kt CO₂-eq, las cifras de 2022 muestran una reducción del 8%. Sin embargo, al contrastar con 2020, año en el que las emisiones fueron de 20.319,03 kt CO₂-eq, las emisiones de 2022 presentan un aumento considerable, lo cual sugiere un cambio reciente hacia una tendencia al alza.

Es importante destacar que la reducción de emisiones de CO₂ en ciertos periodos históricos está asociada al incremento progresivo de tierras forestales bajo protección legal, como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el Proyecto Socio Bosque (PSB) y los Bosques Protectores. Además, también influyó la disminución en la conversión de tierras forestales hacia otros usos. No obstante, el reciente aumento de la deforestación, registrado entre 2018-2020 y 2020-2022, ha revertido parcialmente estas mejoras, limitando el potencial de mitigación de carbono por parte de las tierras forestales.

Por otro lado, las emisiones netas de CH₄ para 2022, que representan el 0,06% del total del sector y provienen principalmente de la quema de biomasa, se han mantenido relativamente estables a lo largo de los años, sin mostrar una tendencia clara de aumento o disminución. Esto se debe, en gran medida, a la variabilidad en la ocurrencia de incendios forestales, los cuales influyen significativamente en estas emisiones.

De manera similar, las emisiones netas de N₂O, también asociadas a la quema de biomasa, no presentan una tendencia definida en la serie histórica. Estas fluctuaciones están estrechamente relacionadas con la intensidad y la extensión de los incendios forestales, lo que dificulta la identificación de patrones consistentes a lo largo del tiempo.

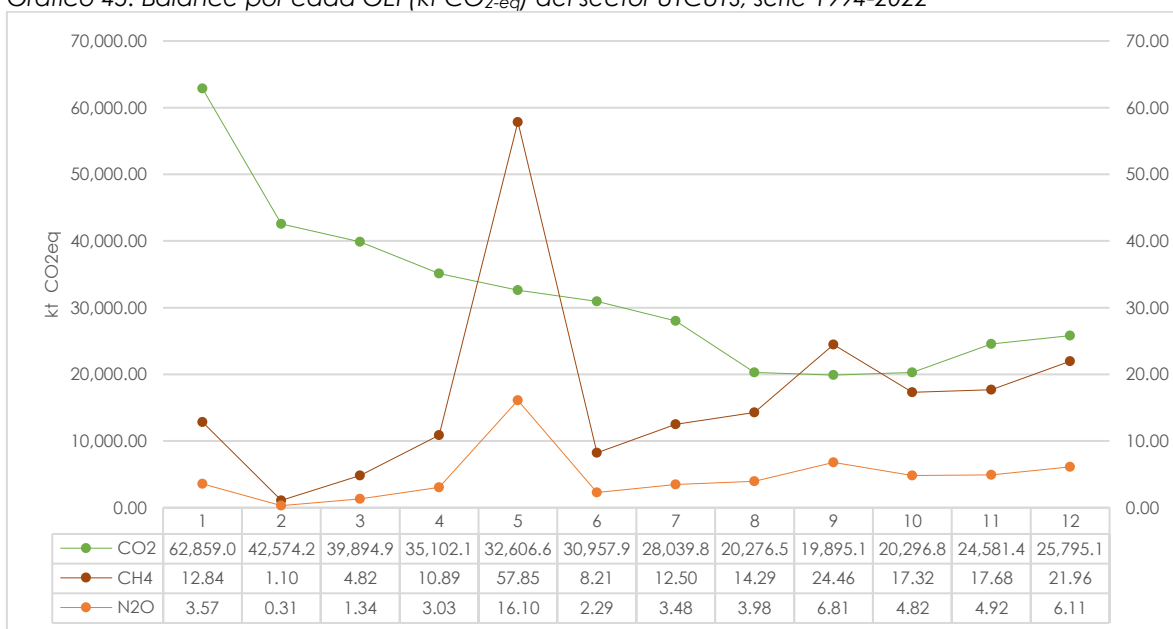
Finalmente, la variabilidad en la frecuencia y magnitud de los incendios forestales afecta significativamente las emisiones de CH₄ y N₂O, lo que impide establecer una tendencia clara de estas emisiones dentro del sector UTCUTS. Por el contrario, las emisiones y absorciones de CO₂ dominan claramente las dinámicas del sector, mostrando fluctuaciones marcadas según los avances y retrocesos en la gestión de las tierras forestales.

Tabla 160. Balance por cada GEI (kt CO₂-eq) del sector UTCUTS, serie 1994-2022

GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
CO ₂	62.859,04	42.574,28	39.894,91	35.102,13	32.606,65	30.957,93	28.039,83	20.276,51	19.895,16	20.296,88	24.581,42	25.795,12
CH ₄	12,84	1,10	4,82	10,89	57,85	8,21	12,50	14,29	24,46	17,32	17,68	21,96
N ₂ O	3,57	0,31	1,34	3,03	16,10	2,29	3,48	3,98	6,81	4,82	4,92	6,11
Total	62.875,45	42.575,69	39.901,07	35.116,06	32.680,61	30.968,43	28.055,80	20.294,77	19.926,43	20.319,03	24.604,02	25.823,20

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 45. Balance por cada GEI (kt CO₂-eq) del sector UTCUTS, serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

En relación con las emisiones de CH₄ y N₂O, se observa un aumento significativo en el año 2012, debido a que en ese periodo se reportó la mayor superficie afectada por incendios forestales, con 6.923,93 ha quemadas. Este valor contrasta marcadamente con el promedio histórico actualizado, que es de 2.033,88 ha/año. Los incendios forestales en Ecuador tienen múltiples causas, siendo una de las principales el uso del fuego para la preparación de tierras agrícolas, lo que frecuentemente deriva en quemadas incontroladas que impactan grandes extensiones de vegetación.

A pesar de la gravedad del problema, Ecuador aún carece de una base de datos oficial consolidada que permita analizar de manera continua y precisa la superficie total afectada por incendios forestales en los distintos tipos de bosques. Actualmente, la información disponible proviene de diversas instituciones, como la

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y algunos municipios, cada uno operando dentro de sus respectivas competencias. Sin embargo, la falta de coordinación entre estos organismos genera datos fragmentados y puntuales, lo que dificulta el desarrollo de una serie histórica uniforme, homologable y comparable que abarque todo el territorio nacional.

Para este análisis, los datos sobre la superficie afectada por incendios forestales provienen de diversas fuentes nacionales e internacionales, incluyendo FAOSTAT. Aunque estas fuentes proporcionan una perspectiva general, la ausencia de un sistema de monitoreo nacional robusto limita la capacidad de comprender la dinámica de los incendios forestales y sus impactos en las emisiones de GEI, particularmente en los gases CH₄ y N₂O.

Esta situación pone de relieve la urgente necesidad de desarrollar una base de datos nacional consolidada que permita un monitoreo integral y continuo de los incendios forestales en Ecuador. Un sistema de este tipo sería fundamental para mejorar el análisis de los impactos de los incendios en los ecosistemas forestales y en las emisiones de GEI. Asimismo, contribuiría significativamente a una mejor gestión de los recursos forestales y a la mitigación del cambio climático.

6.1.5 Aspectos metodológicos generales del sector

Para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y las absorciones de CO₂ en el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), se emplearon los métodos Nivel 1 y Nivel 2 según lo establecido en las Directrices del IPCC de 2006, con las actualizaciones del Refinamiento de 2019. A continuación, se presenta un resumen de los métodos aplicados por categoría de uso del suelo y por tipo de GEI.

Tabla 161. Métodos aplicados por categoría para el sector UTCUTS

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
Tierras forestales	T1, T2,	CS, D	T1	D	T1	D
Tierras de cultivo	T1	D	NE	NE	NE	NE
Pastizales	T1	D	NE	NE	NE	NE
Humedales	T1	D	NA	NA	NA	NA
Asentamientos	T1	D	NA	NA	NA	NA
Otras tierras	T1	D	NA	NA	NA	NA
Quema de Biomasa	T1	D	T1	D	T1	D

Nota: T1 = Nivel 1; T2 = Nivel 2; T3 = Nivel 3; C = Información confidencial; CS = País específico; D = Por defecto; IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Para la estimación de estas emisiones y absorciones, se utilizaron los libros de cálculo proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006, junto con hojas de cálculo intermedias elaboradas por el equipo técnico del Proyecto 5CN1BTR. Dichas hojas incorporan los datos y factores de emisión actualizados conforme a los niveles metodológicos especificados, asegurando la coherencia con los refinamientos más recientes.

En cuanto a los datos de actividad para este sector, los cambios de uso de la tierra en el país están documentados en la Matriz de Cambio de Uso del Suelo, elaborada por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (MAATE). Esta matriz detalla la superficie de los usos y cambios de uso del suelo para cada año, desde 1990 hasta 2022, tomando en consideración los seis principales tipos de uso de la tierra definidos en las Directrices del IPCC 2006: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.

Es importante señalar que, según las Directrices del IPCC 2006, el término "tierras gestionadas" se refiere a aquellas en las que se lleva a cabo una actividad antrópica, mientras que las "tierras no gestionadas" son aquellas sin intervención humana. Sin embargo, en Ecuador, toda la superficie terrestre está sujeta a algún tipo de gestión o actividad antrópica, ya sea con fines productivos o de conservación. Por esta razón, en este reporte no se utiliza la clasificación de "tierras gestionadas" y "no gestionadas", ya que toda la tierra presenta algún grado de manejo.

En cuanto a los factores de emisión, Ecuador clasifica sus bosques en nueve estratos forestales distintos (tipos de bosque), basados en la Evaluación Nacional Forestal de 2015. Cada uno de estos estratos tiene un contenido específico de carbono, que fue considerado en la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). La descripción detallada de estos estratos y su respectivo contenido de carbono se encuentra en el apartado siguiente.

6.2 Definiciones de uso de la tierra

Las definiciones utilizadas en el INGEI sector UTCUTS se describen a continuación:

Tierras Forestales: la definición de bosques utilizada en el país corresponde a la definición del Acuerdo Ministerial 116 (07-11-2016) Plan de Acción REDD+ "Bosques para el Buen Vivir", el cual define como bosques a: Comunidad vegetal natural o cultivada de por lo menos una hectárea, con árboles de al menos cinco metros de altura y con un mínimo de treinta por ciento de cobertura del dosel o capa aérea

vegetal. El bosque se puede diferenciar en bosque natural y plantaciones forestales. Se excluye las áreas cubiertas por bambú y palmas nativas, siempre que estas alcancen el límite establecido en cuanto a área mínima, altura y cubierta de capas.

Se excluyen las formaciones de árboles utilizados en sistemas de producción agrícola, por ejemplo, plantaciones frutales, plantaciones de palma africana y sistemas agroforestales. Se excluye los árboles que crecen en parque y jardines urbanos.

El Ecuador clasifica los bosques en nueve diferentes estratos (Evaluación Nacional Forestal, 2015), para la elaboración del INGEI se consideró los nueve estratos.

Tierras de cultivo: se refiere a zonas actualmente destinadas a la producción agropecuaria. Incluye todos los cultivos anuales y perennes, así como los destinados a la ganadería (pastizales).

Pastizales: corresponde a la superficie de vegetación arbustiva y herbácea, y se refiere a formaciones herbáceas, arbustivas, arbustivo-herbáceas y páramos.

Humedales: corresponden a superficies cubiertas de agua, sean estas de caracteres naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancados o corrientes, dulces, salobres o salados.

Asentamientos: se refiere a superficies ocupadas por ciudades, infraestructuras o instalaciones industriales.

Otras tierras: corresponde a lo que la Matriz de Cambio de Uso del Suelo define como áreas desprovistas de vegetación, suelo desnudo y glaciares que corresponde a zonas cubiertas por nieve.

Las matrices de uso y cambio de uso de la tierra que se usaron para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI del sector UTCUTS se detallan en el Anexo 2, y tienen la siguiente estructura.

Tabla 162. Matriz de uso y cambio de uso de la tierra para el periodo 2021-2022 de la categoría "Tierras Forestales"

Estrato de bosque		Uso de la tierra 2022 (ha)					
		Humedales	Otras tierras	Tierras de cultivo	Pastizales	Asentamientos	Total
Uso de la tierra 2020 (ha)	Bosque Seco Andino	9,14	0,72	2392,92	1,62	0	2.404,40
	Bosque Seco Pluvioestacional	20,34	13,32	14.441,40	465,89	802,48	15.743,43

Estrato de bosque		Uso de la tierra 2022 (ha)					
		Humedales	Otras tierras	Tierras de cultivo	Pastizales	Asentamientos	Total
	Bosque Siempre Verde Andino Montano	460,13	38,3	8.753,94	79,11	123,43	9.454,92
	Bosque Siempre Verde Andino de Pie de Monte	950,45	62,06	11.154,65	20,93	138,55	12.326,64
	Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina	25,56	7,34	1357,29	40,455	0,54	1.431,19
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia	5.176,13	170,37	28.947,38	19,76	861,97	35.175,61
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó	69,3	3,38	23.324,00	37,40	201,55	23.635,63
	Manglar	48,15	19,94	329,58	140,76	78,705	617,14
	Moretales	234,63	9,53	667,89	0,36	13,23	925,64
	TOTAL	6.993,83	324,96	91.369,04	806,27	2.220,48	101.714,57

Nota: T1 = Nivel 1; T2 = Nivel 2; T3 = Nivel 3; C = Información confidencial; CS = País específico; D = Por defecto; IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.3 Métodos específicos del país

6.3.1 Métodos utilizados para la representación de las tierras

La representación del uso y cambio de uso de la tierra en el Ecuador continental se realiza mediante mapas y matrices elaborados de forma continua por el MAATE. Este proceso tiene como objetivo proporcionar insumos y herramientas para evaluar y monitorear el uso del suelo, además de analizar las políticas impulsadas por el gobierno central y los gobiernos locales en relación con la superficie, distribución y estado de las coberturas vegetales y sus diferentes usos.

La metodología utilizada sigue las recomendaciones del documento de buenas prácticas para la evaluación de precisión y estimación de áreas de cambio de cobertura de la tierra (Olofsson et al., 2013). En este sentido, se emplea un muestreo aleatorio estratificado que permite ajustar errores en el cálculo de áreas de cambio. Asimismo, se realizan estimaciones de precisión total, del usuario y del productor a través de matrices de confusión.

Con el fin de evaluar los cambios en las coberturas, se adoptó un diseño de muestreo aleatorio estratificado que facilita la estimación precisa por estrato y

analiza las transiciones de mayor interés. La asignación del tamaño de muestra por estrato se determina en función de la superficie de cada clase. Además, el diseño permite incrementar el tamaño de las muestras en las clases de cambio, como la deforestación y la regeneración, logrando una distribución más equitativa entre los tamaños de muestra.

Por otra parte, el muestreo en cada clase se realiza de forma aleatoria mediante imágenes satelitales. Este enfoque, además de cumplir con los criterios de diseño establecidos, es reconocido como una buena práctica en el levantamiento de información geográfica. Por ello, constituye una opción recomendada para representar de manera precisa los usos y cambios de uso de la tierra.

6.4 Tierras forestales (4A)

6.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría “Tierras Forestales (4.A)” incluye las absorciones de CO₂ derivadas del incremento de biomasa en los bosques naturales y plantaciones forestales, así como en las tierras convertidas en plantaciones forestales. Esta categoría se divide en dos subcategorías: “Tierras forestales que permanecen como tales (4.A.1)” y “Tierras convertidas en tierras forestales (4.A.2)”.

Para la estimación de las absorciones de CO₂ en esta categoría, se utilizaron factores de emisión propios basados en los contenidos de carbono por estratos forestales, según lo descrito en la Evaluación Nacional Forestal del Ecuador (MAE, 2015). Los datos de actividad fueron obtenidos de la Matriz de Uso y Cambio de Uso de la Tierra, generada a partir del Mapa de Uso y Cobertura de la Tierra del Ecuador (MAATE, 2022). Esto permitió la aplicación del método de nivel 2¹⁸ de las Directrices del IPCC de 2006, actualizado con el Refinamiento de 2019.

En el año 2022, las absorciones netas de CO₂ para la categoría “Tierras Forestales (4.A)” se estimaron en -17.014,15 kt CO₂-eq, de las cuales el 99,71% (-16.962,80 kt CO₂-eq) proviene de la subcategoría “Tierras forestales que permanecen como tales (4.A.1)”. El restante 0,29% (-51,36 kt CO₂-eq) corresponde a la subcategoría “Tierras convertidas en tierras forestales (4.A.2)”.

Este cambio refleja una tendencia significativa en la absorción de CO₂ en las tierras forestales. Comparado con el año 1994, cuando la categoría “Tierras Forestales”

¹⁸ El IPCC, diferencia el grado de complejidad metodológica por niveles, siendo el Nivel 1 el método básico, el Nivel 2 el intermedio, y el Nivel 3 el más exigente y complejo. Los niveles 2 y 3 son considerados métodos de nivel superior y se consideran más exactos.

Fuente: https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf.

reportaba emisiones de 8.267,23 kt CO₂-eq, el cambio hacia absorciones netas es notable. Además, en relación con las absorciones estimadas para el año 2012 (-17.650,23 kt CO₂-eq), en 2022 se registra una disminución del 3,6% en la absorción de CO₂.

Entre los años 2014 y 2022, la absorción de CO₂ en esta categoría disminuyó en un 11,8%, pasando de -19.298,96 kt CO₂-eq en 2014 a -17.014,15 kt CO₂-eq en 2022. Asimismo, en comparación con las absorciones de -21.105,11 kt CO₂-eq reportadas en 2020, el año 2022 muestra una reducción del 19,4% en las absorciones.

En términos generales, los incrementos en la absorción de CO₂ en la categoría "Tierras Forestales (4.A)" están estrechamente relacionados con el aumento progresivo de la superficie forestal bajo regímenes de protección legal, tales como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el Programa Socio Bosque (PSB) y los Bosques Protectores, iniciativas que han estado vigentes desde 2008. Estas políticas han contribuido de manera significativa a la conservación de los bosques y, por ende, a la absorción de carbono en los ecosistemas forestales del país.

Es importante aclarar que, entre los periodos 2018-2020 y 2020-2022, la superficie de bosque nativo bajo un régimen de protección legal en Ecuador, que incluye el Programa Socio Bosque (PSB), el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y los Bosques y Vegetación Protector, pasó de 5.959.892,62 ha a 5.841.095,00 ha, lo que representa una disminución. Este cambio, a primera vista, podría parecer contradictorio con los indicadores del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), que reflejan un aumento en las áreas protegidas y acciones de conservación. Sin embargo, esta reducción no implica necesariamente una pérdida de cobertura forestal, sino que puede atribuirse a ajustes técnicos en la delimitación y clasificación de las estas áreas, realizados con base en nuevas evaluaciones y cartografía más precisa.

Adicionalmente, una proporción de esta disminución se debe a que ciertas áreas previamente incluidas en el Programa Socio Bosque han salido de esta categoría de conservación, ya sea porque cumplieron su ciclo de compromiso o por decisiones administrativas de los propietarios de las tierras adheridas. Estos factores subrayan la necesidad de fortalecer la gestión y el seguimiento continuo de estas áreas, asegurando su permanencia y efectividad como sumideros de carbono y en la preservación de la biodiversidad. A pesar de esta reducción, la gestión de estas áreas sigue siendo prioritaria para la conservación de los ecosistemas, ya que contribuyen significativamente a la protección de la vegetación, el equilibrio ecológico y la mitigación del cambio climático.

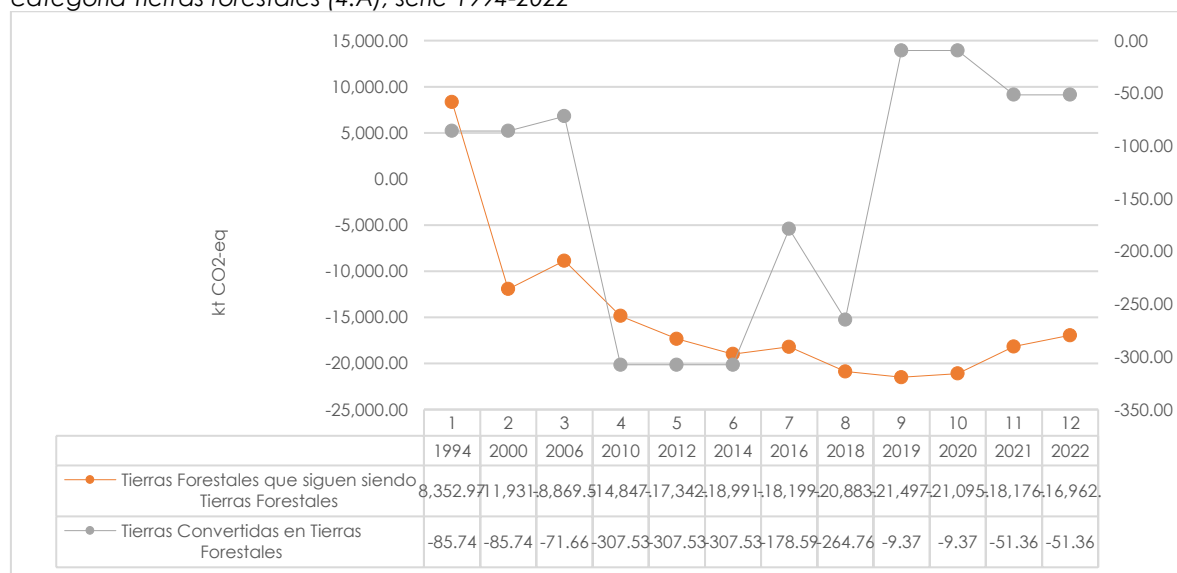
Las absorciones netas observadas también evidencian el impacto positivo de las políticas nacionales de conservación, reflejando la capacidad de los ecosistemas forestales para mitigar las emisiones de GEI a través de la captura de carbono.

Tabla 163. Análisis de tendencias de las absorciones de CO₂ por subcategorías (kt CO₂-eq) para la categoría Tierras forestales (4.A), serie 1994-2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Tierras Forestales que siguen siendo Tierras Forestales	8.352,97	11.931,78	8.869,53	14.847,23	17.342,71	18.991,43	18.199,46	20.883,84	21.497,47	21.095,75	18.176,50	16.962,80
Tierras Convertidas en Tierras Forestales	-85,74	-85,74	-71,66	-307,53	-307,53	-307,53	-178,59	-264,76	-9,37	-9,37	-51,36	-51,36
Total	8.267,23	12.017,52	8.941,19	15.154,76	17.650,23	19.298,96	18.378,06	21.148,60	21.506,84	21.105,11	18.227,86	17.014,15

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 46. Análisis de tendencias de las absorciones de CO₂ por subcategorías (kt CO₂-eq) para la categoría Tierras forestales (4.A), serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La subcategoría "Tierras forestales que permanecen como tales (4.A.1)" incluye múltiples componentes relacionados con las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y las absorciones de CO₂. Para el año 2022, las absorciones netas de CO₂ en esta subcategoría se estimaron en -16.962,80 kt CO₂-eq, derivadas principalmente del incremento de biomasa en áreas forestales manejadas y conservadas.

En cuanto a las emisiones desagregadas por incendios forestales, extracción de madera y extracción de leña, estas alcanzaron 17.473,09 kt CO₂-eq. De estas, el 26%

(4.566,02 kt CO₂-eq) se originaron en el componente de extracción de leña, mientras que el 73% (12.680,19 kt CO₂-eq) corresponde a las emisiones relacionadas con la extracción de madera. Finalmente, el 1% (226,88 kt CO₂-eq) se atribuye a las emisiones generadas por incendios forestales que afectaron áreas de bosques gestionados durante el mismo periodo.

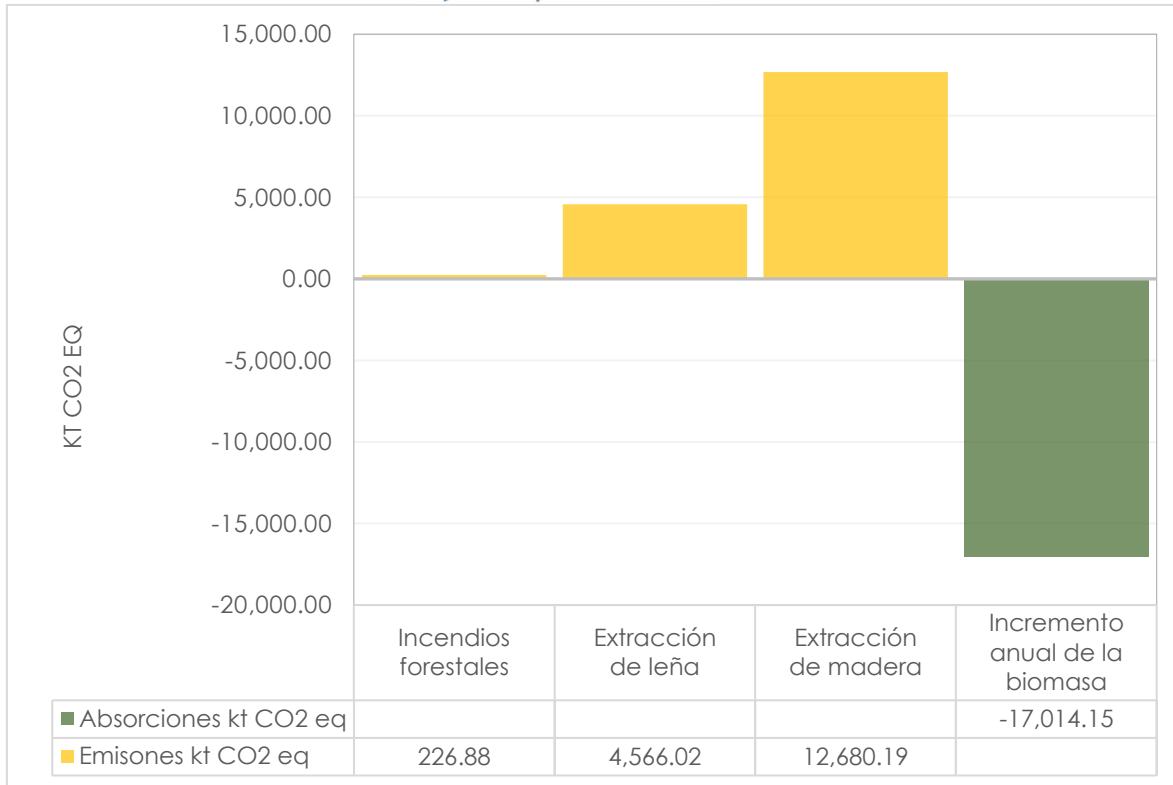
Este desglose subraya la importancia de las actividades de manejo forestal en las emisiones y absorciones del sector UTCUTS. Las emisiones derivadas de la extracción de leña y madera continúan representando una porción significativa de las emisiones de CO₂ en las tierras forestales que permanecen como tales (4.A.1), mientras que los incendios forestales, aunque contribuyen en menor medida, siguen siendo un factor relevante en la dinámica de emisiones de este subcomponente.

Además, al considerar las "Tierras convertidas en tierras forestales (4.A.2)", estas reportaron absorciones de -51,36 kt CO₂-eq en 2022. Este dato complementa el total de la categoría de "Tierras Forestales (4.A)", que alcanza absorciones netas de -17.014,15 kt CO₂-eq.

Tabla 164. Emisiones forestales provocadas por incendios forestales, extracción de leña y madera.

	Emisiones kt	Absorciones kt
Emisiones disgregadas (cuadro de referencia, estas emisiones ya están consideradas en tierras forestales y quema de biomasa en la lámina resumen)	CO2 eq	CO2 eq
Incendios forestales	226,88	
Extracción de leña	4.566,02	
Extracción de madera	12.680,19	
Incremento anual de la biomasa		-17.014,15
TOTAL	17.473,09	-17.014,15

Gráfico 47. Emisiones (+) y absorciones (-) de GEI (kt de CO₂-eq) para el año 2022 a nivel de componente, pertenecientes a la subcategoría "Tierras Forestales que se mantienen como tales (3B1a)"



Nota: Valores positivos representan emisiones de GEI mientras que los negativos representan absorciones de CO₂.
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI y las absorciones de CO₂ en la categoría Tierras forestales, se aplicó el método de pérdidas y ganancias de biomasa para los depósitos de biomasa aérea, biomasa subterránea y materia orgánica muerta. Este método, descrito en las Directrices del IPCC de 2006 (Capítulo 2, Volumen 4), se basa en la estimación del cambio anual en las existencias de carbono en estos depósitos. En general, se emplearon tanto el Nivel 1 como el Nivel 2 de las directrices, dependiendo de la disponibilidad de datos.

Para el cálculo de las emisiones y absorciones de CO₂ en la biomasa aérea, subterránea y materia orgánica muerta en la subcategoría Tierras forestales que permanecen como tales (4.A.1), se aplicó un método de Nivel 2. Este método fue posible gracias al desarrollo de factores de emisión específicos del país, obtenidos a partir de la Evaluación Nacional Forestal del Ecuador. Esta evaluación generó factores de emisión propios para los nueve estratos forestales de Ecuador, proporcionando los stocks de carbono de la biomasa aérea, subterránea y la materia orgánica muerta por hectárea.

El cálculo de las emisiones y absorciones de esta categoría se realizó utilizando los libros de cálculo de las Directrices del IPCC de 2006. Para estimar el cambio en las existencias de carbono en las tierras que permanecen en la misma categoría, se empleó el método de pérdidas y ganancias de biomasa, descrito en la Sección 2.3.1 del Capítulo 2, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006. Este método calcula el cambio anual en las existencias de carbono considerando el incremento anual de biomasa y las pérdidas de biomasa en las diferentes subcategorías de uso de la tierra.

El cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa para las tierras forestales se puede expresar mediante la siguiente ecuación (Ecuación 1):

Ecuación 1. Tierras forestales que permanecen como tales: cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Fuente: Ecuación 2.7; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

ΔC_B = Cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa (aérea y subterránea), para cada subcategoría de uso de la tierra, considerando la superficie total (t C año⁻¹),

ΔC_G = Incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de uso de la tierra, considerando la superficie total (t C año⁻¹), y

ΔC_L = Reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total (t C año⁻¹).

El incremento anual de las existencias de carbono de la biomasa viva (aérea y subterránea) se estimó aplicando la Ecuación 2.9; Capítulo 2, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006 (Ecuación 2).

Ecuación 2. Tierras forestales que permanecen como tales: Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL_{i,j}} \cdot CF_{i,j})$$

Fuente: Ecuación 2.9; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

ΔC_G = Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa debido al crecimiento de la biomasa en Tierras que permanecen en la misma categoría de uso, por tipo de vegetación y zona climática (t C año⁻¹),

$A_{i,j}$ = Superficie que permanece en la misma categoría de uso de la Tierra (ha),

$G_{TOTAL_{i,j}}$ = Crecimiento medio anual de la biomasa (t materia seca ha⁻¹ año⁻¹), y

$CF_{i,j}$ = Fracción de carbono de la materia seca (t C en ms).

Para estimar el incremento de la biomasa aérea y subterránea para cada estrato de bosque se multiplicó el promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea por una relación de biomasa subterránea/biomasa aérea (R), se estimó la biomasa total (Ecuación 2.10 – Nivel 1-; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006), tal como se indica en la Ecuación 3:

Ecuación 3. Tierras forestales que permanecen como tales: incremento promedio anual de la biomasa

$$G_{TOTAL} = \sum \{G_W \cdot (1 + R)\}$$

Fuente: Ecuación 2.10; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

G_{TOTAL} = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

G_W = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R debe configurarse en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1).

La reducción anual de existencias de carbono en biomasa, debido a pérdidas, se debe a la cosecha de madera comercial, cosecha leña y pérdida de biomasa y carbono por perturbaciones (incendios forestales). Para estimar las emisiones de CO₂ por reducción de las existencias de biomasa y carbono se utilizaron las ecuaciones 2.12, 2.13, y 2.14 de las Directrices del IPCC 2006, las que se detallan a continuación:

Ecuación 4. Tierras forestales que permanecen como tales: pérdidas por cosecha de madera comercial

$$L_{\text{remoción-bosques}} = \{H \bullet BCEF_R \bullet (1 + R) \bullet CF\}$$

Fuente: Ecuación 2.12; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$L_{\text{remoción-bosques}}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, t C año⁻¹

H = Remociones anuales de bosques, rollizos, (m³ año⁻¹)

$BCEF_R$ = Factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa

R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea para cada tipo de vegetación.

CF = fracción de carbono de materia seca, t C (t d.m.)⁻¹

En la estimación de pérdida anual de carbono por cosecha de leña se incluye la leña proveniente de bosque nativo. Si bien en la fórmula se incluye dos componentes, la cosecha de árboles vivos y la recogida de madera muerta, debido a que en el país no se cuenta con estadísticas de consumo de leña diferenciadas en estos dos orígenes, se trabaja sobre la base de que el consumo de leña proviene exclusivamente de la cosecha de árboles vivos.

Ecuación 5. Tierras forestales que permanecen como tales: pérdidas por remoción de leña

$$L_{\text{madera-combustible}} = [\{FG_{\text{árboles}} \bullet BCEF_R \bullet (1 + R)\} + FG_{\text{parte}} \bullet D] \bullet CF$$

Fuente: Ecuación 2.13; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$L_{\text{madera-combustible}}$ = Pérdida anual de carbono debido a remoción de madera para combustible (t C año⁻¹)

$FG_{\text{árboles}}$ = Volumen anual de remoción de madera para combustible de árboles enteros (m³ año⁻¹)

FG_{parte} = Volumen anual de remoción de madera para combustible como parte de árboles (m³ año⁻¹)

$BCEF_R$ = Factor de expansión de biomasa para expandir las remociones de madera comercial a volumen total de biomasa aérea para incluir los componentes no comerciales del árbol y el bosque

D = Densidad básica de la madera ($t\ ms\ m^{-3}$),

R = Relación entre biomasa subterránea y aérea para cada tipo de vegetación, y

CF = Fracción de carbono de la biomasa ($t\ C$ en ms).

Como pérdidas de biomasa y de carbono por perturbaciones, se consideraron los incendios forestales de todas las tierras forestales, la información sobre áreas de incendios forestales fue obtenida de la plataforma FAOSTAT para el año del inventario (2022) y para las actualizaciones de los inventarios anteriores.

Ecuación 6. Tierras forestales que permanecen como tales: pérdidas por perturbaciones

$$L_{perturbación} = \{A_{perturbación} \bullet B_W \bullet (1 + R) \bullet CF \bullet fd\}$$

Fuente: Ecuación 2.14; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$L_{perturbación}$ = Otras pérdidas anuales de carbono ($t\ C$ año $^{-1}$)

$A_{perturbación}$ = Superficie afectada por perturbaciones (ha año $^{-1}$),

B_W = Biomasa aérea promedio (existencias) de superficies de Tierra afectadas por perturbaciones ($t\ ms\ ha^{-1}$),

R = Relación entre biomasa subterránea y aérea para cada tipo específico de vegetación,

CF = Fracción de carbono de materia seca ($t\ C\ ms^{-1}$), y

fd = Fracción de biomasa perdida por perturbaciones.

6.4.3 Datos de actividad específicos de la categoría

Con respecto a los datos de actividad de la categoría "Tierras Forestales", estos provienen desde los registros de la Dirección de Bosques del MAATE y de la Dirección de Desarrollo Productivo Forestal del MAG (volumen de madera extraída desde el bosque nativo y plantaciones forestales). La información sobre extracción de leña fue extraída del Balance Energético Nacional (2022). La información sobre incendios forestales fue obtenida de la plataforma FAOSTAT, la información de la superficie de los bosques bajo un régimen de protección legal y los cambios de uso de la tierra fue proporcionada por el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques del MAATE.

Tabla 165. Datos de actividad de la categoría Tierras forestales (4.A), serie 1994-2022

Año	Madera extraída (m3)	Extracción de leña (ton)	Superficie tierras forestales bajo protección legal (ha)	Superficie afectada por incendios forestales (ha)
1994	4.920.633,34	2.846.122,71	3.853.397,09	1.536,40
2000	555.440,52	1.901.477,40	4.242.621,93	131,67
2006	1.895.211,89	1.848.000,71	4.380.817,49	577,01
2010	1.714.866,09	1.603.997,00	5.037.855,90	1.303,57
2012	1.909.735,89	1.504.097,04	5.424.915,20	6.923,93
2014	2.197.901,04	1.449.740,99	5.679.748,47	983,04
2016	3.623.807,89	1.309.510,78	5.756.413,57	1.495,97
2018	3.058.385,95	1.251.605,26	5.959.892,62	1.709,67
2020	3.197.072,39	1.054.463,96	5.959.892,62	2.073,01
2022	4.883.686,22	937.156,42	6.080.809,62	2.628,68

Fuente: MAATE, 2024; MAG 2024, MERNR, 2022; FAOSTAT, 2024

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.4.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría "Tierras forestales" utiliza una combinación de factores de emisión propios (disponibles en la Evaluación Nacional Forestal, 2015) y aquellos disponibles en las Directrices del IPCC 2006 (la fuente de cada factor de emisión se encuentra descrita en la pestaña "DA y FE" de las hojas de trabajo del INGEI del sector UTCUTS). A continuación, se presenta un resumen de los factores de emisión aplicados en la categoría tierras forestales.

Tabla 166. Factores de emisión aplicados en la categoría Tierras forestales (3B1)

Subcategoría/fuente	FE - CO ₂						
	Ton/C/ha	Fracción de C de la materia seca	Crecimiento neto de la biomasa aérea (t/ha/año)	Relación biomasa subterránea/aérea	Densidad de la biomasa (t/m3)	Factor de expansión de biomasa	Biomasa sobre el suelo de las zonas afectadas por incendios
B. Seco andino	48,29	0,47	1,00	0,24	0,54	2,28	30,97
B. Seco Pluvioestacional	37,40		1,00	0,24	0,58	2,28	26,90
B. Siempre verde andino Montano	124,11		1,40	0,24	0,54	2,28	90,85
B. Siempre verde andino Pie montano	123,55		1,40	0,24	0,52	2,28	80,40
B. Siempre verde andino de Ceja Andina	106,95		1,40	0,24	0,57	2,28	72,94
B. Siempre verde de tierras bajas de la Amazonía	161,31		3,10	0,24	0,52	2,28	116,05
B. Siempre verde de tierras bajas del Chocó	84,08		3,10	0,24	0,50	2,28	57,76
Manglar	86,63		3,10	0,24	0,88	2,28	70,23
Moretal	76,43		3,10	0,24	0,41	2,28	53,26
Plantaciones forestales	86,55		9,25	0,27	0,54	1,11	95,00

Fuente: IPCC 2006

6.4.5 Incertidumbre específica de la categoría

Según las Directrices del IPCC de 2006 y el Refinamiento de 2019, la incertidumbre del INGEI se basa en las emisiones y absorciones que lo componen, derivadas de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión asociados a las fuentes y sumideros. El método aplicado para la estimación de la incertidumbre fue el Método 1, que se fundamenta en la ecuación de propagación del error. La incertidumbre combinada de la categoría "Tierras forestales" para el año 2022 ha sido estimada para cada subcategoría y componente, incorporando las recomendaciones actualizadas del Refinamiento 2019.

Tabla 167. Incertidumbre combinada para la categoría Tierras forestales (4.A)

Código IPCC	Subcategoría/componente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de Factores de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	,(-) %	(+) %
4.A.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	1	1	4,7	4,7	4,8	4,8
	(Incremento anual de biomasa)							
4.A.2	Tierras convertidas en tierras forestales	CO2	25	25	50	50	55,9	55,9
4.A.1	Extracción de madera	CO2	35	35	50	50	61,03	61,03
4.A.1	Extracción de leña	CO2	50	50	50	50	70,71	70,71
4.A.1	Incendios forestales	CO2	50	50	6	6	50,36	50,36

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría "tierras forestales que permanecen como tales" corresponde a la incertidumbre de las superficies de bosques que permanecen bajo un régimen de protección legal (mapas del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques del MAATE). Para la incertidumbre de los factores de emisión se emplea el valor de incertidumbre de las reservas de carbono en bosque nativo, Evaluación Nacional Forestal (2015).

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría "tierras convertidas en tierras forestales" provienen del Informe sobre la exactitud del mapa de cambios de cobertura y uso de la tierra para el período 2021-2022. Para la incertidumbre de los factores de emisión se aplica una incertidumbre teórica del 50%.

La extracción de madera del bosque nativo presenta una incertidumbre para los datos de actividad del 35% (promedio de 50% por defecto y el 20% señalado en las Directrices del IPCC 2006) debido a que esta es información proveniente de datos propios y datos de la plataforma FAOSTAT. Para los factores de emisión es del 50% para evitar la introducción de tendencias estadísticas en la propagación de errores.

Sobre la extracción de leña, se estableció una incertidumbre para los datos de actividad y factores de emisión del 50% para evitar la introducción de tendencias estadísticas en la propagación de errores. Las emisiones de GEI por incendios forestales tienen una incertidumbre en los datos de actividad del 50 % (para evitar la introducción de tendencias estadísticas en la propagación de errores), mientras que para los factores de emisión es del 6% (factores de emisión de la materia seca quemada para el CO₂, IPCC 2006).

6.4.6 Consistencia de la serie temporal de la categoría

La consistencia de la serie temporal fue garantizada gracias al uso de los mismos datos de actividad y factores de emisión para toda la serie histórica del INGEI 1994-2022 (a excepción de la información sobre extracción de madera de plantaciones forestales, que para el periodo 2014 - 2022 se cambió de fuente, ya que la competencia sobre la gestión de plantaciones forestales cambió desde el MAATE hacia el MAG a partir del año 2014). Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados y actualizaciones cubrieron la serie temporal de los INGEI anteriores.

6.4.7 AC/CC de la subcategoría

Con respecto a las actividades de control de calidad para el INGEI del sector UTCUTS, estas fueron desarrolladas en función a las recomendaciones descritas en las Directrices del IPCC 2006. Todas estas actividades están listadas y documentadas.

El Equipo técnico del Proyecto 5CN1BTR generó espacios de análisis y evaluación a los resultados presentados en la Cuarta Comunicación Nacional del Ecuador para poder incorporar mejoras al INGEI 2022. Asimismo, las recomendaciones realizadas por los revisores expertos desarrollada en el 2019 (garantía de calidad) han sido listadas y documentadas.

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los factores de emisión entre los proporcionados por las Directrices del IPCC 2006 y los factores

propios de país, especialmente sobre los stocks de carbono y biomasa en los nueve estratos de bosque en el Ecuador. Para el INGEI 2022 y la serie histórica 1994–2022 se verificó si existen actualizaciones a los factores de emisión generados en la Evaluación Nacional Forestal (2015) constatando que se mantienen vigentes aquellos valores que se usaron para la elaboración del INGEI que fue presentado en la Cuarta Comunicación Nacional (TCN).

Actualmente se encuentra en desarrollo la Segunda Evaluación Nacional Forestal, la cual está generando procesos de actualización y elaboración de nuevos factores de emisión sobre stocks de carbono y biomasa para las tierras forestales.

6.4.8 Plan de mejoras específico de la categoría

El plan de mejoramiento de la categoría se encuentra detallado en el Documento Plan de Mejoras del INGEI sector UTCUTS 2022, a continuación, se presenta un resumen de las actividades de mejora para la categoría “Tierras Forestales”, en dónde se describe la categoría, subcategorías y componentes, el dato de la unidad de medida, la barrera identificada durante la elaboración del INGEI 2022 y el potencial mejoramiento para el desarrollo de los próximos INGEI.

Tabla 168. Plan de mejora específico de la categoría Tierras forestales

Categoría	Subcategoría/componente	Dato de actividad	Barreras identificadas durante la elaboración del INGEI 2022	Mejora potencial
UTCUTS	4.A. Tierras forestales 4.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Superficie de tierras forestales (ha)	Actualmente se reporta el crecimiento de biomasa en las tierras bajo régimen de protección legal (SNAP, PSB, BVP), pero no se reporta el crecimiento de tierras forestales fuera de esta categoría.	Coordinar con la Dirección de Bosques del MAATE para generar información sobre bosques fuera de regímenes de protección, considerando degradación y regeneración. Identificar y compilar los datos existentes sobre incrementos de biomasa en estas áreas a partir de la ENFI, asegurando

				que se incluyan indicadores relacionados con degradación y regeneración. • Desarrollar un plan de monitoreo para actualizar los valores de incremento de biomasa con incertidumbre asociada, a partir de parcelas permanentes establecidas. Coordinar con Subsecretaría de Producción Forestal del MAG los incrementos medios anuales de las por especie o por orden (coníferas y latifoliadas) en las diferentes plantaciones forestales del Ecuador. • Coordinar con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para recopilar y actualizar los valores de incremento de biomasa de plantaciones forestales. • Establecer un protocolo de

				actualización que incluya consultas periódicas con el MAG y la integración de datos en los reportes anuales del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB).
UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Extracción de madera desde el bosque nativo	El Sistema de Administración Forestal (SAF) no responde adecuadamente a las solicitudes de información sobre extracción de madera desglosada por tipo de bosque y volumen (m³) a nivel nacional. Existe una desconexión entre los procesos automatizados y los requerimientos técnicos internacionales.	Optimizar el SAF para garantizar la trazabilidad de los datos de extracción de madera a nivel nacional. Esto incluye: - Implementar módulos específicos en el SAF para el reporte de extracción de madera, desglosado por tipo de bosque y estrato forestal. - Establecer protocolos para la generación automática de reportes con datos consolidados en m³ y hectáreas, con periodicidad anual. - Capacitar al personal técnico del SAF en las necesidades de reportes internacionales (e.g., para el INGEI). - Realizar auditorías técnicas del SAF para asegurar la calidad

				y consistencia de los datos.
UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Extracción de leña desde bosques nativos y plantaciones forestales	La información se reporta por uso (residencial/industrial), pero no está desglosada por tipo de bosque ni plantación forestal, y se publica en toneladas.	- En coordinación con la Dirección de Bosques del MAATE, diseñar una metodología que determine porcentajes representativos de extracción de leña por tipo de bosque, basada en la distribución de estratos forestales y otros datos disponibles como los levantados por la ENF. - Consolidar la información en un formato compatible con los requerimientos de los inventarios nacionales de GEI (en m³ y toneladas), asegurando un desglose por estrato forestal y plantaciones. - Incluir en los reportes una estimación de incertidumbre asociada para reflejar las limitaciones

				inherentes al cálculo. Incluir parámetros derivados de estudios de caso, análisis regionales, o consultas con expertos para mejorar la representatividad de los porcentajes.
UTCUTS	4.A. Tierras forestales	Superficie afectada por incendios forestales	No existe una información oficial consolidada y completa a nivel nacional, ni una serie histórica que permita evaluar tendencias en las áreas afectadas.	Crear un sistema nacional consolidado que permita registrar de forma anual la superficie afectada por incendios, desglosado por tipo de bosque. El MAATE debe liderar la coordinación interinstitucional, según lo establece el COA, para garantizar la recopilación y validación de datos. Esto permitirá el seguimiento de tendencias a largo plazo con incertidumbre controlada, mejorando la gestión de incendios y su impacto en el INGEI. Integrar en el sistema nacional una categorización de los incendios por tipo (superficial, de copa y subterráneo), con sus respectivas fracciones de biomasa perdida.

				Establecer mecanismos para medir y estimar la fracción de biomasa perdida, considerando el tipo de vegetación y las características específicas de los ecosistemas afectados.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.5 Tierras de cultivo (4B)

6.5.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría "Tierras de cultivo (4.B)" incluye las emisiones de GEI generadas por el cambio de uso de la tierra hacia cultivos anuales, cultivos perennes y pastizales, destinados a diversas actividades agropecuarias. Dentro de esta categoría se destaca la subcategoría "Tierras convertidas en tierras de cultivo (4.B.2)", que concentra la totalidad de las emisiones reportadas.

Para el año 2022, la categoría "Tierras de cultivo (4.B)" representó el 71,58% del total de emisiones netas del sector UTCUTS, con 36.768,47 kt CO_{2-eq}. Todas estas emisiones provienen de la subcategoría "Tierras convertidas en tierras de cultivo (4.B.2)".

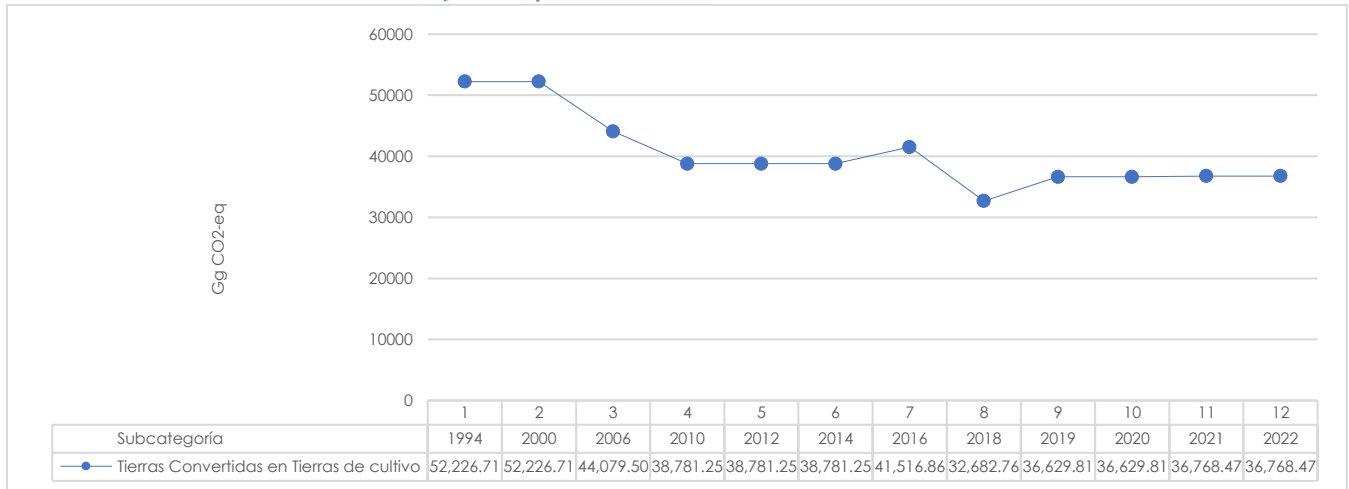
En comparación con el año 1994, cuando las emisiones alcanzaban 52.226,71 kt CO_{2eq}, se observa una disminución del 29,6% en 2022. Asimismo, respecto a los valores estimados en los años 2012 y 2014 (38.781,25 kt CO_{2-eq} en ambos casos), se reporta una reducción del 5,2% en las emisiones para el año 2022. En relación con las emisiones estimadas en el año 2016 (41.516,86 kt CO_{2-eq}), la reducción registrada en 2022 es del 11,4%.

Tabla 169. Balance de GEI por subcategoría (kt CO_{2-eq}) de la categoría Tierras de cultivo, serie 1994-2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Tierras Convertidas en Tierras de cultivo	52.226,71	52.226,71	44.079,50	38.781,25	38.781,25	38.781,25	41.516,86	32.682,76	36.629,81	36.629,81	36.768,47	36.768,47
Total	52.226,71	52.226,71	44.079,50	38.781,25	38.781,25	38.781,25	41.516,86	32.682,76	36.629,81	36.629,81	36.768,47	36.768,47

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 48. Balance de GEI por subcategoría (kt CO_{2-eq}) de la categoría Tierras de cultivo, serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.5.2 Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría “Tierras de cultivo” se aplicó el método de Nivel 1. El cálculo de las emisiones para esta categoría se realizó a través de las hojas de cálculo de las Directrices del IPCC de 2006.

La subcategoría de tierras que se convierten a tierras de cultivo consideró la cantidad de biomasa que se corta o extrae de los distintos tipos de tierras, utilizando los valores paramétricos que corresponden a cada categoría específica, y bajo un método de nivel 1 se consideró que la biomasa inmediatamente después de la corta tiene un valor de cero, debido a que la tierra se limpia completamente antes de establecer un cultivo.

Para estimar las emisiones y/o absorciones de la conversión a otra categoría de tierra se aplicó la Ecuación 2.16; Capítulo 2, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006 (Ecuación 7).

Ecuación 7. Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \cdot \Delta A_{A\_OTRAS_i} \} \cdot CF$$

Fuente: Ecuación 2.16; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año⁻¹

$B_{DESPUÉS_i}$ = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha-1

B_{ANTES_i} = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha-1

$\Delta A_{A\_OTRAS_i}$ = Superficie de uso de la tierra i 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

i = Tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

6.5.3 Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para la categoría "Tierras de cultivo" provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra proporcionada por la Unidad de Monitoreo de Bosques del MAATE, esta matriz refleja la superficie de la tierra que ha sido convertida en tierras del cultivo, a continuación, se muestra un resumen de los cambios de tierra hacia tierras de cultivo para la serie histórica 1994-2022.

Tabla 170. Datos de actividad (ha) de la categoría Tierras de cultivo, serie 1994-2022

Año	Tierras convertidas en tierras de cultivo (ha)
1994	151.893,85
2000	151.893,85
2006	143.266,18
2010	131.021,51
2012	131.021,51
2014	131.021,51
2016	174.902,93
2018	109.178,35
2020	117.815,85
2022	125.928,70

Fuente: MAATE, 2024

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Una brecha identificada para este INGEI con respecto a los datos de actividad de la categoría "Tierras de cultivo" es que la matriz de uso y cambio de uso actual no refleja la disgregación nacional para diferenciar cultivos de ciclo corto, cultivos perennes o pastizales destinado a actividades agropecuarias (disgregación que si estaba considerada en la matriz que se usó para la elaboración del INGEI anterior), esta consideración estará reflejada en el acápite del plan de mejoras de la categoría con el fin de que se pueda generar información más disgregada para la elaboración de los nuevos INGEI.

6.5.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría "Tierras de cultivo" utiliza los factores de emisión disponibles en las Directrices del IPCC 2006 tal y como se detallan en la tabla 171.

Tabla 171. Factores de emisión aplicados en la categoría Tierras de cultivo

Subcategoría	Reservas de carbono en la biomasa después de la conversión en tierras de cultivo (CAfter)	Fuente	Variación de las reservas de carbono en un año de crecimiento de tierras agrícolas (DCG rowth)	Fuente	Pérdida de carbono de la biomasa (L) (ton C ha año)	Fuente	Existencias de Carbono	Existencias de Biomasa	Fuente
Unidad de medida	t C/ha		t C/ha		t C/ha		t/ha	t/ha	
Tierras convertidas en tierras de cultivo	0	IPCC 2006. Vol 4, cap. 5, sección 5.3.1.1	2,60	IPCC 2006; Volumen 4 Capítulo 5; cuadro 5.9	21,00	IPCC 2006; Volumen 4 Capítulo 5; cuadro 5.1	65,00	21,00	IPCC 2006; Volumen 4 Capítulo 5; cuadro 5.1

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.5.5 Incertidumbre específica de la categoría

Según las Directrices del IPCC de 2006, la incertidumbre del INGEI se basa en la incertidumbre de las emisiones y absorciones que la componen, producto a su vez de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión asociados a las fuentes y sumideros. El método aplicado para la estimación de incertidumbre fue el Método 1, que se basa en la ecuación de propagación del error. La incertidumbre combinada de la categoría "Tierras de cultivo" para el año 2022, ha sido estimada por subcategoría.

Tabla 172. Incertidumbre combinada de la categoría Tierras de cultivo

Código IPCC	Subcategoría/fuente	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de Factores de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
	Tierras convertidas en tierras de Cultivo.	CO2	25,00	25,00	4,70	4,70	25,44	25,44

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría “Tierras convertidas en tierras de cultivo (4.B.2)” se basa en el Informe sobre la Exactitud del Mapa de Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra para el período 2021-2022, el cual proporciona una evaluación detallada de la precisión en la identificación de los cambios de uso del suelo.

En cuanto a la incertidumbre de los factores de emisión, se emplean los valores provenientes de la Evaluación Nacional Forestal (ENF, 2015), específicamente para las reservas de carbono en bosque nativo, ya que los cambios de uso desde tierras forestales a tierras de cultivo representan el 79% de las conversiones reportadas. Este enfoque asegura una mayor precisión en la estimación de las emisiones asociadas, al reflejar la variabilidad inherente a los datos de carbono en diferentes estratos forestales.

6.5.6 Consistencia de la serie temporal de la categoría

La consistencia de la serie temporal fue garantizada gracias al uso de los mismos datos de actividad (matriz de cambio de uso de la tierra del MAATE, 2022) y factores de emisión (Directrices del IPCC 2006) para toda la serie histórica del INGEI 1994-2022. En todos los casos que hubo actualizaciones a los datos de actividad y factores de emisión se cubrió la serie temporal de los INGEI anteriores (Se homologó todas las matrices de cambio de uso para tener la misma disgregación que las matrices de cambio de uso del suelo de los años 2018 y 2022).

6.5.7 AC/CC de la subcategoría

Con respecto a las actividades de control de calidad para el INGEI del sector UTCUTS, estas fueron desarrolladas en función a las recomendaciones descritas en las Directrices del IPCC 2006. Todas estas actividades están listadas y documentadas.

El Equipo técnico del Proyecto 5CN1BTR generó espacios de análisis y evaluación a los resultados presentados en la Cuarta Comunicación Nacional del Ecuador para poder incorporar mejoras al INGEI 2022. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos desarrollada en el 2024 (garantía de calidad) han sido listadas y documentadas.

6.5.8 Plan de mejoras específico de la categoría

El Plan de Mejoramiento para la categoría “Tierras de Cultivo (4.B)” se detalla en el documento Plan de Mejoras del INGEI 2022. A continuación, se presenta un resumen actualizado de las actividades de mejora, destacando la categoría, subcategoría, dato de actividad, barrera identificada y el potencial de mejora para fortalecer los próximos inventarios (ver tabla 174).

Tabla 173. Plan de mejora específico de la categoría Tierras de cultivo

Categoría	Subcategoría/componente	Dato de actividad	Barreras identificadas durante la elaboración del INGEI 2022	Mejoramiento potencial
Tierras de cultivo (4.B)	4.B Tierras de Cultivo Convertidas en Bosques	Falta de monitoreo de las conversiones de uso de suelo hacia tierras forestales.	Ausencia de datos detallados sobre la transición de tierras de cultivos hacia tierras forestales.	Implementar un monitoreo continuo en la plataforma SNMB para rastrear conversiones de cultivos hacia usos forestales.
	4. B Tierras de cultivo 4.B.2 Tierras convertidas en tierras de cultivo	Falta de datos consistentes que reflejen los cambios de uso de suelo hacia tierras de cultivo en años recientes.	Inconsistencia en los datos que reflejan los cambios de uso de suelo hacia tierras de cultivo. Falta de series temporales anuales actualizadas.	Fortalecer la recopilación de datos sobre los cambios de uso de suelo hacia tierras de cultivo mediante la actualización del Mapa de Cambios de Uso de la Tierra, considerando las variaciones en la desagregación de información a lo largo de la serie temporal. Estas diferencias en el detalle de los datos históricos han requerido implementar procesos genéricos para garantizar la consistencia metodológica y la comparabilidad de la información en el tiempo. En este sentido, se plantea implementar un monitoreo continuo que permita generar series temporales con validación de campo, ajustándose a las directrices del IPCC, y mejorar la calidad y coherencia de los reportes

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.6 Pastizales (4C)

6.6.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría "Pastizales (4.C)" incluye las emisiones de GEI generadas por el cambio de uso de la tierra hacia vegetación herbácea, arbustiva y páramos, la mayoría de los cuales se encuentran en la región andina de Ecuador. Dentro de esta categoría se reporta la subcategoría "Tierras convertidas en pastizales (4.C.2)".

Para el año 2022, la categoría "Pastizales (4.C)" contribuye con el 0,05% de las emisiones netas del sector UTCUTS, lo que equivale a 1.299,66 kt CO₂-eq, indicando un comportamiento neto de emisiones en esta categoría. Todas estas emisiones provienen de la subcategoría "Tierras convertidas en pastizales (4.C.2)".

En comparación con el año 1994, cuando las emisiones fueron de 780,40 kt CO₂-eq, la categoría "Pastizales" ha mostrado un incremento en las emisiones para el año 2022, lo que podría estar asociado a un aumento en las conversiones hacia áreas de vegetación herbácea y arbustiva en ciertos periodos. Sin embargo, esta tendencia fluctúa a lo largo de los años, reflejando la variabilidad en las dinámicas de cambio de uso del suelo.

Durante los años 2012 y 2014, las emisiones se mantuvieron constantes en 6.968,30 kt CO₂-eq, reflejando una mayor conversión hacia pastizales en esos periodos. En el año 2016, las emisiones disminuyeron a 2.261,28 kt CO₂-eq, probablemente debido a una reducción en la conversión de tierras forestales hacia áreas de pastizales.

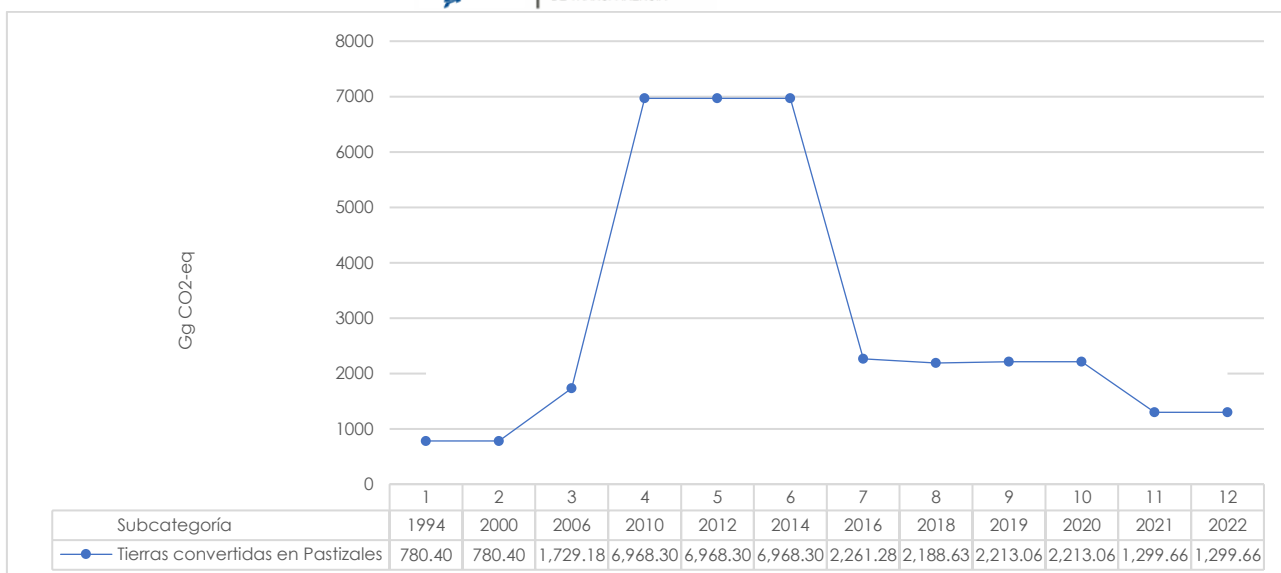
Para el año 2022, se observa una disminución significativa en las emisiones en comparación con 2020 (2.213,06 kt CO₂-eq), lo que demuestra una tendencia positiva hacia la estabilización de las conversiones y una posible mejora en las estrategias de manejo y conservación de suelos. Sin embargo, sigue siendo crucial limitar la conversión de tierras forestales a pastizales para prevenir futuras emisiones y fortalecer la capacidad de los ecosistemas para almacenar carbono.

Tabla 174. Balance de emisiones y absorciones de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Pastizales, serie 1994-2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Tierras convertidas en Pastizales	780,40	780,40	1.729,18	6.968,30	6.968,30	6.968,30	2.261,28	2.188,63	2.213,06	2.213,06	1.299,66	1.299,66
Total	780,40	780,40	1.729,18	6.968,30	6.968,30	6.968,30	2.261,28	2.188,63	2.213,06	2.213,06	1.299,66	1.299,66

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 49. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Pastizales, serie 1994-2022



Nota: Para los años 2010, 2012, 2014 y 2016 se reportan absorciones de CO₂, las cuales se deben al cambio de uso de la tierra desde cultivos anuales y perennes (con menores contenidos de carbono) hacia vegetación arbustiva y herbácea (con mayores contenidos de carbono).

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.6.2 Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría “Pastizales (4.C)”, se aplicó el método de Nivel 1, siguiendo las Directrices del IPCC de 2006, con el apoyo de sus hojas de cálculo estandarizadas. Este método asegura la aplicación de valores predeterminados para la estimación de emisiones y absorciones, manteniendo consistencia con los procedimientos internacionales.

En la subcategoría “Tierras convertidas en pastizales (4.C.2)”, se consideró la cantidad de biomasa que se corta o extrae durante la conversión desde otras categorías de tierra, como bosques y tierras de cultivo. Para este propósito, se utilizaron valores paramétricos específicos para cada categoría de tierra convertida, garantizando la representatividad de los datos bajo un enfoque Nivel 1.

Las emisiones y/o absorciones asociadas con la conversión de tierras se estimaron aplicando la Ecuación 2.16 del Capítulo 2, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006. Esta ecuación, conocida como Ecuación 8, calcula el cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa como resultado de la conversión de tierras hacia la categoría de pastizales.

Ecuación 8. Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \cdot \Delta A_{A_OTRAS_i} \} \cdot CF$$

Fuente: Ecuación 2.16; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año⁻¹

$B_{DESPUÉS_i}$ = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

B_{ANTES_i} = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

$\Delta A_{A_OTRAS_i}$ = Superficie de uso de la tierra i 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

i = Tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

6.6.3 Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para la categoría “Pastizales” provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra proporcionada por la Unidad de Monitoreo de Bosques del MAATE, esta matriz refleja la superficie de la tierra que ha sido convertida en pastizales, a continuación, se muestra un resumen de los cambios de tierra a pastizales para la serie histórica 1994-2022.

Tabla 175. Datos de actividad (ha) para la categoría Pastizales, serie 1994-2022

Año	Tierras convertidas en pastizales (ha)
1994	6.953,27
2000	6.953,27
2006	19.595,40
2010	71.859,14
2012	71.859,14
2014	71.859,14
2016	29.241,65
2018	26.227,14
2020	11.847,30
2022	16.829,60

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.6.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría "Pastizales" utiliza los factores de emisión disponibles en las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 176. Factores de emisión aplicados para la categoría Pastizales

Subcategoría	Existencias de biomasa después de la conversión (Baftter)	Fuente	Reservas de carbono resultantes de un año de crecimiento de la vegetación de los pastizales tras la conversión (DC Growth)	Fuente	Existencias de Carbono	Existencias de Biomasa	Fuente
	t /ha		t /ha		tC/ha	t/ha	
Tierras convertidas en pastizales	0	IPCC 2006; Volumen 4, Capítulo 6; cuadro 6.4	1,88	IPCC 2006; Volumen 4, Capítulo 4; cuadro 4.9 arbustos tropicales < 20 años	37,60	80,00	IPCC 2006; Volumen 4, Capítulo 4; cuadro 4.7 arbustos tropicales
Tierras convertidas en pastizales: Páramos	0	IPCC 2006; Volumen 4, Capítulo 6; cuadro 6.4	0,872	(An Assessment of Aboveground Net Primary Productivity in Andean Grasslands of Central Ecuador) Paul M. Ramsay, E. R. B. Oxley	2,21	4,71	(An Assessment of Aboveground Net Primary Productivity in Andean Grasslands of Central Ecuador) Paul M. Ramsay, E. R. B. Oxley

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.6.5 Incertidumbre específica de la categoría

Según las Directrices del IPCC de 2006, la incertidumbre del INGEI se basa en la incertidumbre de las emisiones y absorciones que la componen, producto a su vez de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión asociados a las fuentes y sumideros. El método aplicado para la estimación de incertidumbre fue el Método 1, que se basa en la ecuación de propagación del error. La incertidumbre combinada de la categoría "Pastizales" para el año 2022, ha sido estimada por subcategoría.

Tabla 177. Incertidumbre combinada de la categoría Pastizales

Código IPCC	Subcategoría	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de Factores de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
	Tierras convertidas en pastizales	CO2	25,00	25,00	75,00	75,00	79,10	79,10

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría "tierras convertidas en pastizales" provienen del Informe sobre la exactitud del mapa de cambios de cobertura y uso de la tierra para el período 2021-2022. Para la incertidumbre de los factores de emisión se emplea el valor por defecto del IPCC 2006, Volumen 4, capítulo 6, Cuadro 6.4

6.6.6 Consistencia de la serie temporal de la categoría

La consistencia de la serie temporal fue garantizada gracias al uso de los mismos datos de actividad (matriz de cambio de uso de la tierra del MAATE, 2022) y factores de emisión (Directrices del IPCC 2006) para toda la serie histórica del INGEI 1994-2022. En todos los casos que hubo actualizaciones a los datos de actividad y factores de emisión se cubrió la serie temporal de los INGEI anteriores.

6.6.7 AC/CC de la subcategoría

En el contexto de las actividades de control de calidad para el INGEI del sector UTCUTS, se implementaron procesos alineados con las Directrices del IPCC 2006, específicamente aquellos orientados a la validación y verificación de datos. Todas las actividades de control de calidad fueron documentadas de manera exhaustiva, siguiendo los estándares recomendados por el IPCC.

El Equipo Técnico del Proyecto 5CN1BTR generó espacios de análisis y evaluación sobre los resultados presentados en la Cuarta Comunicación Nacional del Ecuador, permitiendo identificar oportunidades de mejora y alinearse con los formatos más recientes de reporte. Asimismo, se incorporaron las recomendaciones de los

revisores expertos realizadas en 2019, como parte de las actividades de garantía de calidad, que han sido integradas en el INGEI 2022. Todas las observaciones fueron debidamente listadas y documentadas para asegurar una mejora continua en los próximos inventarios.

6.6.8 Plan de mejoramiento específico de la categoría

El Plan de Mejoramiento para la categoría “Pastizales” está detallado en el Documento Plan de Mejoras del INGEI 2022. A continuación, se presenta un resumen actualizado de las actividades de mejora, identificando barreras actuales y oportunidades de mejora para fortalecer las estimaciones en futuros INGEI.

Tabla 178. Plan de mejora específico de la categoría Pastizales

Categoría	Subcategoría/componente	Dato	Barreras identificadas durante la elaboración del INGEI 2022	Mejoramiento potencial
Pastizales (4.C)	4.C Pastizales 4.C.1 Pastizales que permanecen como pastizales	No se reportan las emisiones o absorciones debido a la falta de factores de emisión propios para esta subcategoría.	Ausencia de factores de emisión específicos y falta de datos desagregados por tipo de pastizales.	El MAATE – SNMB en coordinación con la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA), debe generar trabajar en la generación datos de actividad a Nivel 2. Una de las acciones iniciales para llegar a cumplir esto, es actualizando el Mapa de Uso y Cambio de Uso de la Tierra de Ecuador. Asimismo, desarrollar factores de emisión específicos para mejorar la precisión de reportes sobre emisiones y absorciones en esta subcategoría.
	4.C Pastizales 4.C.2 Tierras convertidas en pastizales	Falta de datos desagregados por tipo de	Falta de información de los sistemas de	Fortalecer el sistema de monitoreo que permita identificar

		conversión de tierras a vegetación arbustiva y herbácea y páramos.	monitoreo para identificar conversiones hacia pastizales.	conversiones hacia pastizales de manera continua, considerando diferencias ecosistémicas. Generar una serie temporal confiable desde 1994 con actualizaciones anuales, alineadas a las directrices del IPCC.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.7 Humedales (4D)

6.7.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría "Humedales (4.D)" incluye las emisiones de GEI provenientes de humedales gestionados, aquellos cuyo nivel freático se modifica artificialmente (ya sea por drenado o inundación), o que han sido creados por la actividad humana, como los embalses y camaroneras. Dentro de esta categoría, se encuentra la subcategoría "Tierras convertidas en humedales (4.D.2)".

Para el año 2022, la categoría "Humedales (4.D)" representó el 0,01% de las emisiones netas del sector UTCUTS, con un valor de 2,84 kt CO₂-eq. Todas estas emisiones provienen de la subcategoría "Tierras convertidas en humedales (4.D.2)".

En comparación con el año 1994, cuando las emisiones se estimaban en 151,99 kt CO₂-eq, las emisiones en 2022 muestran una disminución del 98,13%, reflejando una reducción considerable en la conversión de tierras hacia humedales artificiales. Esta reducción podría asociarse a una estabilización en la expansión de actividades humanas relacionadas con humedales artificiales, como represas, embalses y camaroneras, y a la adopción de estrategias de manejo más sostenibles.

En relación con los valores reportados para los años 2012 y 2014 (839,32 kt CO₂-eq en ambos casos), las emisiones para el año 2022 muestran una disminución del 99,66%. Por otro lado, respecto a las emisiones estimadas en el año 2016 (388,02 kt CO₂-eq), el año 2022 presenta una disminución del 99,27%.

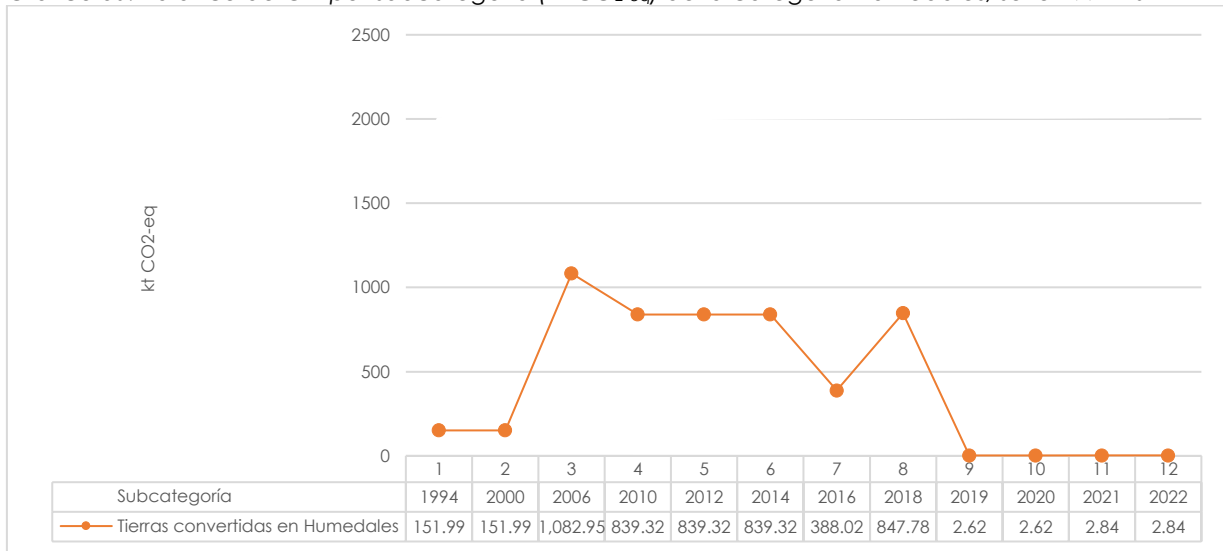
Estos datos reflejan una tendencia positiva hacia la reducción de emisiones en esta categoría, lo que puede indicar avances en las estrategias de conservación y manejo de los humedales existentes.

Tabla 179. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Humedales, serie 1994-2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Tierras convertidas en Humedales	151,99	151,99	1.082,95	839,32	839,32	839,32	388,02	847,78	2,62	2,62	2,84	2,84
Total	151,99	151,99	1.082,95	839,32	839,32	839,32	388,02	847,78	2,62	2,62	2,84	2,84

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 50. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Humedales, serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.7.2 Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría "Humedales" se aplicó el método de Nivel 1. El cálculo de las emisiones para esta categoría se realizó a través de las hojas de cálculo de las Directrices del IPCC de 2006.

Para la subcategoría de tierras que se convierten a Humedales, se consideró la cantidad de biomasa que se corta o extrae de los distintos tipos de tierras, utilizando los valores paramétricos que corresponden a cada categoría específica, y bajo un método de nivel 1 se consideró que la biomasa inmediatamente después de la corta tiene un valor de cero.

Para estimar los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión de la tierra en tierras inundadas se aplicó la Ecuación 7.10; Capítulo 7, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006 (Ecuación 9).

Ecuación 9. Cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa viva de tierras convertidas en tierras inundadas:

$$\Delta C_{LW_{\text{inund. LB}}} = \left[\sum_i A_i \cdot (B_{\text{Después}_i} - B_{\text{Antes}_i}) \right] \cdot CF$$

$$CO_{2\_LW_{\text{inund.}}} = \Delta C_{LW_{\text{inund. LB}}} \cdot \frac{-44}{12}$$

Fuente: Ecuación 7.10; Capítulo 7; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$\Delta C_{LW_{\text{inund. LB}}}$ = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en Tierras convertidas en tierras inundadas, ton C año-1

- = superficie de tierras convertidas anualmente en Tierras inundadas a partir del uso original de la tierra, ha año-1

$B_{\text{Después}_i}$ = biomasa inmediatamente después de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. ha-1 (defecto = 0)

B_{Antes_i} = biomasa inmediatamente antes de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. ha-1

CF= fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,5), ton C (ton d.m.)-1

$CO_{2\_LW_{\text{inund.}}}$ = emisiones anuales de CO2 en Tierras convertidas en tierras inundadas, ton CO2 año-1

6.7.3 Datos de actividad específica de la categoría

Los datos de actividad para la categoría "Humedales" provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra proporcionada por la Unidad de Monitoreo de Bosques del MAATE, esta matriz refleja la superficie de la tierra que ha sido convertida en humedales, a continuación, se muestra un resumen de los cambios de tierra hacia humedales para la serie histórica 1994-2022.

Tabla 180. Datos de actividad (ha) de la categoría Humedales, serie 1994-2022

Año	Tierras convertidas en humedales (ha)
1994	1.265,19
2000	1.265,19
2006	5.287,69
2010	10.923,84
2012	10.923,84
2014	10.923,84
2016	13.362,74

2018	11.313,07
2020	16.980,52
2022	8.872,05

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.7.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría "Humedales" utiliza los factores de emisión disponibles en las Directrices del IPCC 2006, que para este caso es 0 debido a que en el Nivel 1 se considera la eliminación inmediata de la biomasa después de la conversión en humedales.

Tabla 181. Factores de emisión aplicados en la categoría Humedales

Subcategoría	Tipo de humedal	Biomasa viva inmediatamente después de la conversión (Bafter)	Fuente
		t d.m./ha	
Tierras convertidas en humedales	Cuerpo de agua natural	0	IPCC 2006, Vol 4, cap 7, sección 7.3.2.1
	Cuerpo de agua artificial	0	

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.7.5 Incertidumbre específica de la categoría

Según las Directrices del IPCC de 2006, la incertidumbre del INGEI se basa en la incertidumbre de las emisiones y absorciones que la componen, producto a su vez de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión asociados a las fuentes y sumideros. El método aplicado para la estimación de incertidumbre fue el Método 1, que se basa en la ecuación de propagación del error. La incertidumbre combinada de la categoría "Humedales" para el año 2022, ha sido estimada por subcategoría.

Tabla 182. Incertidumbre combinada de la categoría Humedales

Código IPCC	Subcategoría	GEI	Incertidum bre de datos de actividad		Incertidumbre de Factores de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
	Tierras convertidas en humedales	CO ₂	25,0 0	25,0 0	50,00	50,00	55,90	55,90

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría "tierras convertidas en humedales" provienen del Informe sobre la exactitud del mapa de cambios de cobertura y uso de la tierra para el período 2021-2022. Para la incertidumbre de los

factores de emisión se emplea la incertidumbre teórica del 50% para evitar la introducción de tendencias estadísticas en la propagación de errores.

6.7.6 Consistencia de la serie temporal de la categoría

La consistencia de la serie temporal del sector UTCUTS fue garantizada mediante la utilización de los mismos datos de actividad (provenientes de la Matriz de Cambio de Uso de la Tierra del MAATE, 2022) y factores de emisión (con base en las Directrices del IPCC 2006) para toda la serie histórica del INGEI 1994-2022. Esto asegura que las emisiones y absorciones sean comparables a lo largo del tiempo, proporcionando un marco coherente y uniforme para la evaluación de las emisiones de GEI.

En todos los casos donde se realizaron actualizaciones de datos de actividad y factores de emisión, se ajustó retrospectivamente la serie temporal para incluir los nuevos valores, cubriendo así los inventarios de GEI anteriores. De esta manera, todas las matrices de cambio de uso del suelo fueron homologadas, manteniendo la misma disgregación que las matrices correspondientes a los años 2018 y 2022. Esto incluyó ajustes en las clasificaciones de uso del suelo y en las categorías específicas, con el fin de garantizar la coherencia metodológica.

6.7.7 AC/CC de la subcategoría

Con respecto a las actividades de control de calidad para el INGEI del sector UTCUTS, estas fueron desarrolladas en función a las recomendaciones descritas en las Directrices del IPCC 2006.

El Equipo técnico del Proyecto 5CN1BTR generó espacios de análisis y evaluación a los resultados presentados en la Cuarta Comunicación Nacional del Ecuador para poder incorporar mejoras al INGEI. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos desarrollada en el 2019 (garantía de calidad) han sido listadas y documentadas.

6.7.8 Plan De mejora específico de la categoría

El Plan de mejora de la categoría se encuentra detallado en el Documento Plan de Mejoras del INGEI 2022, a continuación, se presenta un resumen de las actividades de mejora para la categoría "Humedales", en dónde se describe la categoría, subcategoría, dato de actividad, barrera identificada y el potencial mejoramiento para el desarrollo de los próximos INGEI.

Tabla 183. Plan de mejora específico de la categoría Humedales

Categoría	Subcategoría/componente	Dato de actividad	Barreras identificadas durante la elaboración del INGEI 2022	Mejoramiento potencial
Humedales (4.D)	4. D Humedales	Falta de información desagregada	No se reportan las emisiones o absorciones debido a la falta de factores de emisión propios para esta subcategoría.	El MAATE – SNMB deberá desarrollar factores de emisión específicos basados en mediciones locales, considerando las características únicas de los humedales en Ecuador. Promover su actualización periódica y fomentar la integración de datos de sensores remotos para mejorar las estimaciones.
Humedales (4.D)	4. D Humedales 4.D.2 Turberas	No se dispone de datos específicos sobre las emisiones y absorciones de GEI provenientes de turberas en el Ecuador.	Falta de factores de emisión locales para turberas y ausencia de un monitoreo continuo de sus cambios de uso y condiciones ecológicas.	- Realizar estudios específicos para medir el contenido de carbono en turberas ecuatorianas, utilizando metodologías de muestreo estandarizadas. - Implementar un monitoreo periódico de las turberas a través de sensores remotos y mediciones de campo. - Promover la integración de las turberas en el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB) para evaluar impactos de actividades humanas y estimar las emisiones asociadas.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.8 Asentamientos (4E)

6.8.1 Descripción y tendencia de los GEI en la categoría

La categoría "Asentamientos (4.E)" incluye las emisiones de GEI generadas por la conversión de tierras forestales, pastizales y tierras de cultivo en asentamientos (áreas urbanizadas o con infraestructura), como resultado del crecimiento poblacional y la expansión de infraestructura. Dentro de esta categoría se reporta la subcategoría "Tierras convertidas en asentamientos (4.E.2)".

Para el año 2022, la categoría "Asentamientos (4.E)" representó un total de 3.954,44 kt CO₂-eq. Todas las emisiones provienen de la subcategoría "Tierras convertidas en asentamientos (4.E.2)".

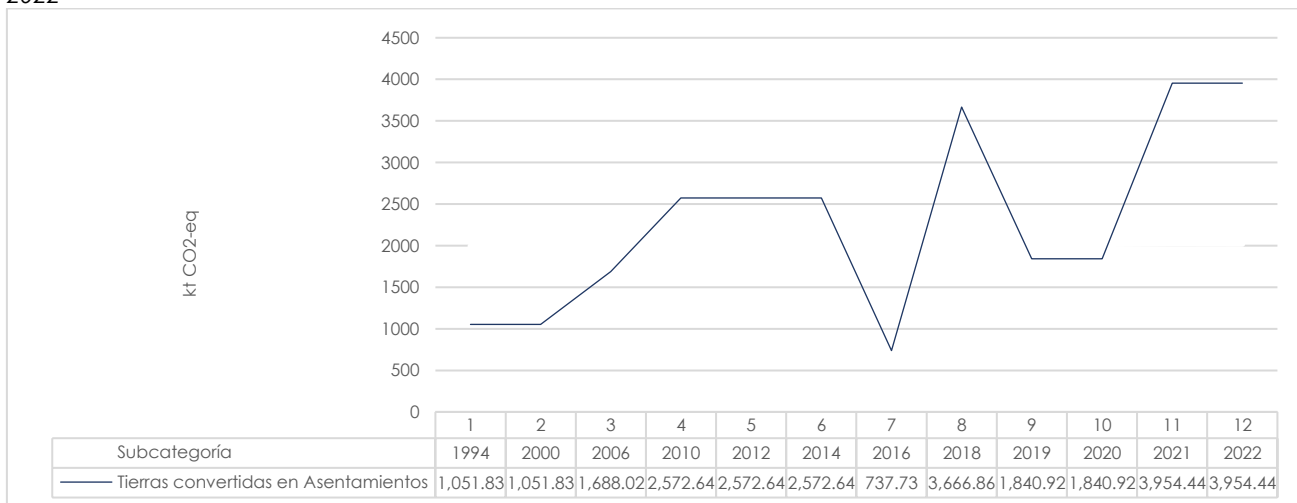
En comparación con el año 1994, cuando las emisiones se estimaban en 1.051,83 kt CO₂-eq, las emisiones en 2022 muestran un aumento del 276%. Asimismo, respecto a los valores de 2012 y 2014 (2.572,64 kt CO₂-eq en ambos casos), las emisiones de 2022 reflejan un incremento del 54%. En relación con el año 2016 (737,73 kt CO₂-eq), el aumento registrado en 2022 es del 436%. Además, en comparación con 2021 y 2022 (3.954,44 kt CO₂-eq en ambos años), el incremento fue del 115%, lo que muestra una tendencia creciente en los últimos años.

Tabla 184. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Asentamientos, serie 1994-2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Tierras convertidas en Asentamientos	1.051,83	1.051,83	1.688,02	2.572,64	2.572,64	2.572,64	737,73	3.666,86	1.840,92	1.840,92	3.954,44	3.954,44
Total	1.051,83	1.051,83	1.688,02	2.572,64	2.572,64	2.572,64	737,73	3.666,86	1.840,92	1.840,92	3.954,44	3.954,44

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 51. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Asentamientos, serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.8.2 Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría "Asentamientos" se aplicó el método de Nivel 1. El cálculo de las emisiones para esta categoría se realizó a través de las hojas de cálculo de las Directrices del IPCC de 2006.

Para la subcategoría de tierras que se convierten en Asentamientos, se consideró la cantidad de biomasa que se corta o extrae de los distintos tipos de tierras, utilizando los valores paramétricos que corresponden a cada categoría específica, y bajo un método de nivel 1 se consideró que la biomasa inmediatamente después de la corta tiene un valor de cero.

Para estimar las emisiones y/o absorciones de la conversión a otra categoría de tierra se aplicó la Ecuación 2.16; Capítulo 2, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006 (Ecuación 10).

Ecuación 10. Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas otra categoría de tierra

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \cdot \Delta A_{A\_OTRAS_i} \} \cdot CF$$

Fuente: Ecuación 2.16; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año⁻¹

$B_{DESPUÉS_i}$ = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

B_{ANTES_i} = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

$\Delta A_{A\_OTRAS_i}$ = Superficie de uso de la tierra i 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

= Tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

6.8.3 Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para la categoría "Asentamientos" provienen de la Matriz de Uso y Cambio de Uso de la Tierra proporcionada por la Unidad de Monitoreo de Bosques del MAATE. Esta matriz refleja la superficie de tierra que ha sido convertida en asentamientos a lo largo de la serie histórica.

A continuación, se muestra un resumen actualizado de los cambios de tierra hacia asentamientos para los años clave de la serie histórica 1994-2022.

Tabla 185. Datos de actividad (ha) de la categoría Asentamientos, serie 1994-2022

Año	Tierras convertidas en asentamientos (ha)
1994	4.743,91
2000	4.743,91
2006	7.736,94
2010	11.498,00
2012	11.498,00
2014	11.498,00
2016	3.461,94
2018	16.420,64
2020	102.766,37
2022	19.491,61

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Entre 1994 y 2014, las conversiones hacia asentamientos muestran un crecimiento gradual, con un aumento progresivo en las emisiones relacionadas con la expansión de áreas urbanizadas e infraestructura. En 2016, se observa una reducción significativa en la conversión de tierras hacia asentamientos, con un valor estimado de 737,73 kt CO₂-eq.

Sin embargo, para 2018, las conversiones presentan un incremento notable, alcanzando un valor de 3.666,86 kt CO₂-eq. Este aumento significativo podría no reflejar únicamente un período de expansión acelerada en la infraestructura y urbanización, sino también estar influenciado por un cambio en la leyenda o clasificación de los usos de la tierra en la Matriz de Uso y Cambio de Uso de la Tierra proporcionada por el MAATE.

Los cambios en la clasificación o leyenda pueden haber permitido una identificación más precisa y desagregada de las áreas urbanizadas, incluyendo infraestructuras que previamente no se clasificaban como asentamientos. Esto podría haber resultado en una actualización de datos para las áreas urbanas que ya existían pero que no se habían registrado adecuadamente en inventarios previos. Para 2022, el valor reportado alcanza 3.954,44 kt CO₂-eq, mostrando una tendencia sostenida al alza en la categoría de asentamientos.

6.8.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría "Asentamientos" utiliza los factores de emisión disponibles en las Directrices del IPCC 2006 que en este caso son 0, debido a que en el Nivel 1 se considera la eliminación completa de la biomasa después de la conversión en asentamientos.

Tabla 186. Factores de emisión aplicados a la categoría Asentamientos

Subcategoría	Tipo de asentamientos	Biomasa viva inmediatamente después de la conversión	Fuente
		B after	
Tierras convertidas en asentamientos	Área poblada	0	IPCC 2006; Vol 4, Cap. 8, sección 8.3.1.1, Nivel 1
	Infraestructura	0	

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.8.5 Incertidumbre específica de la categoría

Según las Directrices del IPCC de 2006, la incertidumbre del INGEI se calcula a partir de la incertidumbre de las emisiones y absorciones, las cuales son producto de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión asociados a las fuentes y sumideros. Para esta estimación se utilizó el Método 1, basado en la ecuación de propagación del error.

La incertidumbre combinada de la categoría "Asentamientos" para el año 2022 ha sido estimada por subcategoría.

Tabla 187. Incertidumbre combinada de la categoría Asentamientos

Código IPCC	Subcategoría	GEI	Incertidumbre de datos de actividad	Incertidumbre de Factores de emisión			Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
	Tierras convertidas en asentamientos	CO ₂	25,00	25,00	50,00	50,00	55,90	55,90

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La incertidumbre de los datos de actividad de la subcategoría "Tierras convertidas en asentamientos" proviene del Informe sobre la exactitud del mapa de cambios de cobertura y uso de la tierra para el período 2021-2022. Para la incertidumbre de los factores de emisión, se emplea un valor teórico del 50%, con el objetivo de evitar la introducción de tendencias estadísticas en la propagación de errores.

6.8.6 Consistencia de la serie temporal de la categoría

La consistencia de la serie temporal se garantizó mediante el uso de los mismos datos de actividad (Matriz de Cambio de Uso de la Tierra del MAATE, 2022) y factores de emisión (Directrices del IPCC 2006) para toda la serie histórica del INGEI 1994-2022. En todos los casos donde se realizaron actualizaciones a los datos y factores de emisión, se ajustó retroactivamente toda la serie histórica,

homologando las matrices de cambio de uso del suelo para que tengan la misma desagregación que las de 2018 y 2022.

6.8.7 AC/CC de la subcategoría

Las actividades de control de calidad para el INGEI del sector UTCUTS se llevaron a cabo de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006. El Equipo Técnico del Proyecto 5CN1BTR desarrolló espacios de análisis para evaluar los resultados de la Cuarta Comunicación Nacional. Las recomendaciones de los revisores expertos realizadas en 2019 (garantía de calidad) fueron debidamente documentadas e implementadas.

6.9 Otras tierras (4F)

6.9.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría "Otras Tierras (4.F)" incluye las emisiones de GEI generadas por el cambio de uso de la tierra hacia áreas de suelo desnudo, roca, glaciares y otras tierras que no pertenecen a las categorías previamente descritas. Dentro de esta categoría se reporta la subcategoría "Tierras convertidas en otras tierras (4.F.2)".

Para el año 2022, la categoría "Otras Tierras (4.F)" representó el 3,04% del total de emisiones del sector UTCUTS, con un valor de 783,86 kt CO₂-eq. Todas las emisiones provienen de la subcategoría "Tierras convertidas en otras tierras (4.F.2)".

En comparación con el año 1994, cuando las emisiones se estimaban en 380,87 kt CO₂-eq, la categoría ha experimentado un incremento del 105,8% en 2022. Este aumento se debe principalmente a la expansión de áreas sin cobertura vegetal, causada por el abandono o descanso de tierras de cultivo y pastizales.

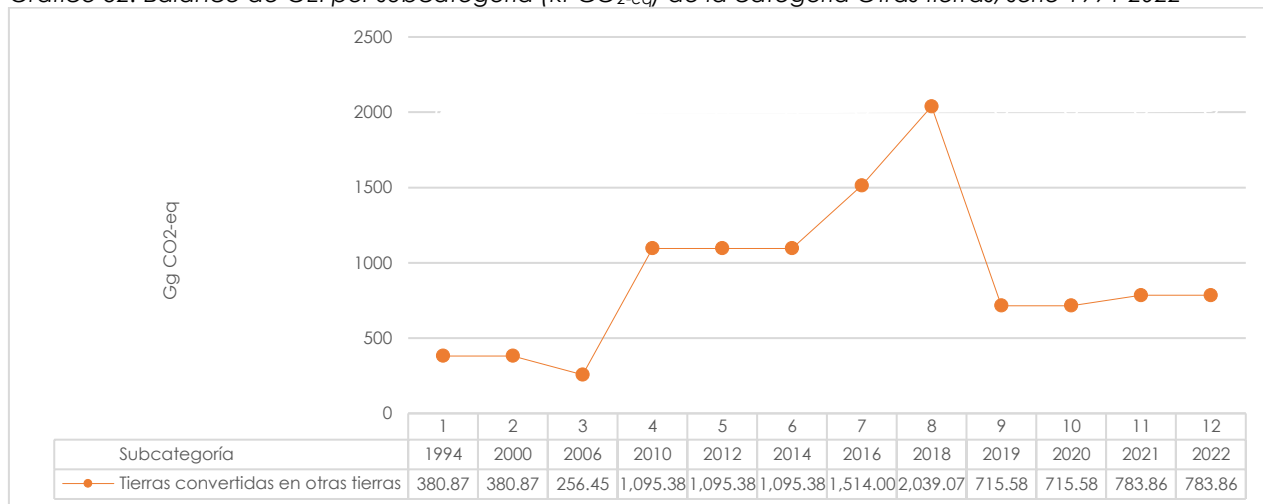
En relación con los valores reportados para los años 2012 y 2014 (1.095,38 kt CO₂-eq en ambos casos), las emisiones del año 2022 muestran una disminución del 28,4%. Sin embargo, al comparar con el año 2016 (1.514,00 kt CO₂-eq), el año 2022 presenta una disminución significativa del 48,2%, lo que podría reflejar una reducción en la conversión de tierras hacia áreas de suelo desnudo o no utilizadas.

Tabla 188. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Otras tierras, serie 1994-2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Tierras convertidas en otras tierras	380,87	380,87	256,45	1.095,38	1.095,38	1.095,38	1.514,00	2.039,07	715,58	715,58	783,86	783,86
Total	380,87	380,87	256,45	1.095,38	1.095,38	1.095,38	1.514,00	2.039,07	715,58	715,58	783,86	783,86

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 52. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Otras tierras, serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.9.2 Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría “Otras tierras” se aplicó el método de Nivel 1. El cálculo de las emisiones para esta categoría se realizó a través de las hojas de cálculo de las Directrices del IPCC de 2006.

Para la subcategoría de tierras que se convierten en Otras tierras, se consideró la cantidad de biomasa que se corta o extrae de los distintos tipos de tierras, utilizando los valores paramétricos que corresponden a cada categoría específica, y bajo un método de nivel 1 se consideró que la biomasa inmediatamente después de la corta tiene un valor de cero.

Para estimar las emisiones y/o absorciones de la conversión a otra categoría de tierra se aplicó la Ecuación 2.16; Capítulo 2, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006 (Ecuación 11).

Ecuación 11. Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \cdot \Delta A_{A\_OTRAS_i} \} \cdot CF$$

Fuente: Ecuación 2.16; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año⁻¹

$B_{DESPUÉS_i}$ = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

B_{ANTES_i} = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

$\Delta A_{A_OTRAS_i}$ = Superficie de uso de la tierra i 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

i = Tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

6.9.3 Datos de actividad específicos de la categoría

Los datos de actividad para la categoría "Otras tierras" provienen de la matriz de uso y cambio de uso de la tierra proporcionada por la Unidad de Monitoreo de Bosques del MAATE, esta matriz refleja la superficie de la tierra que ha sido convertida en otras tierras, a continuación, se muestra un resumen de los cambios de tierra hacia otras tierras para la serie histórica 1994-2022.

Tabla 189. Datos de actividad (ha) de la categoría Otras tierras, serie 1994-2018

Año	Tierras convertidas en otras tierras (ha)
1994	2.915,50
2000	2.915,50
2006	2.536,39
2010	7.176,18
2012	7.176,18
2014	7.176,18
2016	7.802,33
2018	12.285,34
2020	2.019,23
2022	3.485,78

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.9.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría "Otras tierras" utiliza los factores de emisión disponibles en las Directrices del IPCC 2006, que para este caso es 0, debido a que en el Nivel 1 se considera que toda la biomasa se elimina después de la conversión en otras tierras.

Tabla 190. Factores de emisión aplicados en la categoría Otras tierras

Subcategoría	Tipo de Otras tierras	Biomasa viva inmediatamente después de la conversión	Fuente
		B after	
Tierras convertidas en otras tierras	Áreas sin cobertura vegetal	0	IPCC 2006; Vol 4, Cap. 9, sección 9.3.1, Nivel 1
	Glaciar	0	

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.9.5 Incertidumbre de la categoría

Según las Directrices del IPCC de 2006, la incertidumbre del INGEI se basa en la incertidumbre de las emisiones y absorciones que la componen, producto a su vez de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión asociados a las fuentes y sumideros. El método aplicado para la estimación de incertidumbre fue el Método 1, que se basa en la ecuación de propagación del error. La incertidumbre combinada de la categoría "Otras tierras" para el año 2022, ha sido estimada por subcategoría.

Tabla 191. Incertidumbre combinada de la categoría Otras tierras

Código IPCC	Subcategoría	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de Factores de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
3B6b	Tierras convertidas en otras tierra	CO ₂	25,00	25,00	50,00	50,00	55,90	55,90

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La incertidumbre de los datos de actividad para la subcategoría "Tierras convertidas en otras tierras" se basa en el Informe sobre la Exactitud del Mapa de Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra para el período 2021-2022. Para los factores de emisión, se utilizó una incertidumbre teórica del 50%, siguiendo las recomendaciones del IPCC 2006, con el fin de evitar la introducción de tendencias estadísticas en la propagación de errores.

6.9.6 Consistencia de la serie temporal de la categoría

La consistencia de la serie temporal fue asegurada mediante el uso de los mismos datos de actividad (Matriz de Cambio de Uso de la Tierra del MAATE, 2022) y factores de emisión basados en las Directrices del IPCC 2006 para toda la serie histórica del INGEI 1994-2022. En todos los casos en que se realizaron actualizaciones a los datos de actividad y factores de emisión, estas se reflejaron en toda la serie histórica. Esto incluyó la homologación de todas las matrices de cambio de uso del

suelo, asegurando que tengan la misma desagregación que las matrices de los años 2018 y 2022.

6.9.7 AC/CC de la subcategoría

Las actividades de control de calidad para el INGEI del sector UTCUTS se llevaron a cabo de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006. El Equipo Técnico del Proyecto 5CN1BTR realizó sesiones de análisis y evaluación de los resultados presentados en la Cuarta Comunicación Nacional del Ecuador, incorporando mejoras al INGEI 2022. Las recomendaciones de los revisores expertos, realizadas en 2019 como parte del proceso de garantía de calidad, fueron documentadas y aplicadas.

6.9.8 Plan de mejoras de la categoría

El Plan de Mejora para la categoría "Otras tierras" está detallado en el Documento Plan de Mejoras del INGEI 2022. A continuación, se presenta un resumen de las actividades de mejora (ver tabla 192).

Tabla 192. Plan de mejora específico de la categoría Otras tierras

Categoría	Subcategoría/componente	Dato	Problema	Mejoramiento potencial
Otras tierras	4.F Otras tierras 4.F.1 Otras tierras que permanecen como tales	Superficie de tierras clasificadas como "otras tierras" (ha)	La falta de datos específicos sobre el tipo y uso de estas tierras genera alta incertidumbre en las estimaciones de emisiones y absorciones.	- Desarrollar una clasificación más detallada dentro de la categoría "Otras Tierras" para distinguir entre áreas sin cobertura vegetal, áreas de rocas y glaciares. - Implementar un monitoreo anual utilizando imágenes satelitales y datos de campo. - Incorporar estudios específicos para glaciares que permitan evaluar emisiones derivadas de su reducción por cambio climático.
Otras tierras	4.F Otras tierras 4.F.2 Conversión de tierras a "otras tierras"	Superficie convertida a otras tierras (ha)	No existe un sistema consolidado que registre la conversión de tierras a "otras tierras", dificultando el cálculo de las emisiones asociadas.	- Crear un sistema interinstitucional para monitorear conversiones de uso de suelo hacia esta categoría, priorizando áreas con pérdida de cobertura vegetal significativa. - Generar factores de emisión locales para evaluar adecuadamente el impacto de estas conversiones. - Implementar estudios piloto en áreas críticas para identificar tendencias y patrones de conversión.

6.10 Quema de biomasa (4(IV))

6.10.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría "Quema de Biomasa (4(IV))" comprende las emisiones de GEI (principalmente CH₄ y N₂O) generadas por la quema de biomasa debido a incendios forestales. Dentro de esta categoría se reporta la subcategoría "Quema de Biomasa en Tierras Forestales (4(IV).1)".

Para el año 2022, la categoría "Quema de Biomasa (4(IV))" representa el 0,11% del total de emisiones del sector UTCUTS, con un valor de 28,08 kt CO₂-eq. Todas las emisiones provienen de la subcategoría "Quema de Biomasa en Tierras Forestales (4(IV).1)".

En comparación con el año 1994, cuando las emisiones fueron de 16,41 kt CO₂-eq, las emisiones en 2022 han mostrado un incremento del 71%. Este aumento podría estar asociado con un incremento en la superficie afectada por incendios forestales en algunos años recientes.

Con respecto a los valores de emisiones estimados en 2012 (73,96 kt CO₂-eq), el año 2022 refleja una disminución significativa del 62%. Asimismo, respecto a 2014 (10,50 kt CO₂-eq), las emisiones en 2022 muestran un incremento del 167%. Sin embargo, en comparación con el año 2016 (15,98 kt CO₂-eq), el año 2022 refleja un incremento del 76%.

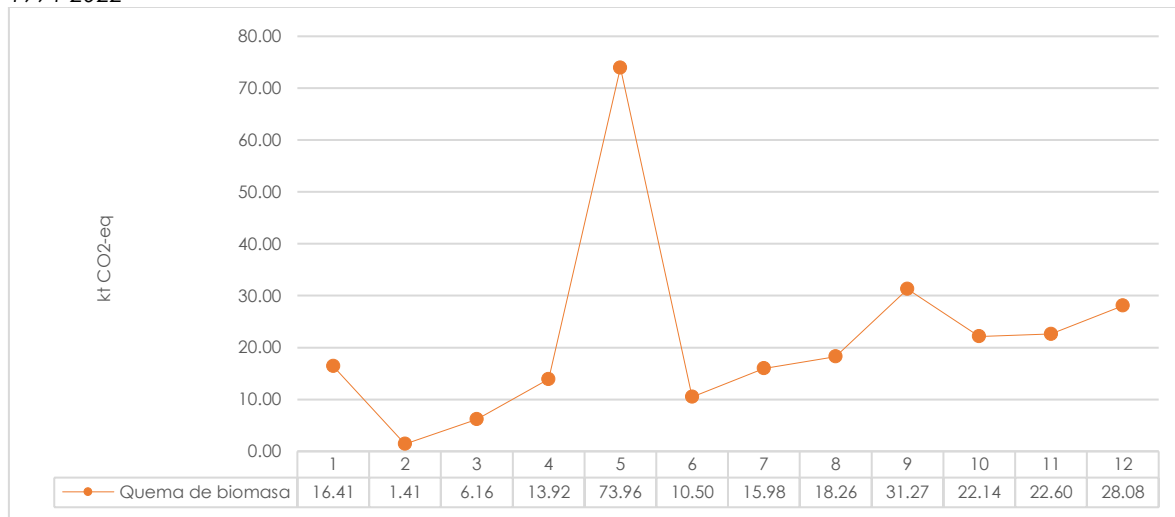
En los años 2018 y 2019, las emisiones fueron de 18,26 kt CO₂-eq y 31,27 kt CO₂-eq, respectivamente. Comparado con 2022, esto indica un incremento del 54% respecto a 2018 y una disminución del 10% respecto a 2019. Además, en 2021, las emisiones se situaron en 22,60 kt CO₂-eq, mostrando un incremento del 24% para 2022.

Tabla 193. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂ eq) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Quema de biomasa	16,41	1,41	6,16	13,92	73,96	10,50	15,98	18,26	31,27	22,14	22,60	28,08
Total	16,41	1,41	6,16	13,92	73,96	10,50	15,98	18,26	31,27	22,14	22,60	28,08

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 53. Balance de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.10.2 Aspectos metodológicos específicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría Quema de Biomasa se aplicó el método Nivel 1, la fórmula para determinar la pérdida de biomasa por perturbaciones (incendios forestales) se presenta en la categoría tierras forestales, se usó factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC 2006 y datos de actividad de la plataforma FAOSTAT (superficie afectada por incendios forestales).

Para estimar las emisiones de GEI a causa de la quema de biomasa por la afectación de incendios forestales se aplicó la Ecuación 2.27; Capítulo 2, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006 (Ecuación 12).

Ecuación 12. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero a causa del fuego

$$L_{\text{fuego}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3}$$

Fuente: Ecuación 2.27; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

L_{fuego} = Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero (GEI) (p. ej., CH₄, N₂O, etc).

A = Superficie quemada, ha

M_B = Masa de combustible disponible para la combustión, ton ha⁻¹. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta.

Cf= Factor de combustión, sin dimensión

G_{ef}= Factor de emisión, g kg⁻¹ de materia seca quemada

6.10.3 Datos de actividad específicos de la categoría

A pesar de la problemática y afectación de los incendios forestales en el Ecuador, no existe una base de datos oficial ni serie histórica que permita visualizar y analizar la superficie total afectada por tipo de bosque de manera anual, ni la dinámica de este fenómeno con el paso de los años. El Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), el MAATE, el MAG y algunos municipios del país generan información puntual sobre la afectación de incendios forestales, sin embargo, lo hacen dentro de sus competencias. Esta circunstancia limita a que se genere información que cubra todo el territorio nacional, de manera continua, comparable, homologable y coherente. Para esta ocasión, la serie histórica sobre la superficie de incendios forestales proviene de la plataforma FAOSTAT.

Tabla 194. Datos de actividad (ha) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022

Año	Superficie afectada por incendios forestales (ha)
1994	1.536,40
2000	131,67
2006	577,01
2010	1.303,57
2012	6.923,93
2014	983,04
2016	1.495,97
2018	1.709,67
2020	2.073,01
2022	2.628,68

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

6.10.4 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría "Quema de biomasa" utiliza los factores de emisión disponibles en las Directrices del IPCC 2006 tal y como se detallan en la tabla 197.

Tabla 195. Datos de actividad (ha) de la categoría Quema de biomasa, serie 1994-2022

Factor de emisión	FE - CH ₄		FE - N ₂ O	
	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Masa de combustible disponible para combustión	30,97*	Ton/ha	42,2	Ton/ha
Factor de combustión	0,55	-	0,55	-

Factor de emisión para cada GEI	6,8	kg dm burnt	0,2	kg dm burnt

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

*Valor varía en función del tipo de bosque

6.10.5 Incertidumbre específica de la categoría

Según las Directrices del IPCC de 2006, la incertidumbre del INGEI se basa en la incertidumbre de las emisiones y absorciones que la componen, producto a su vez de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión asociados a las fuentes y sumideros. El método aplicado para la estimación de incertidumbre fue el Método 1, que se basa en la ecuación de propagación del error. La incertidumbre combinada de la categoría "Quema de biomasa" para el año 2022, ha sido estimada por subcategoría. Un resumen de los resultados se presenta en la tabla 196.

Tabla 196. Incertidumbre combinada de la categoría Quema de biomasa

Código IPCC	Subcategoría	GEI	Incertidumbre de datos de actividad		Incertidumbre de Factores de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
(4(IV))	Quema de biomasa en tierras forestales	CH ₄	50,00	50,00	29,00	29,00	57,80	57,80
(4(IV))	Quema de biomasa en tierras forestales	N ₂ O	50,00	50,00	50,00	50,00	70,70	70,70

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Para la incertidumbre de los datos de actividad del CH₄ y N₂O se emplea la incertidumbre teórica del 50% para evitar la introducción de tendencias estadísticas en la propagación de errores. Con respecto a la incertidumbre del factor de emisión del CH₄, se utiliza la incertidumbre por defecto del IPCC 2006 (C2. Cuadro 2.5), para la incertidumbre del factor de emisión del N₂O se emplea una incertidumbre teórica del 50%.

6.10.6 Consistencia de la serie temporal de la categoría

La consistencia de la serie temporal fue asegurada mediante el uso de los mismos datos de actividad (plataforma FAOSTAT y validación con la Unidad de Monitoreo de Bosques del MAATE) y factores de emisión basados en las Directrices del IPCC 2006 para toda la serie histórica del INGEI 1994-2022. Además, en todos los casos donde se realizaron actualizaciones a los datos de actividad y/o factores de

emisión, dichas actualizaciones se reflejaron en toda la serie temporal de los INGEI anteriores, garantizando la coherencia y precisión de las estimaciones.

6.10.7 AC/CC de la subcategoría

Las actividades de control de calidad para el INGEI del sector UTCUTS fueron implementadas de acuerdo con las recomendaciones establecidas en las Directrices del IPCC 2006. El Equipo Técnico del Proyecto 5CN1BTR llevó a cabo sesiones de análisis y evaluación sobre los resultados presentados en la Cuarta Comunicación Nacional del Ecuador, incorporando mejoras al INGEI 2022. Asimismo, las recomendaciones de los revisores expertos en el marco de la garantía de calidad desarrollada en 2019 fueron integradas, listadas y documentadas en los informes finales.

6.10.8 Plan de mejoras específicos de la categoría

El Plan de Mejora de la categoría se encuentra detallado en el Documento Plan de Mejoras del INGEI 2022. A continuación, se presenta un resumen de las actividades propuestas para mejorar la categoría “Quema de biomasa”.

Tabla 197. Plan de mejora específico de la categoría Quema de biomasa

Categoría	Subcategoría/componente	Dato	Barreras identificadas durante la elaboración del INGEI 2022	Mejoramiento potencial
Quema de biomasa	(4(IV)) Quema de Biomasa	Se utilizan datos genéricos de superficie afectada por incendios forestales. No se especifica el tipo de ecosistema afectado por incendios forestales	Falta de un registro nacional consolidado de superficies afectadas por incendios forestales.	Desarrollar una serie histórica completa desde 1994 hasta la fecha sobre áreas afectadas por incendios forestales, utilizando sensores remotos y datos satelitales. Además, es de interés el conocer el estado de severidad de los incendios y con ello hacer un análisis y determinar la fracción de biomasa que se pierde.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

7 RESIDUOS (5)

7.1 Panorama general del sector

En este capítulo se exploran de manera integral los aspectos metodológicos clave para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector de residuos. Se ofrece una explicación detallada de las emisiones, sus patrones y las tendencias observadas, junto con una presentación de los principios metodológicos aplicados en el proceso de estimación. Además, se describen las actividades realizadas a cabo para asegurar la calidad y el control de los datos, incluyendo las flexibilidades aplicadas en el análisis. Se analiza también la incertidumbre asociada a las estimaciones, la consistencia de la serie temporal y se fundamenta la necesidad de actualizar los cálculos realizados. Por último, se presenta un plan de mejora enfocado en optimizar cada categoría de este sector, con el propósito de fortalecer las metodologías utilizadas para evaluar las emisiones de GEI.

7.1.1 Descripción del sector

En el INGEI del año 2022, el sector de Residuos incluye la cuantificación de emisiones de metano (CH_4) generadas por la descomposición anaeróbica de materia orgánica en los sitios de disposición final de residuos sólidos. También se contabilizan las emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) originadas durante el tratamiento biológico de residuos sólidos. Además, se consideran las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) resultantes de la incineración controlada de residuos peligrosos.

La siguiente tabla muestra las categorías y subcategorías abordadas en el sector de Residuos del INGEI del Ecuador.

Tabla 198. Categorías y Subcategorías de fuentes de emisiones del Sector Residuos

Categoría		Subcategoría		Gas
5.A	Disposición de residuos sólidos	5.A.1	Sitios de disposición de residuos gestionados	CH_4
		5.A.2	Sitios de disposición de residuos gestionados	
		5.A.3	Sitios de disposición de residuos no categorizados	
5.B	Tratamiento biológico de residuos	5.B.1.	Compostaje	CH_4 , N_2O
5.C	Incineración y quema a cielo abierto	5.C.1	Incineración de residuos	CH_4 , CO_2
		5.C.2	Incineración abierta de residuos	
5.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales	5.D.1	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	CH_4 , N_2O
		5.D.2	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales	CH_4

Fuente: Directrices del IPCC 2006.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

La gestión de residuos sólidos en el país está regulada por un marco legal que asigna a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos (GADM) la responsabilidad de manejar integralmente los residuos sólidos no peligrosos y los desechos sanitarios dentro de sus respectivas jurisdicciones. El Ministerio del Ambiente, como autoridad nacional, se encarga de establecer políticas, lineamientos y normas técnicas que orientan esta gestión a nivel nacional, asegurando que tanto los GADM como otros actores involucrados cumplan con las disposiciones legales vigentes.

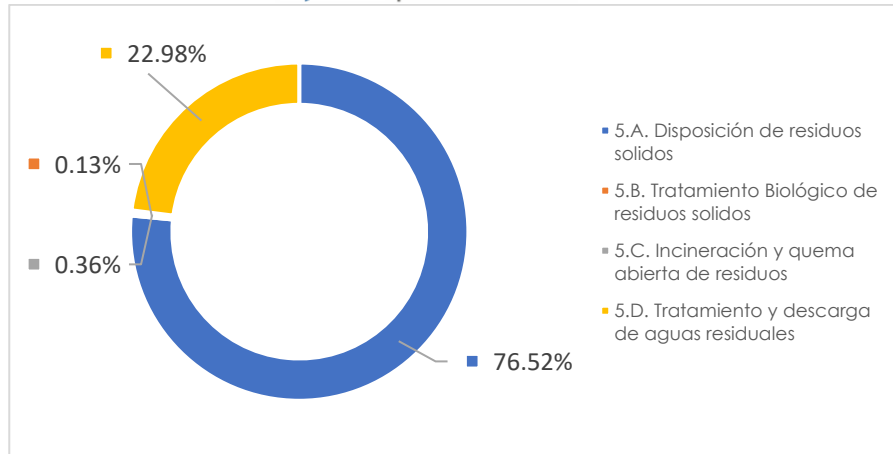
Ecuador ha avanzado significativamente en la generación de información ambiental a través de la implementación de la Estadística de Información Ambiental Económica, un registro que recopila datos de los 221 municipios y las 24 provincias del país. Esta iniciativa facilita el desarrollo de indicadores clave sobre la gestión ambiental, el manejo de residuos sólidos, el uso y tratamiento del agua, y los gastos asociados a la gestión ambiental. Liderada por el Instituto Nacional de INEC, en coordinación con la AME, la cual utiliza el Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM) para la recopilación y gestión de estos datos, también cuenta con ARCA) y el BDE.

Esta información es esencial para el diseño de políticas públicas sostenibles. Además, los datos obtenidos se integran en la 5CN1BTR, contribuyendo a la INGEI en el sector, lo que refuerza los esfuerzos de mitigación del cambio climático en Ecuador.

Las emisiones de GEI del sector Residuos en el año 2022 alcanzaron un total de 4.790,54 kt CO₂-eq, representando el 5,43 % del total nacional. La mayor contribución a las emisiones del sector proviene de la categoría *Disposición de residuos sólidos* (5A), que alcanza un total de 3.665,93 kt CO₂-eq, lo que equivale al 76,52 % del total. En segundo lugar, se encuentra la categoría *Tratamiento y descarga de aguas residuales* (5D), con 1.100,95 kt CO₂-eq, representando el 22,98 %.

Por otro lado, la categoría *Incineración y quema abierta de residuos* (5C) aporta 17,20 kt CO₂-eq, correspondiente al 0,35 %, mientras que la categoría *Tratamiento biológico de residuos sólidos* (5B) contribuye con 6,45 kt CO₂-eq, equivalente al 0,13 % de las emisiones del sector (Ver gráfico 28).

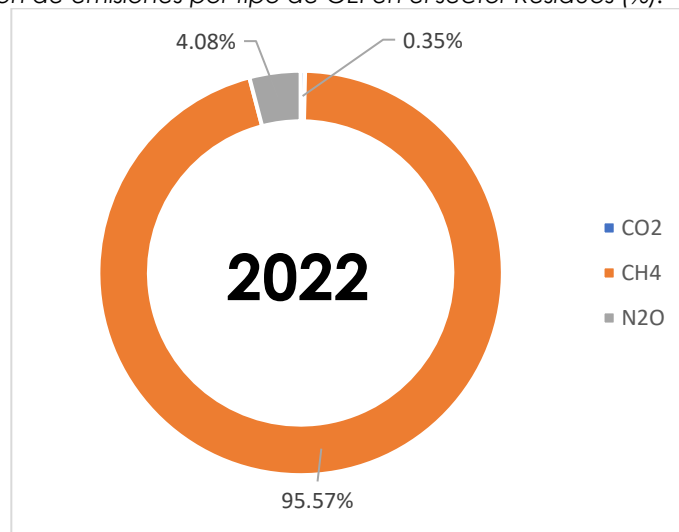
Gráfico 54. Distribución de emisiones por categoría en el sector Residuos (%).



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En cuanto al desglose de emisiones de GEI por tipo de gas en 2022, el metano (CH_4) representó el 95,57% (4.578,11 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$), seguido por el óxido nitroso (N_2O) con el 4,08% (195,55 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$) y dióxido de carbono (CO_2) con el 0,35 % (16,88 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$) del total de emisiones del sector (Ver gráfico 55, gráfico 56 y tabla 199).

Gráfico 55. Distribución de emisiones por tipo de GEI en el sector Residuos (%).



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Tabla 199. Sector Residuos: emisiones por cada GEI (kt $\text{CO}_2\text{-eq}$), serie temporal 1994 – 2022

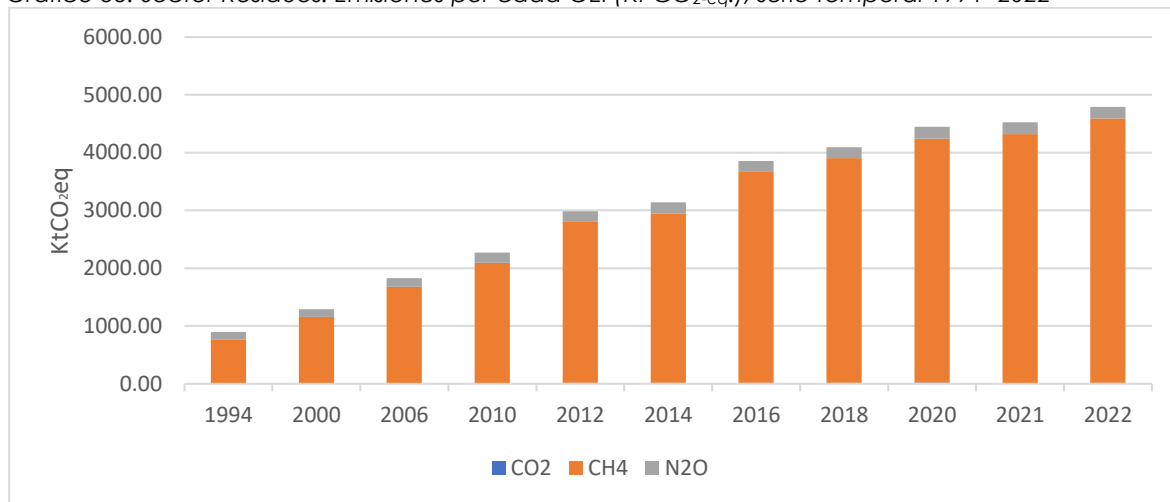
GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CO_2	NO ¹⁹	10,69	12,31	13,18	14,23	15,00	14,89	15,23	21,35	13,13	16,88
CH_4	772,76	1.144,63	1.667,07	2.079,08	2.788,83	2.933,82	3.649,86	3.887,65	4.222,47	4.308,43	4.578,11
N_2O	125,29	135,42	147,96	179,63	184,00	193,03	188,60	189,61	206,64	205,20	195,55
Total	898,05	1.290,73	1.827,33	2.271,90	2.987,06	3.141,85	3.853,34	4.092,49	4.450,46	4.526,76	4.790,54

Notación: NO (No ocurre)

¹⁹ Emisiones de CO_2 , estimadas por incineración controlada de residuos peligrosos.

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 56. Sector Residuos: Emisiones por cada GEI (Kt CO₂-eq.), serie temporal 1994 -2022



Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

Para obtener más detalles sobre las emisiones de GEI, se recomienda consultar las secciones específicas de cada categoría. La Tabla 42 presenta el reporte del sector de Residuos para el año 2022, desglosado por categorías y subcategorías.

Tabla 200. Sector Residuos: emisiones por GEI, categoría y subcategoría (kt CO₂-eq) para el 2022

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂
	(kt)						
5. Residuos totales	16,88	4.578,11	195,55	NA	NA	NA	N
5.A. Disposición de residuos sólidos		130,93		NA	NA	NA	
5.A.1. Sitios de disposición de residuos sólidos gestionados		113,69		NA	NA	NA	
5.A.2. Sitios de disposición de residuos sólidos no gestionados		17,24		NA	NA	NA	
5.A.3. Sitios de disposición de residuos sólidos no categorizados		NO		NA	NA	NA	
5.B. Tratamiento Biológico de residuos sólidos		0,135	0,010	NA	NA	NA	
5.B.1. Compostaje		0,135	0,010	NA	NA	NA	
5.B.2. Digestión anaerobia en instalaciones de biogás		NO	NO	NA	NA	NA	
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	16,88	0,0002	0,001	NA	NA	NA	N
5.C.1. Incineración de residuos	16,88	0,0002	0,001	NA	NA	NA	N
5.C.2. Quema de residuos a cielo abierto	NE	NE	NE	NA	NA	NA	N
5.D. Eliminación y tratamiento de aguas residuales		32,44	0,73	NA	NA	NA	
5.D.1. Aguas residuales domesticas		11,18	0,73	NA	NA	NA	
5.D.2. Aguas residuales industriales		21,26	NA	NA	NA	NA	
5.D.3. Otro		NO	NO	NO	NO	NO	
5.E. Otros (especifique)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	N

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.

Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR, con base en hoja **Table5** de los CRT.

7.1.2 Análisis de tendencias del sector

El análisis tendencias de las emisiones de GEI ha facilitado la identificación de variaciones de dichos gases en la serie temporal. En este contexto, se ha evidenciado que durante el año 2022 (4.790,54 Kt CO₂-eq), el sector de Residuos experimento un incremento del 433,44% al contrastar con los valores estimados para el año 1994 (898,05 Kt CO₂-eq) y un 17,50% en las emisiones, en comparación con las del año 2018 (4.092,49 Kt CO₂-eq).

La tabla 201, gráfico 57 y gráfico 58 presentan los valores de la tendencia de las emisiones de GEI del sector Residuos, serie historica1994 – 2022.

Tabla 201. Sector Residuos: total de GEI por categoría y subcategoría (Kt CO₂-eq.) serie 1994-2022

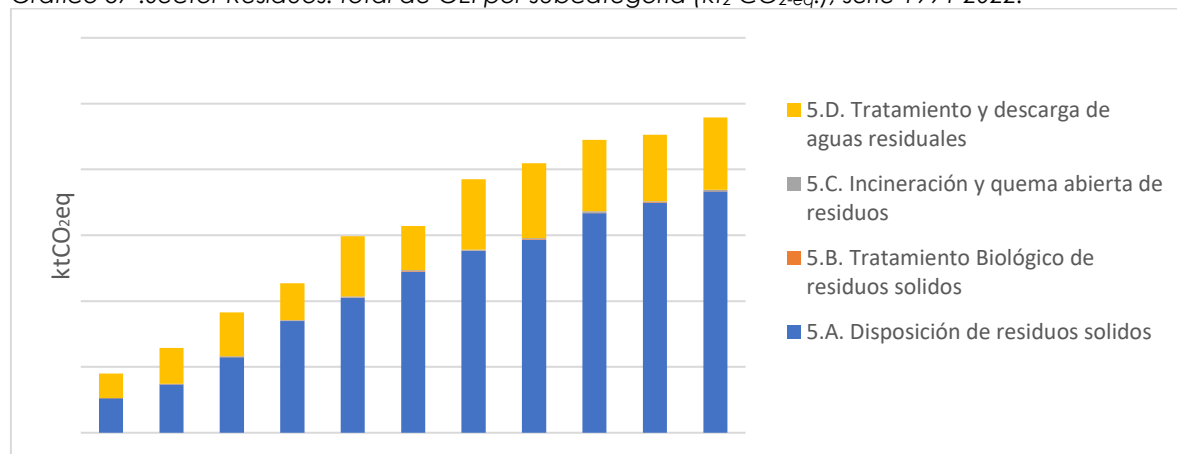
Categoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
5.A. Disposición de residuos sólidos	526,87	732,56	1.147,49	1.698,60	2.054,47	2.447,12	2.760,69	2.934,39	3.335,87	3.496,89	3.665,93
5.B. Tratamiento Biológico de residuos sólidos	0,32	0,46	0,63	1,06	1,41	7,12	5,20	6,46	7,04	7,38	6,45
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	NO	10,81	12,47	13,37	14,44	15,22	15,12	15,46	21,82	13,34	17,20
5.D. Eliminación y tratamiento de aguas residuales	370,86	546,90	666,74	558,87	916,74	672,39	1.072,33	1.136,18	1.085,73	1.009,15	1.100,95
Total	898,05	1.290,73	1.827,33	2.271,90	2.987,06	3.141,85	3.853,34	4.092,49	4.450,46	4.526,76	4.790,54

Notación: NO (No ocurre).

Fuente: Hoja Table10s1 de los CRT

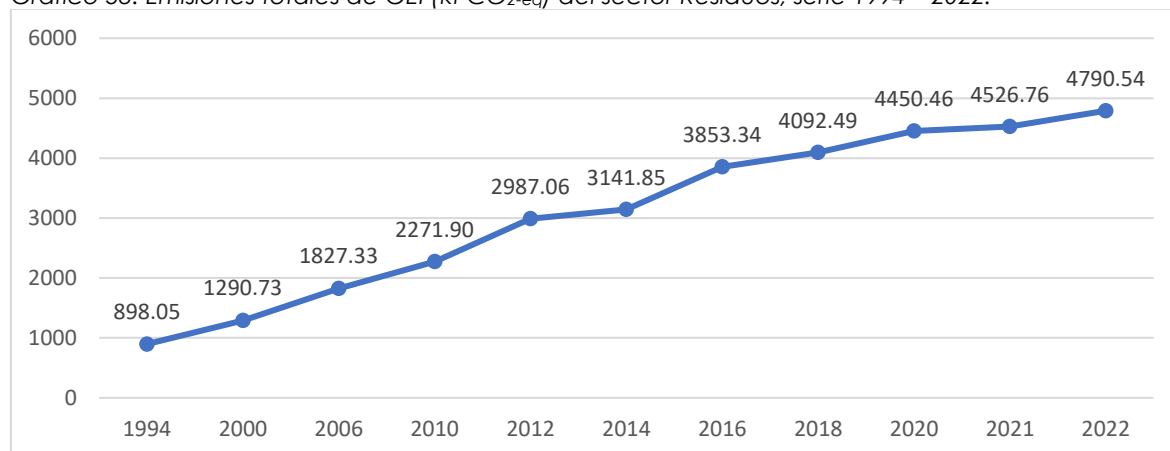
Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 57 .Sector Residuos: total de GEI por subcategoría (kt₂ CO₂-eq.), serie 1994-2022.



Elaborado por: MAATE / Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 58. Emisiones totales de GEI (kt CO₂-eq) del sector Residuos, serie 1994 – 2022.



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

El incremento de las emisiones de GEI en el sector de residuos puede atribuirse a diversos factores interrelacionados. En primer lugar, el crecimiento poblacional a nivel nacional ha provocado un aumento en la generación de residuos, lo que eleva la presión sobre los sistemas de manejo y disposición final. Además, la mejora en la precisión de los datos de actividad para la categoría de Disposición de residuos sólidos (4A) ha permitido reflejar las emisiones ajustadas a la realidad del

país asociadas a esta actividad. Finalmente, la inclusión de la categoría de Incineración y quema abierta de residuos (4C) en los cálculos de emisiones ha ampliado el alcance del inventario en esta Comunicación Nacional, incrementando las emisiones totales.

7.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Para el cálculo del INGEI en el sector de residuos, se desarrolló un enfoque metodológico basado en las directrices del IPCC del 2006 y su Refinamiento del 2019. Este cálculo se fundamenta en la multiplicación de los datos de actividad por los factores de emisión, siguiendo la ecuación indicada a continuación. Es importante señalar que, para realizar estos cálculos, se deben aplicar criterios específicos para cada categoría y subcategoría dentro del sector.

Gráfico 59. Ecuación básica para el cálculo de emisiones.



Elaboración: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En función de lo anteriormente mencionado, es importante resaltar que las estadísticas relacionadas con la actividad se caracterizan por la intensidad de las acciones humanas que generan emisiones a lo largo de un intervalo específico de tiempo. Por otro lado, el factor de emisión se define como el coeficiente que establece la relación entre estos datos de actividad y la cantidad del compuesto químico que origina las emisiones.

7.1.3.1 Datos de actividad

En cuanto a los **datos de actividad** utilizados para la estimación de las emisiones del sector, se emplearon estadísticas nacionales elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, complementadas con información proveniente de informes anteriores, encuestas realizadas a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales del país y datos por defecto proporcionados por las

guías del IPCC. A continuación, se presenta una tabla que sintetiza las principales fuentes de información utilizadas para obtener los datos de actividad.

Tabla 202. Sector Residuos: Fuentes de datos de actividad para las categorías estimadas

Categorías	Subcategorías	Fuente de dato de actividad
5.A. Disposición de residuos sólidos	5.A.1. Sitios de Disposición de residuos gestionados	Informe de comparación de fuentes climáticas para la Generación de datos del sector desechos sólidos en los INGEI
	5.A.2. Sitios de Disposición no gestionados	Proyección de la Población Ecuatoriana, (2010 - 2020), elaborado los Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).
	5.A.2. Sitios de Disposición no categorizados	Estadística de Información Económica Ambiental en GAD Municipales, INEC – AME.
5.B. Tratamiento Biológico de residuos sólidos	5B1. Compostaje	Estadística de Información Económica Ambiental en GAD Municipales, INEC – AME.
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	Declaración Anual de gestión de residuos sólidos peligrosos. MAATE - SCA
5.D. Eliminación y tratamiento de aguas residuales	5.D.1. Aguas residuales domésticas	Ecuador: proyección de población por áreas y años calendario, según provincias y cantones o (2010 - 2025). Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME)
	5.D.2. Aguas residuales industriales	Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo ENEMDU - Indicadores de pobreza y desigualdad (INEC).
		Encuesta Estructural Empresarial (INEC)
		FAOSTAT

Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

Es importante señalar que algunas denominaciones de categorías y subcategorías, según las Directrices del IPCC 2006, difieren de las establecidas en la normativa ambiental nacional. Por lo tanto, los términos se han homologado, que se utilizará a lo largo de todo el documento, conforme a lo dispuesto en el Código Orgánico Ambiental (Registro Oficial No. 983, Suplemento del 12 de abril de 2017) y sus regulaciones, así como en las reformas del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (Registro Oficial No. 316, 4 de mayo de 2015) y en las Normas de Calidad Ambiental para la gestión de desechos sólidos no peligrosos y efluentes de agua (ver Tabla 203).

Tabla 203. Homologación de los términos nacionales de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006

Directrices IPCC 2006	Definición normativa
Vertederos de desechos sólidos	Sitios de disposición de residuos sólidos
Eliminación de desechos sólidos	Disposición de residuos sólidos
Desechos sólidos municipales	Residuos y/o desechos sólidos no peligrosos
Tratamiento biológico de los desechos sólidos	Tratamiento biológico de residuos sólidos
Incineración e incineración abierta de desechos	Incineración y Quema a cielo abierto

Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas
Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales
Requisito bioquímico de oxígeno (BOD)	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)
Requisito químico de oxígeno (DQO)	Demanda química de oxígeno (DQO)

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.1.3.2 Métodos y factores de emisión

En cuanto a los métodos y factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones en el sector, y siguiendo las directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), la selección de cada método de cálculo se basa en el uso de un árbol de decisión. Esta herramienta guía el proceso al considerar factores como la evaluación de las categorías principales en inventarios previos y la ponderación de su relevancia.

Respecto a los factores de emisión, es importante señalar que, debido a la falta de datos nacionales específicos para esta categoría, se optó por emplear los factores de emisión por defecto establecidos en el Volumen 5 de las Directrices del IPCC. Estos valores se utilizan como referencia estándar en ausencia de información más detallada, lo que permite una evaluación consistente en el análisis de emisiones.

La Tabla 47 ofrece una visión general de los métodos aplicados en cada categoría y tipo de gas de efecto invernadero (GEI). Para una revisión exhaustiva de los cálculos realizados, se recomienda consultar los factores de emisión específicos en las secciones correspondientes.

Tabla 204. Sector Residuos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022

Categoría	CO2		CHA		N2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5. Residuos	T1	D	T2 ; T1	D	T1	D
5.A. Disposición de residuos sólidos			T2	D		
5.B. Tratamiento Biológico de residuos sólidos			T1	D	T1	D
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	T1	D	T1	D	T1	D
5.D. Eliminación y tratamiento de aguas residuales			T1	D	T1	D
Nomenclatura Notaciones para especificar el método aplicado:						

D (por defecto del IPCC)	T1a, T1b, T1c (Tier 1a, Tier 1b y Tier 1c del IPCC, respectivamente)	CR (CORINAIR)
RA (Enfoque de referencia)		CS (Específico por país)
T1 (IPCC Tier 1)	T2 (Nivel 2 del IPCC)	OTH (Otros)
	T3 (Nivel 3 del IPCC)	
Notaciones para especificar factores de emisión utilizados		
D (por defecto del IPCC)	CS (Específico del país)	OTH (Otro)
CR (CORINAIR)	PS (Específico de la planta)	M (modelo)

Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

Las Directrices del IPCC 2006 establecen tres niveles para estimar las emisiones de metano en los sitios de disposición de residuos sólidos, permitiendo adaptarse a las particularidades nacionales para obtener estimaciones más precisas. En el sector de residuos, se aplicó en su mayoría el Nivel 1 (TIER 1) para las diferentes categorías de emisiones de GEI. Sin embargo, en la categoría de disposición de residuos sólidos se utiliza el Nivel 2 (TIER 2), que emplea el método de procesamiento de primer orden (FOD) y ciertos parámetros por defecto, combinados con datos específicos del país sobre la disposición de residuos durante al menos los últimos diez años.

7.2 Disposición de residuos sólidos (5A)

7.2.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

La categoría Disposición de residuos sólidos (5A) al año 2022 representa un valor de 3.665,93 kt CO_{2-eq}. Dentro de esta categoría se encuentran las subcategorías: Sitios de disposición de residuos gestionados (5A1) y Sitios de disposición de residuos no gestionados (5A2).

La contribución de emisiones de GEI por categoría, estimada para el año 2022 refleja que la categoría Disposición de residuos sólidos (5A) representan el 76,52% (3.665,93 kt CO_{2-eq}) del total de las emisiones del sector. Dentro de esta categoría: la subcategoría Sitios de disposición de residuos gestionados (5A1) contribuye con el 86,83 % (3.183,21 Kt CO_{2-eq}), seguida de la subcategoría Sitios de disposición de residuos no gestionados (5A2), que aporta el 13,17 % (482,72 Kt CO_{2-eq}).

En la siguiente tabla y gráfico, se puede encontrar la información referente al total de GEI por subcategoría (Kt CO_{2-eq}) serie 1994-2022

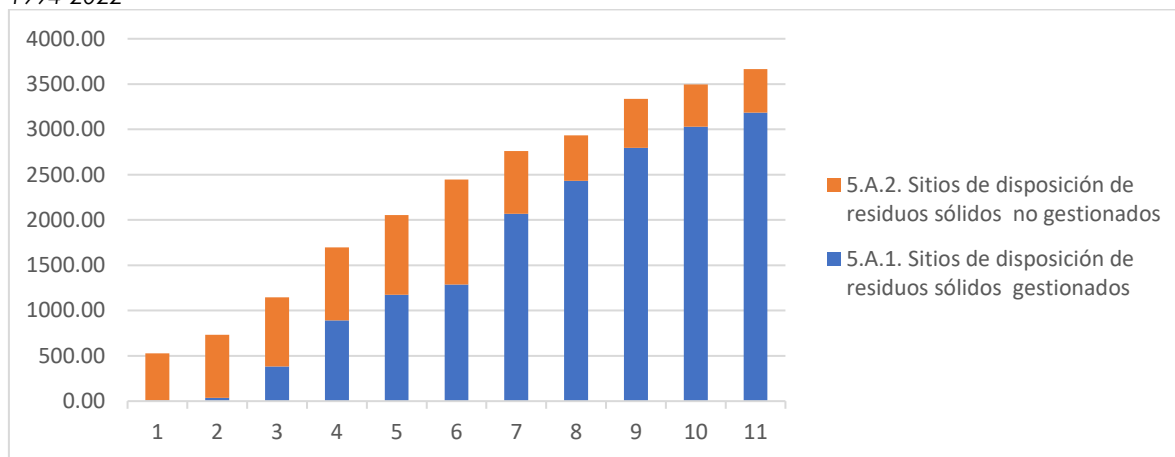
Tabla 205. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO_{2-eq}) serie 1994-2022

Subcategorías	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
5.A.1. Sitios de disposición de residuos sólidos gestionados	8,08	34,99	383,65	892,43	1.173,31	1.286,31	2.067,92	2.433,74	2.796,36	3.028,88	3.183,21

5.A.2. Sitios de disposición de residuos sólidos no gestionados	518,79	697,57	763,84	806,17	881,16	1.160,81	692,77	500,64	539,52	468,00	482,72
Total	526,87	732,56	1.147,49	1.698,60	2.054,47	2.447,12	2.760,69	2.934,39	3.335,87	3.496,89	3.665,93

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 60. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En cuanto al análisis de tendencias, esta categoría Disposición de residuos sólidos (5A) registró en 2022 (3.665,93 Kt CO₂-eq) un incremento del 551,29% en relación con el año 1994 (526,87 CO₂-eq) y del 24,93 % en comparación con 2018 (2.934,39 CO₂-eq). Esta variación se atribuye al crecimiento poblacional, mayor generación de residuos por persona y prácticas inadecuadas en los sitios de disposición final. Así también, la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos en botaderos y rellenos sanitarios y la falta de separación y tratamiento previo de los residuos.

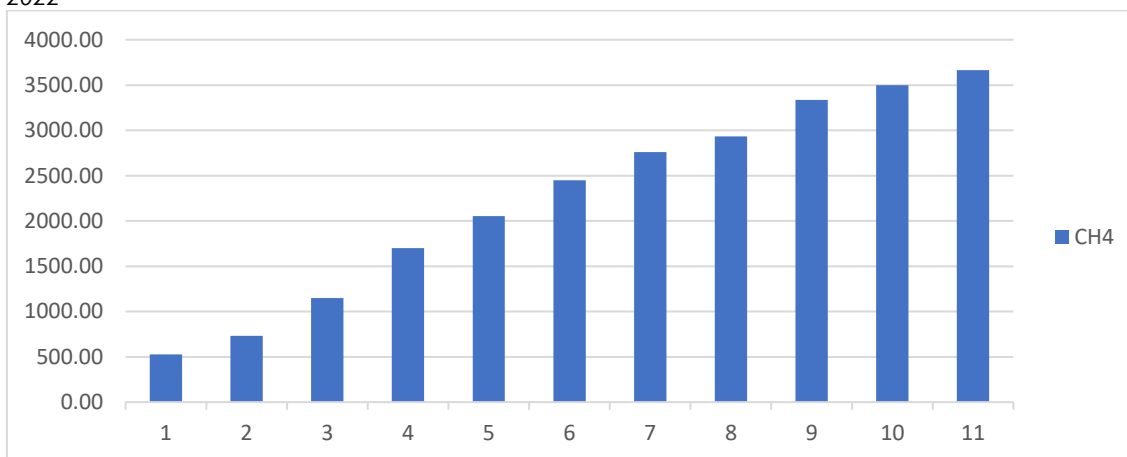
El gas de efecto invernadero predominante en esta categoría es el metano (CH₄), representando el 100 % de las emisiones totales (ver tabla 206 y gráfico 61).

Tabla 206. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt CO₂-eq) serie 1994-2022

GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CH ₄	526,87	732,56	1.147,49	1.698,60	2.054,47	2.447,12	2.760,69	2.934,39	3.335,87	3.496,89	3.665,93
Total	526,87	732,56	1.147,49	1.698,60	2.054,47	2.447,12	2.760,69	2.934,39	3.335,87	3.496,89	3.665,93

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 61. Categoría Disposición de residuos sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt CO₂-eq) serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Es importante señalar que los resultados obtenidos en este sector presentan diferencias con respecto a los reportados en la Cuarta Comunicación Nacional y el Segundo Informe Bienal de Transparencia. Esta discrepancia se debe al uso de datos de la Estadística de Información Ambiental Económica para obtener cifras a nivel nacional, las cuales están relacionadas con los siguientes aspectos:

- Distribución estimada de los sitios de disposición de residuos (%)
- Producción per cápita de residuos (kg/hab/año)
- Porcentaje de residuos que se destinan a sitios de disposición de residuos (%)
- Composición de los residuos que se dirigen a sitios de disposición residuos (%)

Además, como se mencionó anteriormente, estas diferencias se deben principalmente al método empleado para establecer el inicio de la serie histórica.

Finalmente, cabe destacar que, a partir de 2016, se inició la primera fase del proyecto de captura de metano en el relleno sanitario El Inga, seguida en 2017 por la implementación del Proyecto Pichacay. Las emisiones correspondientes a estos proyectos se contabilizaron en el sector energético y se dedujeron de las emisiones totales del inventario de esta categoría.

7.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para estimar las emisiones de esta categoría en 2022, se aplicó el método de descomposición de primer orden (FOD), conforme a las Directrices del IPCC del 2006 (Nivel 2). Este método se basa en la premisa de que la tasa de análisis es proporcional a la cantidad de sustancia reactiva restante, en este caso, la masa de carbono orgánico degradable (DDOC) en condiciones anaeróbicas. El modelo requiere datos históricos de eliminación de residuos de un período de 3 a 5 vidas medias; por ello, se tomó 1960 como año de inicio.

Para calcular las emisiones asociadas a la gestión de residuos sólidos en sitios de disposición de residuos sólidos, se utilizó el IPCC Waste Model, desarrollado con base en las Ecuaciones 3.4 y 3.5 del numeral 3.2.1.1, capítulo 3, Volumen 5 de las directrices del IPCC. A continuación, se detallan algunas especificidades del modelo utilizado en esta estimación:

- La hoja de cálculo actualiza continuamente el total de DDOC descompuesto en el sitio, considerando tanto la cantidad depositada anualmente como el remanente de años anteriores. Esto permite calcular la evaluación de DOC en CH_4 y CO_2 cada año (IPCC, 2006).
- Permite definir el tiempo de retardo entre la deposición de los desechos y el inicio de la generación de CH_4 , reflejando el tiempo necesario para que los residuos comiencen a producir cantidades significativas de CH_4 (IPCC, 2006).
- Calcula la cantidad de CH_4 generada a partir del DDOCm, restando el CH_4 recuperado y el oxidado en la cubierta, y obteniendo finalmente el CH_4 emitido (IPCC, 2006).

La principal fuente de información para esta estimación fueron los datos de la Estadística de Información Económica Ambiental (INEC-AME) de los 221 cantones del país, y se utilizaron estimaciones específicas para cada zona climática. No se realizaron cálculos para residuos industriales debido a la falta de datos disponibles. Es relevante señalar que no se aplican las directrices de refinamiento del IPCC de 2019 a las Directrices de 2006, ya que la falta de datos detallados impide implementar mejoras en el modelo, especialmente en lo relativo a las categorías de sitios de disposición de residuos sólidos y los tipos de gestión utilizados.

La siguiente tabla presenta los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 207. Categoría Disposición de residuos sólidos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022

Categorías de fuente de GEI	CH_4

	Método aplicado	Factor de emisión
5.A. Disposición de residuos sólidos	T2; NA	D; NA
5.A.1. Sitios de disposición de residuos sólidos gestionados	T2	D
5.A.2. Sitios de disposición de residuos sólidos no gestionados	T2	D
5.A.3. Sitios de disposición de residuos sólidos no categorizados	NA	NA
Nomenclatura Notaciones generales: NE= No estimado; NA= No Aplica; NO= No ocurre Notaciones para especificar el método aplicado: D (por defecto del IPCC) T1a, T1b, T1c (Tier 1a, Tier 1b y Tier 1c del IPCC, respectivamente) CR (CORINAIR) RA (Enfoque de referencia) del IPCC, respectivamente) CS (Específico por país) T1 (IPCC Tier 1) T2 (Nivel 2 del IPCC) OTH (Otros) T3 (Nivel 3 del IPCC) Notaciones para especificar factores de emisión utilizados D (por defecto del IPCC) D (por defecto del IPCC) D (por defecto del IPCC) CR (CORINAIR) CR (CORINAIR) CR (CORINAIR)		

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.2.3 Datos de Actividad de la categoría

En cuanto a los datos de actividad utilizados en esta categoría, la principal fuente de información es la Estadística de Información Ambiental Económica del GADM (INEC – AME), que se basa en registros administrativos de los municipios. Su objetivo es proporcionar datos actualizados sobre variables clave relacionadas con la gestión de residuos sólidos en estos municipios. La recolección de información se realiza a través del Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM), administrado por la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME). Posteriormente, el INEC procesa esta información de acuerdo con sus procedimientos establecidos, y los resultados se presentan en la estadística mencionada.

En relación a lo antes mencionado, a continuación, se presenta las aclaraciones respecto a la compilación de los datos de actividad de la categoría:

a. Zonas climática

- **Fuente:** Informe "Comparación de fuentes climáticas para la generación de datos del sector desechos sólidos en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero." Autora: Ximena Herrera, MAE - Programa Integral Amazónico.
- **Detalle:** Este documento ofrece un análisis comparativo de los datos climáticos obtenidos de diversas fuentes de información pública, tanto nacionales como internacionales, con el fin de asignar zonas climáticas a nivel cantonal, en línea con las directrices del IPCC. Como resultado de este análisis, los 221 cantones

de Ecuador se clasifican en las siguientes zonas climáticas: templado húmedo, templado seco, tropical húmedo y tropical seco. Para mayor detalle, consulte el Anexo del sector Residuos.

b. Distribución estimada de los sitios de disposición de residuos sólidos (%)

• Fuente:

- Estadísticas de Información Económica y Ambiental en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GAD), INEC.
- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM).
- Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Ley de Régimen Municipal (1971).
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (1976).

• Detalle:

La Estadística de Información Ambiental Económica de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, elaborada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en colaboración con la Asociación de Municipalidades del Ecuador, es la fuente de referencia para analizar la gestión de residuos sólidos a nivel municipal en Ecuador. Esta estadística proporciona datos detallados sobre la disposición final de residuos, clasificados en tres tipos: rellenos sanitarios, celdas emergentes y botaderos.

Para la estimación de emisiones conforme a las directrices del IPCC 2006, se recopilan datos de actividad de los sitios de disposición de residuos sólidos, tanto gestionados como no gestionados, de la siguiente manera:

- **Sitios de eliminación de desechos sólidos gestionados en condiciones anaeróbicas** : Estos deben asegurar la deposición controlada de los desechos, dirigiéndolos a áreas específicas donde se ejerce cierto control sobre la recuperación informal de residuos reciclables y la quema de basura, y deben incluir al menos uno de los siguientes elementos: (i) cubierta protectora; (ii) compactación mecánica; o (iii) nivelación de los desechos. Este grupo incluye los rellenos sanitarios y las celdas emergentes.
- **Sitios de eliminación de desechos sólidos no gestionados y de poca profundidad** : Corresponden a aquellos que no cumplen con los criterios de los sitios gestionados y tienen profundidades menores a 5 metros, como los botaderos. Expertos han concluido que los botaderos en el país presentan estas características, criterio aplicado en inventarios anteriores (CCN – 2IBA).

Es importante señalar que la normativa ambiental vigente no clasifica específicamente estos sitios; por lo tanto, no se dispone de información sobre sitios de disposición final (SDF) profundos. A demás, no se cuenta con sitios de disposición final que garanticen una ubicación controlada de los desechos y que incluyen todas las estructuras necesarias para introducir aire en las capas de desechos.

Bajo este contexto y con base en la Estadística de Información Económica Ambiental de los GAD Municipales y la información proporcionada por el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos, se considera que los rellenos sanitarios y las celdas emergentes son sitios gestionados, mientras que los botaderos se consideran sitios no gestionados, aplicable para los años 2010 a 2022.

La gestión de residuos sólidos en los sitios de disposición final ha atravesado varios hitos marcados por normativas específicas. Entre 1960 y 1975, los sitios de disposición final carecían de caracterización formal, reflejando una etapa inicial de poca regulación. Sin embargo, a partir de 1976, con la promulgación de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, los 216 municipios existentes implementaron botaderos a cielo abierto como método predominante de disposición final. Este modelo prevaleció hasta 1994, cuando Guayaquil marcó un hito al inaugurar el primer relleno sanitario en Ecuador, una iniciativa que sirvió como referencia en el seguimiento de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC).

Posteriormente, en 1998, el Proyecto PATRA de Asistencia Técnica a la Gestión Ambiental impulsó la emisión de la "Norma de Diseño para la Elaboración de Proyectos de Sistemas de Aseo Urbano", que definió directrices claras para el diseño e implementación de rellenos sanitarios. Este avance sentó las bases para que el año 2000 se considerara como el punto de referencia oficial para el inicio formal de estos sistemas en el país. Es importante mencionar que, en ese mismo año, la ciudad de Loja implementó un relleno sanitario, un dato relevante que fue incluido en las suposiciones y análisis correspondientes.

A partir de estos hitos normativos, se determinarán los porcentajes de distribución de los sitios de disposición final según el período:

- De 1960 a 1975, el 100 % de los sitios de disposición final carecían de caracterización.
- De 1976 a 1994, el 100 % de los sitios de disposición final fueron considerados no gestionados, ya que predominaban los botaderos a cielo abierto,

especialmente en la zona climática tropical seca, tomando como referencia la implementación del relleno sanitario en Guayaquil en 1994.

- De 1976 a 1998, el 100 % de los sitios de disposición final en la zona templada húmeda se consideraron no gestionados, con el relleno sanitario de Loja como referencia.
- De 1976 a 2000, el 100 % de los sitios de disposición final en las zonas templadas secas y tropicales húmedas se consideraron no gestionados debido a la prevalencia de botaderos a cielo abierto.
- Entre 2000 y 2009, los porcentajes de sitios gestionados y no gestionados se obtuvieron mediante interpolación, siguiendo las directrices del IPCC. Para las zonas climáticas templadas húmedas y tropicales, se mantuvieron los últimos porcentajes resultantes de la interpolación hasta los años de referencia de 1998 y 1994, respectivamente.
- Entre 2010 y 2022, los porcentajes de sitios gestionados y no gestionados se calcularon a partir de la Estadística de Información Económica Ambiental de los GAD Municipales. En este período, los rellenos sanitarios y celdas emergentes se clasificaron como sitios gestionados, mientras que los botaderos continuaron siendo considerados como sitios no gestionados.

c. Población (millones de personas)

- **Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) – Dirección de Infraestructura Estadística y Muestreo, con proyecciones de población a nivel cantonal basadas en la revisión del Censo 2010. Banco Mundial, datos de población total de Ecuador.
- **Detalle:** Según la información del INEC sobre datos poblacionales a nivel cantonal, se distribuyó la población por zona climática desde 1990 hasta 2022. Para el período entre 1960 y 1989, se emplearon los datos de población total proporcionados por el Banco Mundial. La estimación de la población por zona climática en esos años se realizó aplicando la proporción promedio de población por zona climática obtenida entre 1990 y 2022, ajustándola a los datos de población total de cada año. Esto permitió calcular el número estimado de habitantes por zona climática entre 1960 y 1989.

d. Producción per cápita de residuos (kg/hab/yr)

- **Fuente:**
 - Estadísticas de Información Económica y Ambiental en los GAD Municipales (INEC).

- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, datos del Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM).
 - Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), Ministerio del Ambiente del Ecuador.
 - Banco Mundial, PIB per cápita de Ecuador.
- **Detalle:** Para obtener los datos de actividad relacionados con la producción per cápita (PPC), se desarrolló una relación entre la cantidad de residuos recolectados y la población de cada cantón por año, teniendo en cuenta que los residuos recolectados no provienen exclusivamente de áreas urbanas, ya que muchos municipios en el país cuentan con sistemas de recolección que abarcan también áreas rurales. Este análisis abarca el período de 2012 a 2022, lo que permite calcular el PPC por zona climática para esos años.

Para estimar el PPC entre 1960 y 2011, se realizó una extrapolación retroactiva, tomando como referencia la relación entre el dato de PPC de 2012 y la tasa de variación del PIB per cápita de ese año. Además, para calcular el PPC por zona climática en el periodo 1960-2011, se empleó el porcentaje promedio de PPC por zona climática registrado entre 2012 y 2022, comparándolo con el PPC total de esos años.

e. Porcentaje de residuos que van a sitios de disposición de residuos sólidos (%)

- **Fuente:**
 - Estadísticas de Información Económica y Ambiental en los GAD Municipales - INEC. Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM).
 - Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) - Ministerio del Ambiente de Ecuador.
- **Detalle:** Para determinar el porcentaje de residuos destinados a sitios de disposición final, se establecerá una relación entre los residuos dispuestos en estos sitios y los residuos generados, a cubrir el período de 2015 a 2022 según los datos recolectados. Para el período de 1960 a 2014, se realizó una extrapolación basada en la tasa de variación de la población por zona climática y en la relación de residuos dispuestos en el último año conforme la información disponible. A partir de esta relación, se extrapoló el porcentaje de disposición final hacia atrás, obteniendo los porcentajes correspondientes para cada año.

f. Composición de los residuos que van a los sitios de disposición de residuos sólidos (%)

- **Fuente:** Estadística de Información Económica Ambiental en GAD Municipales, INEC. Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, información del Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM).
- **Detalle:** La composición de los residuos sólidos se calculó determinando el porcentaje de cada tipo de residuo en relación con el total de residuos sólidos, lo que permitió obtener la cantidad y el porcentaje correspondiente a cada tipo para los años 2015 a 2022. Para el período de 2003. En 2014, la cantidad de residuos sólidos se estimó mediante una extrapolación retrospectiva basada en la tasa de variación de la población por zona climática. En cuanto a los años entre 1960 y 2003, se emplearon datos por defecto, tomando como referencia la entrada en vigencia del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente en 2003.

Es importante señalar que la precisión de los datos de referencia depende en gran medida del suministro de información por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), lo cual representa una limitación significativa para que los 221 municipios puedan realizar un informe completo. La mayoría de los municipios solo informa sobre la cantidad de residuos enviados a los sitios de disposición final, pero carecen de información detallada sobre los porcentajes de composición de estos residuos, que varían anualmente. La principal discrepancia se presenta entre la cantidad total de residuos dispuestos y la cantidad reportada desglosada por composición. Sin embargo, al tratarse de un dato de actividad expresado en porcentaje, esta información se muestra representativa a nivel nacional.

g. Cantidad de metano recuperado en sitios de disposición final

- **Fuente:** Balance Energético Nacional
- **Detalle:** Se recopiló información para el período 2016-2022, ya que no se dispone de datos de municipios con plantas de biogás para generación eléctrica en años anteriores. Para estimar la cantidad de metano generado en el sanitario y capturado para la generación de energía eléctrica, se aplican los siguientes criterios: volumen de biogás utilizado para la generación de energía ($\text{m}^3/\text{año}$), cantidad anual de moles de metano (calculada mediante la ecuación de estado del gas ideal), fracción de metano en el biogás (0,50, valor por defecto del IPCC) y peso anual de metano capturado (kt).

Como resultado del procesamiento de la información, se presenta a continuación una recopilación de los diversos datos de actividad compilados:

Tabla 208. Datos de actividad: Población, Producción per cápita de residuos PPC, Porcentaje de residuos que van a sitios de disposición final

Año	Habitantes (millones-habitantes)				Producción per cápita de residuos PPC (Kg/hab/año)				Porcentaje de residuos que van a sitios de disposición final (%)			
	Templado Seco	Templado Húmedo	Tropical Húmedo	Tropical Seco	Templado Seco	Templado Húmedo	Tropical Húmedo	Tropical Seco	Templado Seco	Templado Húmedo	Tropical Húmedo	Tropical Seco
1960	0,16	2,00	0,53	1,92	67,67	82,56	85,92	126,57	28,45%	27,28%	27,52%	26,95%
1961	0,17	2,06	0,55	1,98	69,15	84,35	87,78	129,32	29,28%	28,07%	28,31%	27,73%
1962	0,17	2,12	0,56	2,04	70,49	85,99	89,49	131,82	30,13%	28,89%	29,14%	28,54%
1963	0,18	2,18	0,58	2,10	69,91	85,29	88,76	130,75	31,02%	29,74%	30,00%	29,38%
1964	0,18	2,24	0,60	2,16	72,93	88,98	92,59	136,40	31,94%	30,62%	30,88%	30,25%
1965	0,19	2,31	0,61	2,22	73,15	89,24	92,87	136,80	32,89%	31,53%	31,80%	31,15%
1966	0,19	2,38	0,63	2,29	70,80	86,37	89,88	132,41	33,86%	32,46%	32,75%	32,07%
1967	0,20	2,45	0,65	2,36	71,94	87,76	91,33	134,55	34,86%	33,43%	33,72%	33,02%
1968	0,21	2,52	0,67	2,43	71,21	86,87	90,41	133,18	35,89%	34,41%	34,71%	34,00%
1969	0,21	2,60	0,69	2,50	72,41	88,33	91,92	135,41	36,95%	35,43%	35,73%	35,00%
1970	0,22	2,67	0,71	2,57	75,19	91,72	95,45	140,61	38,03%	36,46%	36,78%	36,02%
1971	0,23	2,75	0,73	2,65	77,67	94,75	98,60	145,25	39,13%	37,52%	37,84%	37,06%
1972	0,23	2,83	0,75	2,72	79,28	96,72	100,65	148,28	40,26%	38,60%	38,93%	38,13%
1973	0,24	2,91	0,77	2,80	87,83	107,15	111,51	164,27	41,41%	39,70%	40,04%	39,22%
1974	0,24	2,99	0,79	2,88	94,98	115,87	120,59	177,64	42,58%	40,83%	41,18%	40,33%
1975	0,25	3,08	0,82	2,96	102,52	125,06	130,15	191,73	43,78%	41,98%	42,34%	41,47%
1976	0,26	3,16	0,84	3,04	107,11	130,66	135,98	200,31	45,01%	43,15%	43,52%	42,63%
1977	0,27	3,25	0,86	3,13	105,89	129,18	134,44	198,04	46,25%	44,34%	44,73%	43,81%
1978	0,27	3,34	0,89	3,21	108,95	132,91	138,31	203,75	47,52%	45,56%	45,96%	45,01%
1979	0,28	3,43	0,91	3,30	110,02	134,22	139,68	205,76	48,81%	46,80%	47,21%	46,23%
1980	0,29	3,52	0,93	3,39	111,11	135,55	141,06	207,80	50,13%	48,06%	48,48%	47,48%
1981	0,30	3,62	0,96	3,48	114,30	139,44	145,11	213,77	51,46%	49,34%	49,77%	48,74%
1982	0,30	3,71	0,99	3,57	112,05	136,70	142,26	209,56	52,82%	50,64%	51,08%	50,03%
1983	0,31	3,81	1,01	3,66	108,84	132,78	138,18	203,55	54,19%	51,96%	52,41%	51,33%
1984	0,32	3,91	1,04	3,76	108,89	132,83	138,24	203,64	55,59%	53,30%	53,76%	52,66%
1985	0,33	4,01	1,06	3,86	110,34	134,61	140,08	206,36	57,02%	54,67%	55,14%	54,01%
1986	0,34	4,11	1,09	3,95	111,33	135,81	141,34	208,21	58,47%	56,06%	56,55%	55,38%
1987	0,34	4,21	1,12	4,05	108,31	132,13	137,50	202,56	59,95%	57,47%	57,97%	56,78%
1988	0,35	4,32	1,15	4,15	111,92	136,54	142,09	209,32	61,43%	58,89%	59,40%	58,18%
1989	0,36	4,42	1,17	4,25	110,39	134,67	140,14	206,45	62,91%	60,31%	60,84%	59,58%
1990	0,43	4,67	1,23	4,69	111,83	136,42	141,97	209,14	74,30%	63,69%	63,54%	65,76%
1991	0,43	4,75	1,25	4,76	114,04	139,12	144,78	213,28	74,90%	64,74%	64,62%	66,64%
1992	0,43	4,82	1,27	4,82	114,02	139,10	144,76	213,25	75,52%	65,81%	65,71%	67,53%
1993	0,44	4,90	1,29	4,89	113,99	139,06	144,71	213,18	76,16%	66,89%	66,83%	68,44%
1994	0,44	4,98	1,31	4,95	116,59	142,24	148,02	218,05	76,82%	68,00%	67,97%	69,37%

Año	Habitantes (millones-habitantes)				Producción per cápita de residuos PPC (Kg/hab/año)				Porcentaje de residuos que van a sitios de disposición final (%)			
	Templado Seco	Templado Húmedo	Tropical Húmedo	Tropical Seco	Templado Seco	Templado Húmedo	Tropical Húmedo	Tropical Seco	Templado Seco	Templado Húmedo	Tropical Húmedo	Tropical Seco
1995	0,45	5,07	1,33	5,02	117,01	142,75	148,55	218,84	77,50%	69,13%	69,14%	70,32%
1996	0,45	5,15	1,36	5,09	116,88	142,59	148,38	218,59	78,19%	70,28%	70,33%	71,28%
1997	0,45	5,24	1,38	5,16	119,78	146,12	152,06	224,01	78,91%	71,45%	71,55%	72,27%
1998	0,46	5,33	1,40	5,23	119,78	146,12	152,06	224,01	79,64%	72,64%	72,79%	73,27%
1999	0,46	5,41	1,43	5,30	113,80	138,83	144,47	212,83	80,39%	73,86%	74,07%	74,29%
2000	0,47	5,51	1,45	5,38	113,09	137,96	143,57	211,50	81,17%	75,11%	75,36%	75,33%
2001	0,47	5,60	1,48	5,45	115,84	141,31	147,06	216,64	81,96%	76,37%	76,69%	76,39%
2002	0,48	5,69	1,51	5,53	119,45	145,72	151,65	223,40	82,78%	77,66%	78,05%	77,46%
2003	0,48	5,79	1,53	5,61	120,77	147,33	153,32	225,86	83,61%	78,98%	79,44%	78,56%
2004	0,49	5,89	1,56	5,69	126,79	154,68	160,97	237,13	84,47%	80,32%	80,85%	79,69%
2005	0,49	5,99	1,59	5,77	131,35	160,24	166,76	245,66	85,34%	81,69%	82,30%	80,83%
2006	0,50	6,09	1,62	5,85	134,72	164,34	171,03	251,95	86,25%	83,09%	83,78%	81,99%
2007	0,50	6,20	1,65	5,94	134,94	164,62	171,31	252,37	87,17%	84,51%	85,30%	83,18%
2008	0,51	6,30	1,67	6,02	141,37	172,46	179,47	264,39	88,12%	85,97%	86,84%	84,39%
2009	0,51	6,41	1,71	6,11	140,53	171,43	178,41	262,81	89,09%	87,45%	88,43%	85,63%
2010	0,50	6,56	1,71	6,21	143,78	175,40	182,54	268,90	87,73%	89,44%	88,68%	86,95%
2011	0,52	6,64	1,77	6,30	153,44	187,18	194,80	286,96	91,17%	90,55%	91,80%	88,23%
2012	0,53	6,75	1,81	6,40	199,66	208,04	212,05	217,53	92,25%	92,02%	94,08%	89,58%
2013	0,54	6,87	1,84	6,49	189,28	218,42	224,83	257,58	93,32%	93,77%	95,27%	90,92%
2014	0,54	6,99	1,87	6,59	178,91	228,79	237,62	297,62	94,38%	95,37%	96,99%	92,25%
2015	0,55	7,11	1,90	6,68	169,29	223,00	284,65	399,28	54,25%	66,88%	67,20%	81,43%
2016	0,55	7,23	1,94	6,77	177,02	218,10	230,73	399,28	59,30%	67,78%	70,22%	79,74%
2017	0,56	7,34	1,97	6,87	183,68	225,86	234,53	399,28	65,14%	66,28%	73,87%	80,65%
2018	0,57	7,46	2,00	6,96	188,23	225,62	245,15	399,28	61,76%	70,19%	77,59%	85,28%
2019	0,57	7,57	2,03	7,05	183,18	230,22	232,21	399,28	62,19%	72,05%	78,05%	86,81%
2020	0,58	7,69	2,06	7,14	182,87	233,44	217,52	399,28	64,89%	68,96%	77,37%	86,02%
2021	0,58	7,80	2,09	7,23	185,26	231,91	225,19	399,28	68,13%	70,55%	80,14%	85,91%
2022	0,59	7,92	2,12	7,32	176,90	221,65	225,98	399,28	72,39%	72,48%	85,46%	90,42%

Elaborado por: MAATE/ Proyecto 5CN1BTR

Tabla 209. Datos de actividad: Distribución estimada de los sitios de disposición final (%)

Año	Templado Seco			Templado Húmedo			Tropical Húmedo			Tropical Seco		
	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado
1960	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1961	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1962	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1963	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1964	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1965	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1966	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1967	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Año	Templado Seco			Templado Húmedo			Tropical Húmedo			Tropical Seco		
	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado
1968	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1969	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1970	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1971	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1972	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1973	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1974	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1975	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
1976	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1977	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1978	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1979	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1980	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1981	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1982	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1983	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1984	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1985	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1986	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1987	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1988	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1989	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1990	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1991	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1992	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1993	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%
1994	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%
1995	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%
1996	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%
1997	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%
1998	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%
1999	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%
2000	5,43%	94,57%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%	1,41%	98,59%	0,00%	6,13%	93,87%	0,00%
2001	10,86%	89,14%	0,00%	12,27%	87,73%	0,00%	2,82%	97,18%	0,00%	12,27%	87,73%	0,00%
2002	16,28%	83,72%	0,00%	18,40%	81,60%	0,00%	4,23%	95,77%	0,00%	18,40%	81,60%	0,00%
2003	21,71%	78,29%	0,00%	24,54%	75,46%	0,00%	5,63%	94,37%	0,00%	24,54%	75,46%	0,00%
2004	27,14%	72,86%	0,00%	30,67%	69,33%	0,00%	7,04%	92,96%	0,00%	30,67%	69,33%	0,00%
2005	32,57%	67,43%	0,00%	36,80%	63,20%	0,00%	8,45%	91,55%	0,00%	36,81%	63,19%	0,00%
2006	38,00%	62,00%	0,00%	42,94%	57,06%	0,00%	9,86%	90,14%	0,00%	42,94%	57,06%	0,00%
2007	43,43%	56,57%	0,00%	49,07%	50,93%	0,00%	11,27%	88,73%	0,00%	49,08%	50,92%	0,00%
2008	48,85%	51,15%	0,00%	55,20%	44,80%	0,00%	12,68%	87,32%	0,00%	55,21%	44,79%	0,00%

Año	Templado Seco			Templado Húmedo			Tropical Húmedo			Tropical Seco		
	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado	Gestionado	No Gestionado	No Categorizado
2009	54,28%	45,72%	0,00%	61,34%	38,66%	0,00%	14,09%	85,91%	0,00%	61,35%	38,65%	0,00%
2010	59,71%	40,29%	0,00%	67,47%	32,53%	0,00%	15,50%	84,50%	0,00%	67,48%	32,52%	0,00%
2011	60,72%	39,28%	0,00%	72,97%	27,03%	0,00%	17,37%	82,63%	0,00%	67,55%	32,45%	0,00%
2012	62,01%	37,99%	0,00%	78,85%	21,15%	0,00%	19,96%	80,04%	0,00%	67,62%	32,38%	0,00%
2013	63,03%	36,97%	0,00%	80,08%	19,92%	0,00%	21,55%	78,45%	0,00%	58,22%	41,78%	0,00%
2014	63,96%	36,04%	0,00%	81,14%	18,86%	0,00%	22,49%	77,51%	0,00%	42,67%	57,33%	0,00%
2015	88,61%	11,39%	0,00%	92,80%	7,20%	0,00%	34,42%	65,58%	0,00%	74,50%	25,50%	0,00%
2016	84,70%	15,30%	0,00%	95,22%	4,78%	0,00%	40,45%	59,55%	0,00%	82,29%	17,71%	0,00%
2017	88,81%	11,19%	0,00%	98,63%	1,37%	0,00%	50,26%	49,74%	0,00%	87,55%	12,45%	0,00%
2018	87,56%	12,44%	0,00%	99,75%	0,25%	0,00%	62,80%	37,20%	0,00%	87,63%	12,37%	0,00%
2019	88,73%	11,27%	0,00%	99,58%	0,42%	0,00%	65,64%	34,36%	0,00%	86,05%	13,95%	0,00%
2020	87,62%	12,38%	0,00%	99,47%	0,53%	0,00%	68,24%	31,76%	0,00%	85,05%	14,95%	0,00%
2021	87,01%	12,99%	0,00%	99,02%	0,98%	0,00%	75,61%	24,39%	0,00%	88,67%	11,33%	0,00%
2022	85,88%	14,12%	0,00%	98,96%	1,04%	0,00%	77,09%	22,91%	0,00%	88,97%	11,03%	0,00%

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.2.3.1 Factores de emisión aplicados en la categoría

os factores de emisión empleados para esta categoría corresponden a los valores por defecto establecidos en el Capítulo 3, Volumen 5 de las Directrices del IPCC 2006, adaptados a cada zona climática. Estos valores fueron incorporados en la hoja de cálculo *Waste Model* y seleccionados según las características y condiciones específicas del país.

La degradación anaeróbica de los desechos orgánicos depende de múltiples factores externos que influyen en la generación de metano, tales como la temperatura, la humedad y las precipitaciones. Por esta razón, los índices de generación de metano, expresados en relación con la vida media, varían según el tipo de residuo y la región climática, como se muestra en la tabla siguiente. Los factores de emisión detallados a continuación permanecen constantes en todas las zonas climáticas.

- **Carbón Orgánico Degradable (DQO):** Es el carbono orgánico de los residuos que puede descomponerse bioquímicamente.
- **Fracción Degradable del Carbono Orgánico (DOCf):** Es la fracción de carbono que representa la parte del COD que no se degrada o lo hace muy lentamente en condiciones anaeróbicas. Las pérdidas de COD por lixiviación son menores al 1% y pueden omitirse en el cálculo.
- **Factor de Corrección de Metano (MCF):** Varía según el tipo de disposición final; los sitios no gestionados generan menos metano que los gestionados en condiciones anaeróbicas.

- **Fracción de Metano en el Gas de Vertedero (F):** En los sitios de disposición de residuos, la mayoría de los desechos generan un gas con aproximadamente 50 % de metano, a menos que incluyan materiales con alto contenido de grasas o aceites, los cuales pueden elevar el porcentaje de metano.
- **Factor de Oxidación (OX):** Indica la cantidad de metano en los sitios de disposición que se oxida en el suelo o en el material de cobertura, y puede variar desde insignificante hasta el 100 % del metano producido.
- **Vida Media:** Es el tiempo necesario para que el DQO de los residuos se reduzca a la mitad de su masa inicial, determinado por la composición de los residuos, las condiciones climáticas, las características del sitio de disposición y las prácticas de eliminación.
- **Recuperación de Metano (R):** Es la cantidad de metano que se puede recuperar en los sitios de disposición para quemarlo en antorcha o en dispositivos de aprovechamiento energético.
- **Tiempo de Retardo:** En los sitios de disposición final, los desechos se depositan de manera continua durante el año, pero la producción de metano no es inmediata. Para este período, el IPCC establece un valor por defecto de 6 meses.

Tabla 210. Categoría Disposición de residuos sólidos: Factores de emisión

Categoría/fuente	GEI	Valor	Unidad
IPCC Model Waste - Zona Climática Tropical Seca			
<u>Carbón orgánico degradable (COD):</u>	CH ₄		
Residuos de alimentos	CH ₄	0,15	Adimensional
Papel	CH ₄	0,4	Adimensional
Madera	CH ₄	0,43	Adimensional
Pañales	CH ₄	0,24	Adimensional
<u>Carbón orgánico degradable que se descompone (DOCf)</u>	CH ₄	0,5	Adimensional
<u>Generación de metano:</u>	CH ₄		
Residuos de alimentos	CH ₄	0,085	Adimensional
Papel	CH ₄	0,045	Adimensional
Madera	CH ₄	0,025	Adimensional
Pañales	CH ₄	0,065	Adimensional
<u>Factor de corrección de metano (MCF):</u>	CH ₄		
Gestionado – anaeróbico (relleno sanitario, celda emergente)	CH ₄	1,0	Adimensional
No gestionado – poco profundo (<5 m)(botadero /botadero a cielo abierto)	CH ₄	0,4	Adimensional
<u>Fracción de metano en el gas de vertedero generado (F)</u>	CH ₄	0,5	Adimensional
<u>Factor de oxidación (OX)</u>	CH ₄	0	Adimensional
<u>Factor de conversión, C a CH₄</u>	CH ₄	1,33	Adimensional
<u>Tiempo de retardo</u>	CH ₄	6	meses
<u>Recuperación de metano</u>	CH ₄	0	
IPCC Model Waste - Zona Climática Tropical Húmeda			
<u>Generación de metano:</u>	CH ₄		
Residuos de alimentos	CH ₄	0,4	Adimensional
Papel	CH ₄	0,07	Adimensional
Madera	CH ₄	0,035	Adimensional
Pañales	CH ₄	0,17	Adimensional

Categoría/fuente	GEI	Valor	Unidad
Recuperación de metano	CH ₄	0	Adimensional
IPCC Model Waste - Zona Climática Templado Seco			
Generación de metano:	CH ₄		
Residuos de alimentos	CH ₄	0,06	Adimensional
Papel	CH ₄	0,04	Adimensional
Madera	CH ₄	0,02	Adimensional
Pañales	CH ₄	0,05	Adimensional
IPCC Model Waste - Zona Climática Templado Húmedo			
Generación de metano:	CH ₄		
Residuos de alimentos	CH ₄	0,185	Adimensional
Papel	CH ₄	0,06	Adimensional
Madera	CH ₄	0,03	Adimensional
Pañales	CH ₄	0,1	Adimensional

NA: No aplica

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.2.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla Flex_Summary de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz.

7.2.5 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Para cuantificar la incertidumbre, se utilizaron los valores predefinidos establecidos en la Sección 3.7, Capítulo 3, Volumen 5 de las Directrices del IPCC de 2006 y su actualización de 2019. Esta elección se hizo debido a la falta de datos sobre incertidumbre proporcionados por los actores nacionales de información. A continuación, se presenta una tabla que resume los valores de incertidumbre predefinidos correspondientes a cada actividad, factor de emisión y parámetro considerados en la evaluación de la categoría de disposición de residuos sólidos.

Tabla 211. Disposición final de residuos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)

GEI	Dato de Actividad		Factor de Emisión	
	Tipo	Incertidumbre	Tipo	Incertidumbre
CH ₄	Total RSM	30%	Carbono orgánico degradable (DOC)	20%
	Cobertura	30%	Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf)	20%
	Composición	30%	Factor de corrección para el metano (MCF): 0,4 / 1	30%
			Fracción de metano en el gas de vertedero generado (F) = 0,5	5%
			Recuperación de metano (R)	50%

		Factor de oxidación (OX)	0%
		Vida media ($t_{1/2}$)	25%
Incertidumbre	51,96%	Incertidumbre	69,64%
Incertidumbre combinada		86,89%	

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En cuanto a la consistencia de la serie temporal, se recopilamos datos de actividad para los años 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021 y 2022, con el fin de estimar las emisiones en la categoría de Disposición Final de Residuos Sólidos, siguiendo las directrices del IPCC. Esta información incluye estadísticas sobre la distribución estimada de los sitios de disposición final, producción per cápita de residuos, población, porcentaje de residuos enviados a dichos sitios y composición de los residuos. La principal fuente de estos datos es el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), complementada con información del Programa Nacional Integral de Gestión de Desechos Sólidos (PNGIDS).

Para los años 2016, 2018, 2020, 2021 y 2022, se emplearon datos de la Estadística de Información Ambiental Económica de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), elaborada por el INEC y la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME). Esta estadística, basada en registros administrativos municipales, proporciona información actualizada sobre variables clave en la gestión de residuos sólidos, recopilada a través del Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM), administrado por la AME. Para los años 2010, 2012 y 2014, se utilizó información del PNGIDS.

Cabe destacar que estas fuentes también fueron empleadas para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del sector, presentado en la Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático y el Segundo Informe Bienal de Actualización (4CN – 2IBA).

Para los años anteriores a los mencionados, se aplicaron técnicas de extrapolación retroactiva, utilizando tasas de variación de datos como el PIB per cápita, proporcionadas por el Banco Mundial. Asimismo, para completar la serie histórica de la población, se recurrió a datos de la misma fuente.

7.2.6 AC/CC de la categoría

El proceso de Aseguramiento de la Calidad y Control de Calidad (AC/CC) se presenta esquematizado en la siguiente tabla, siguiendo las directrices del IPCC de 2006 para inventarios de gases de efecto invernadero. Este procedimiento tiene como objetivo evidenciar la calidad, transparencia y precisión en la estimación de las emisiones.

Tabla 212. Actividades de AC/CC de la categoría

Actividades de AC/CC	Detalle
Actividades específicas de garantía de calidad	Las actividades garantía de calidad del INGEI estuvo a cargo de la iniciativa de creación de capacidades para la transparencia GBIT – GSP, siguiendo el protocolo de validación de tercera parte. Con base a este proceso de evaluación complementaria que contó con expertos sectoriales externos, se pudo validar la aplicación de las directrices del IPCC, en pro de la mejora del proceso de obtención y cálculo del INGEI del Ecuador.
Actividades específicas de control de la calidad	Gestión de datos de actividad: La principal fuente de datos de actividad para esta categoría es la Estadística de Información Ambiental Económica del GADM (INEC-AME), basada en registros municipales. El Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM), administrado por la AME, recopila estos datos, que luego son procesados por el INEC. Para completar la serie histórica, se formularon supuestos y se creó un espacio de trabajo donde se reunieron actores claves para aclarar procedimientos y fuentes de obtención de datos. Gestión de hojas de trabajo: Las estimaciones anuales de emisiones del sector se organizan en una única hoja de cálculo que compila todos los datos de actividad. Esta plantilla está vinculada a las hojas de cálculo del modelo conforme a las directrices del IPCC. Gestión de Control de Calidad: Se llevó a cabo un control de calidad interno con el apoyo del equipo de especialistas del Inventario del Proyecto 5CN/1RBT y el equipo técnico de la SCC del MAATE. Los resultados fueron presentados a actores sectoriales para recoger observaciones y establecer mejoras en el cálculo.
Actividades específicas de verificación	No se realizaron actividades específicas de verificación para las categorías del sector residuos

7.2.7 Nuevos cálculos de la categoría

Dado que los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) dependen de datos de actividad proporcionados por diversas instituciones, es una buena práctica de control y aseguramiento de la calidad revisar los cálculos históricos cada vez que se elabora un inventario. En comparación con el último INGEI publicado por Ecuador en la Cuarta Comunicación Nacional y el Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que abarca la serie 1994-2012, han surgido algunos hechos relevantes que justifican un recálculo del INGEI, tales como:

- Para el cálculo de esta categoría, se priorizó el uso y procesamiento de datos de actividad específica del país, incluyendo información sobre población, producción per cápita, cantidad de residuos sólidos dispuestos en sitios de disposición final (SDF) y su composición. Estos datos provienen de la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados, a diferencia de la 4CN – 2IBA.
- La estadística depende en gran medida de la información proporcionada por los Gobiernos Autónomos Descentralizados, limitándose a los 221 municipios en su informe. Predomina el informe sobre residuos dispuestos, pero hay escasez de datos sobre su composición, la cual varía anualmente.
- La variación en los resultados se debe principalmente a las directrices del IPCC de 2006, que establecieron que las vidas medias de los desechos pueden variar entre unos pocos años y varias décadas. El método FOD requiere datos históricos sobre la eliminación de residuos que se acumulan entre 3 y 5 vidas medias. Por esta razón, el año de inicio de las estimaciones es 1960, a diferencia de lo utilizado en la 4CN – 2IBA, donde se empleó 1990 como punto de partida.

La siguiente tabla muestra las diferencias entre los resultados del INGEI 1994-2018 y el INGEI 1994-2022, en las cuales se aprecian diferencias positivas explicadas por los factores mencionados anteriormente.

Tabla 213. Categoría Disposición Final de Residuos Sólidos: Resultados del INGEI 1994-2018 frente al INGEI 1994-2022 (Kt CO₂-eq).

REPORTE	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	325,00	675,00	900,00	1.000,00	1.325,00	1.525,00	1.650,00	1.650,00			
INGEI actual	526,87	732,56	1.147,49	1.698,60	2.054,47	2.447,12	2.760,69	2.934,39	3.335,87	3.496,89	3.665,93
Diferencia	201,87	57,56	247,49	698,60	729,47	922,12	1.110,69	1.284,39			
Diferencia %	47,39%	8,18%	24,17%	51,77%	43,17%	46,43%	50,36%	56,03%			

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Fuente: Hoja Table8s1 de los CRT.

7.2.8 Mejoras planificadas para la categoría

El plan de mejora para esta categoría tiene como objetivo optimizar la precisión y consistencia en la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con las directrices del IPCC. Este enfoque busca fortalecer la recolección de datos de actividad necesarios para aplicar metodologías como el método FOD. Así, se logrará una estimación más precisa de las emisiones de GEI, facilitando además el cálculo de futuros inventarios.

A continuación, se presenta el plan preliminar de mejoras propuesto para cada categoría:

- Fortalecer la colaboración entre la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para optimizar la recolección y análisis de datos sobre la gestión de residuos sólidos municipales, formalizando un convenio interinstitucional que facilita este proceso.
- Optimizar el Sistema de Información Municipal (SNIM) de la AME para alinear las variables definidas en la encuesta de la Estadística de Información Económica Ambiental de los GAD con las directrices del IPCC.
- Implementar un proceso de fortalecimiento de capacidades para difundir la metodología del IPCC entre actores clave, facilitando así mejoras en el reporte de datos de actividad y factores de emisión en el sector de residuos.
- Contribuir a la mejora de la normativa sobre la gestión de residuos y desechos no peligrosos mediante arreglos institucionales y normativas específicas, alineada a las Directrices del IPCC para asegurar la obtención de datos de actividad adecuados.

En este contexto, es relevante mencionar que las actividades de mejora se recopilarán específicamente en el capítulo correspondiente al proyecto 5CN1BTR.

7.3 Tratamiento biológico de residuos sólidos (CRT 5.B)

7.3.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

El tratamiento biológico de residuos sólidos, como restos de alimentos y lodos de aguas residuales, permite reciclarlos como fertilizantes o eliminarlos de forma segura. Sus beneficios incluyen reducir el volumen de residuos, estabilizarlos, eliminar patógenos y generar biogás para energía. El compostaje aeróbico

convierte el carbono en dióxido de carbono (CO_2), mientras que el metano (CH_4) generado en fases anaeróbicas es oxidado, liberando menos del 1% del carbono inicial. Es una opción sostenible para aprovechar los residuos orgánicos (IPCC, 2006).

La categoría de Tratamiento biológico de residuos sólidos (5B) para el año 2022 alcanzó un total de 6,45 kt CO_2 -eq. Dentro de esta categoría se incluye la subcategoría Compostaje (5B1), que contribuye con el 100%tal de las emisiones estimadas.

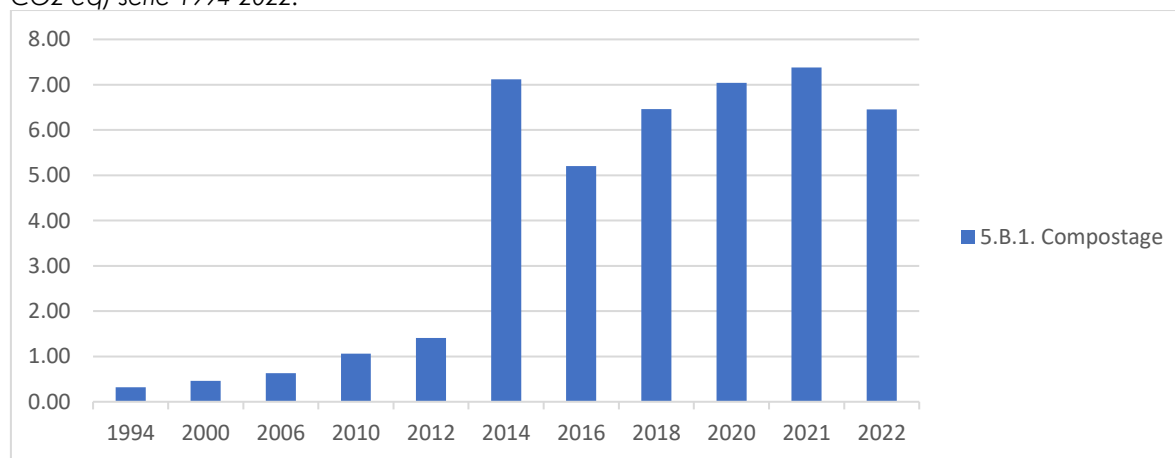
Las emisiones de GEI por categoría estimada para el año 2022 refleja que el Tratamiento biológico de residuos sólidos (5B) representa el 0,13% (6,45 kt CO_2 -eq).

Tabla 214. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por subcategoría (kt CO_2 -eq) serie 1994-2022.

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
5.B.1 Compostaje	0,32	0,46	0,63	1,06	1,41	7,12	5,20	6,46	7,04	7,38	6,45
Total	0,32	0,46	0,63	1,06	1,41	7,12	5,20	6,46	7,04	7,38	6,45

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 62. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por subcategoría (Kt CO_2 eq) serie 1994-2022.



Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

En términos de tendencia, para el año 2022 (6,45 kt CO_2 -eq) se registró un notable aumento del 1.915,62% en comparación con 1994(0,32 kt CO_2 -eq), aunque se observó una ligera disminución del 0,15% respecto a 2018 (6,46 kt CO_2 -eq). Estas variaciones están vinculadas a los cambios anuales en los volúmenes de desechos orgánicos tratados en los municipios del país, reflejando la dinámica de implementación y operación de los programas de tratamiento biológico de residuos orgánicos.

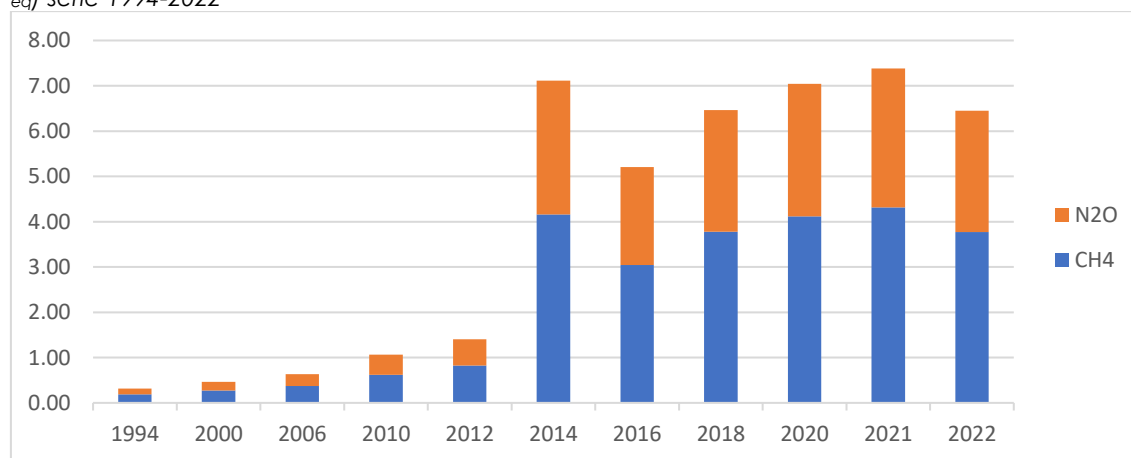
El gas de efecto invernadero predominante en esta categoría es el metano (CH_4), que representa el 58,44% (3,77 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$), seguido del óxido nítrico (N_2O), con el 41,55% (2,68 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$).

Tabla 215. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt $\text{CO}_2\text{-eq}$) serie 1994-2022

GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CH_4	0,19	0,27	0,37	0,62	0,82	4,16	3,04	3,78	4,12	4,32	3,77
N_2O	0,13	0,19	0,26	0,44	0,58	2,95	2,16	2,68	2,92	3,06	2,68
Total	0,32	0,46	0,63	1,06	1,41	7,12	5,20	6,46	7,04	7,38	6,45

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 63. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: total de GEI por tipo de gas (kt $\text{CO}_2\text{-eq}$) serie 1994-2022



Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

7.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en esta categoría, se utilizó la metodología de Nivel 1, conforme a las directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). En particular, se aplicaron las ecuaciones 4.1 y 4.2 del Capítulo 4, Volumen 5, de las directrices del IPCC de 2006. Los cálculos se realizaron utilizando los factores de emisión por defecto proporcionados por el IPCC y se emplearon las hojas de trabajo diseñadas para el sector de residuos. Este enfoque permitió obtener una estimación preliminar de las emisiones, considerando las características y actividades específicas de la categoría evaluada.

La siguiente tabla muestra los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI.

Tabla 216. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022

Categoría	CH ₄		N ₂ O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.B. Tratamiento Biológico de residuos sólidos	T 1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
5.B.1 Compostaje	T1	D	T1	D
5.B.2. Digestión anaerobia en instalaciones de biogás	NO	NO	NO	NO
Nomenclatura Notaciones generales: NA (No aplica), NO (No ocurre), NE (No estimado) Notaciones para especificar el método aplicado: D (por defecto del IPCC) T1a, T1b, T1c (Tier 1a, Tier 1b y Tier 1c del IPCC, respectivamente) CR (CORINAIR) RA (Enfoque de referencia) T2 (Nivel 2 del IPCC) CS (Específico por país) T1 (IPCC Tier 1) T3 (Nivel 3 del IPCC) OTH (Otros) Notaciones para especificar factores de emisión utilizados D (por defecto del IPCC) CS (Específico del país) OTH (Otro) CR (CORINAIR) PS (Específico de la planta) M (modelo)				

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.3.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad para esta categoría fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información Municipal, específicamente de la Estadística Ambiental Económica de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) Municipales. Estos datos pasan por un riguroso proceso de validación por parte de la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), lo cual garantiza su confiabilidad. El análisis evidencia la implementación de diversos tratamientos biológicos a nivel municipal, destacando el compostaje, la lombricultura, el bocashi y el takakura. A continuación, se detalla el proceso de obtención de los datos de actividad:

a. Cantidad anual de residuos orgánicos tratados (kt/año)

- **Fuente:** Estadística de Información Económica Ambiental en GAD Municipales, INEC, y Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, obtenida a través del Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM). Incluye información del

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja y de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC EP).

- **Detalle:** Para la obtención de los datos de actividad de esta categoría, se utilizó como fuente principal la Estadística Ambiental Económica de los GAD Municipales, cubriendo los años 2014 a 2022. En cuanto a datos faltantes, se recurrió a los registros empleados en la 4CN – 2IBA, que abarcan información del Municipio de Loja para el período 1994-2006 y de los Municipios de Loja y Cuenca para los años 2010 a 2012. Es importante señalar que durante esos años, estos GAD fueron los responsables del tratamiento biológico de residuos sólidos orgánicos. A continuación, se presentan algunas especificaciones sobre los datos de actividad:
 - Debido a la falta de información específica sobre las características de los residuos sólidos proporcionados por la fuente, se ha determinado que, para la estimación de emisiones, los valores reportados de residuos orgánicos están basados en peso húmedo.
 - La Estadística de Información Ambiental Económica de los GAD Municipales se fundamenta en registros administrativos y tiene como propósito ofrecer información actualizada sobre variables clave relacionadas con la gestión de residuos sólidos. La recolección de datos se realiza mediante una encuesta dirigida a las entidades municipales del país a través del SNIM, administrada por la AME. Cabe mencionar que las variaciones en las emisiones se deben principalmente a que los datos son aportados por los municipios y pueden fluctuar anualmente. Además, no todos los municipios implementan un tratamiento adecuado para sus residuos orgánicos, lo que se refleja en iniciativas individuales replicadas cada año.

El resumen de los datos de actividad de la categoría se encuentra en la tabla siguiente.

Tabla 217. Categoría Tratamiento Biológico de residuos sólidos: datos de actividad (kt), serie 1994-2022

Año	Cantidad anual de residuos orgánicos tratados (kt/año)
1994	1,66
2000	2,42
2006	3,30
2010	5,55
2012	7,34
2014	37,16
2016	27,17

2018	33,75
2020	36,76
2021	38,54
2022	33,69

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para la cuantificación de las emisiones, se utilizaron los factores de emisión predeterminados según las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006, específicamente los valores indicados en el Cuadro 4.1 del Capítulo 4, Volumen 5. En el caso específico de las emisiones de metano y óxido nitroso, dado que no se disponía de datos precisos sobre temperatura y contenido de humedad, se aplicó el factor de emisión por defecto, considerando una base de peso húmedo, tal como lo recomiendan dichas directrices.

A continuación, se presentan los factores de emisión utilizados en la siguiente tabla.

Tabla 218. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: factores de emisión aplicados

Fuente de GEI	GEI	Valor	Unidad
Compostaje	CH ₄	4	g CH ₄ /kg residuo tratado
	N ₂ O	0,30	g N ₂ O/kg residuo tratado

Notación NA: No aplica

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.3.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla Flex_Summary de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz.

7.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Para cuantificar la incertidumbre en la evaluación de la disposición de residuos sólidos, se emplearon los valores preestablecidos del Método 1, "Propagación del error", del Capítulo 4, Volumen 5 de las Directrices del IPCC (2006). Esta elección se fundamenta en la falta de datos específicos a nivel nacional. A continuación, se presenta una tabla que resume los valores de incertidumbre asignados a cada elemento analizado.

Tabla 219. Categoría Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)

GEI	Dato de Actividad	Factores de emisión

CH ₄	Tipo	Incertidumbre	Tipo	Incertidumbre
	Total RSU	30%	Factor de emisión (gCH ₄ /Kg residuos tratados)	50%
	Incertidumbre	30,00%	Incertidumbre	50,00%
Incertidumbre combina			58,31%	
N ₂ O	Tipo	Incertidumbre	Tipo	Incertidumbre
	Total RSU	30%	Factor de emisión (gN ₂ O/Kg residuos tratados)	50%
	Incertidumbre	30,00%	Incertidumbre	50,00%
Incertidumbre combina			58,31%	

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En cuanto a la **coherencia de la serie temporal de la categoría**, el tratamiento biológico de residuos orgánicos en los municipios del país se ha implementado de manera independiente, con variaciones en su desarrollo a lo largo del tiempo según la información disponible para la estimación de emisiones. Es importante señalar que estas iniciativas han mostrado un crecimiento progresivo. El primer municipio en gestionar sus residuos orgánicos fue Loja, seguido por Cuenca en 2010. Ambos reportaron información en 2012, y desde 2014, la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) comenzó a documentar las actividades de más localidades a través del Sistema Nacional de Información. Municipal (SNIM).

En este contexto, la estimación de emisiones de GEI para los años 1994, 2000 y 2006 se basó en los datos de actividad proporcionados por el Municipio de Loja. Para los años 2010 y 2012, la información provino de los municipios de Loja y Cuenca. Desde 2014 hasta 2022, los datos fueron obtenidos del registro del SNIM, administrado por la AME y publicado por el INEC en la Estadística de Información Económica Ambiental de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD).

7.3.5 AC/CC de la categoría

El proceso de Aseguramiento y Control de Calidad (AC/CC) se presenta esquematizado en la siguiente tabla, conforme a las directrices del IPCC de 2006 para inventarios de gases de efecto invernadero.

Tabla 220. Actividades de AC/CC de la categoría

Actividades de AC/CC	Detalle
Actividades específicas de garantía de calidad	Las actividades garantía de calidad del INGEI estuvo a cargo de la iniciativa de creación de capacidades para la transparencia GBIT – GSP, siguiendo el protocolo de validación de tercera

	parte. Con base a este proceso de evaluación complementaria que contó con expertos sectoriales externos, se pudo validar la aplicación de las directrices del IPCC, en pro de la mejora del proceso de obtención y cálculo del INGEI del Ecuador.
Actividades específicas de control de la calidad	Gestión de datos de actividad: Para obtener los datos de actividad de esta categoría, se utilizó la Estadística Ambiental Económica de los GAD Municipales (2014-2022) como fuente principal. Para años faltantes, se recurrió a registros de la 4CN – 2IBA, incluyendo datos de Loja (1994-2006) y de Loja y Cuenca (2010-2012), responsables del tratamiento biológico de residuos sólidos orgánicos. Además, se generó un espacio de trabajo con actores clave que apoyaron en determinar el mecanismo de recolección de la información. Gestión de hojas de trabajo: Las estimaciones anuales de emisiones del sector se organizan en una sola hoja de cálculo que compila todos los datos de actividad. Esta plantilla está vinculada a las hojas de datos y factores de emisión, lo que permite realizar los cálculos correspondientes de manera eficiente. Gestión de Control de Calidad: Se llevó a cabo un control de calidad interno con el apoyo del equipo de especialistas del Inventario del Proyecto 5CN/1RBT y el equipo técnico de la SCC del MAATE. Los resultados fueron presentados a actores sectoriales para recoger observaciones y establecer mejoras en el cálculo.
Actividades específicas de verificación	No se realizaron actividades específicas de verificación para las categorías del sector residuos

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.3.6 Nuevos cálculos de la categoría

Se realizó una recopilación de datos de todos los años del inventario, permitiendo recálculos para los años 1994, 2000, 2006, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021 y 2022. Para estos cálculos se utilizaron las Directrices del IPCC de 1996 y 2006, junto con los factores de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación (AR5).

A continuación, la tabla muestra una comparación entre el inventario ante.

Tabla 221. Comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	0,31	0,46	0,62	1,05	0,85	7,04	5,15	6,39			
INGEI actual	0,32	0,46	0,63	1,06	1,41	7,12	5,20	6,46	7,04	7,38	6,45
Diferencia	0,01	0,00	0,01	0,01	0,56	0,08	0,05	0,07			
Diferencia %	2,65%	0,65%	1,79%	1,19%	49,26%	1,07%	1,04%	1,14%			

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Fuente: Hoja Table8s1 de los CRT.

7.3.7 Mejoras planificadas para la categoría

Este apartado describe las mejoras necesarias para optimizar la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) siguiendo las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). El objetivo es implementar acciones que aumenten la precisión y consistencia de los datos mediante una mejor recolección de datos de actividad, permitiendo obtener estimaciones más exactas de las emisiones y contribuir a la mejora continua de los inventarios nacionales de GEI. A continuación, se detallan las mejoras propuestas para esta categoría:

- Es esencial incorporar datos de temperatura y humedad en la recolección de información de campo. Por ello, se recomienda solicitar a la AME que incluya estas variables en el Registro del Sistema Nacional de Información Municipal sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos (SNIM).
- Dado que estos datos se recogen a través del formulario de gestión de residuos en el sistema SNIM-AME, esta mejora está directamente relacionada con el plan de optimización de la categoría de Disposición Final de Residuos Sólidos.

En este contexto, es relevante mencionar que las actividades de mejora se documentarán específicamente en el capítulo correspondiente al proyecto 5CN1BTR.

7.4 Incineración y quema abierta de residuos (CRT 5.C)

7.4.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Esta categoría abarca la incineración de residuos sin recuperación de energía, incluyendo desechos sólidos municipales, industriales, peligrosos, hospitalarios y lodos de aguas residuales. Según la normativa ambiental vigente, se diferencian tres tipos de gestión: residuos sólidos no peligrosos, residuos peligrosos y especiales, y desechos sanitarios generados en entornos hospitalarios. En este sentido, las normativas aplicables exigen a las entidades que gestionan residuos peligrosos presentar informes anuales detallados sobre la generación, transporte y disposición final.

Por otro lado, la normativa prohíbe la incineración a cielo abierto, una práctica considerada altamente contaminante, según el Reglamento del Código Orgánico del Ambiente (2019) y el Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos (1992). Además, el Libro VI de la Norma de Calidad Ambiental refuerza esta prohibición. En este marco, se estimaron las emisiones provenientes de la incineración de desechos peligrosos, hospitalarios y líquidos de origen fósil, siguiendo los lineamientos establecidos.

La categoría de Incineración y quema abierta de residuos (5C) para el año 2022 alcanzó un total de 17,20 kt CO_{2-eq}. Dentro de esta categoría se incluyen la subcategoría Incineración de residuos (5C1), que contribuye con el 100% de emisiones estimadas.

La contribución de emisiones de GEI por categoría, estimada para el año 2022 refleja que la categoría Incineración y quema abierta de residuos (5C) representan el 0,34% (17,20 kt CO_{2-eq}) del total de las emisiones del sector.

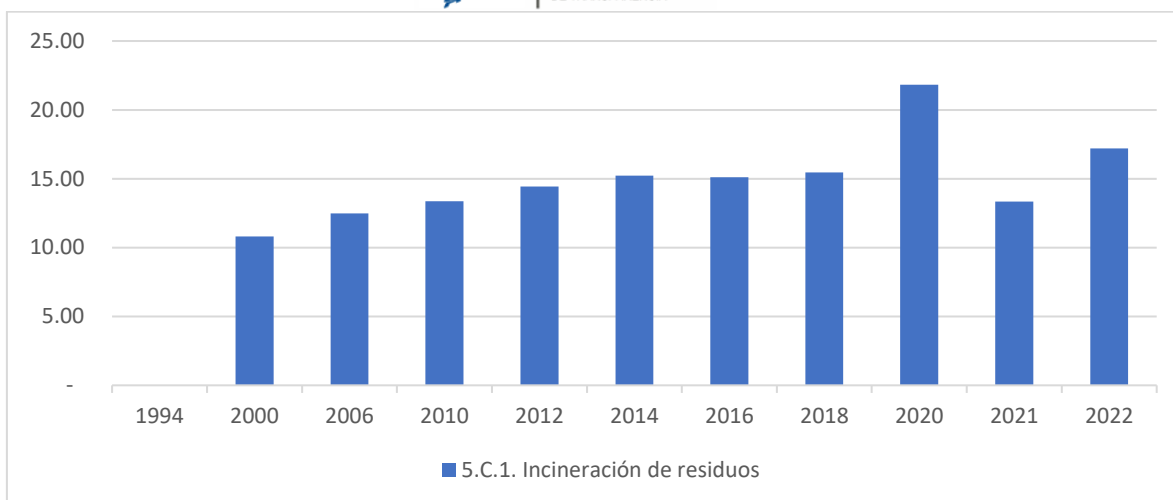
Tabla 222. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: total de emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_{2-eq}), 2020, 2021 y 2022

Subcategoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
5.C.1. Incineración de residuos	NO	10,81	12,47	13,37	14,44	15,22	15,12	15,46	21,82	13,34	17,20
Total	NO	10,81	12,47	13,37	14,44	15,22	15,12	15,46	21,82	13,34	17,20

Notación: NO (No ocurre)

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 64. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: total de emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_{2-eq}) del 1994 al 2022



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En términos de tendencias, esta categoría para el año 2022 (17,20 kt CO₂-eq) mostró un incremento del 59,11% respecto al año 2000²⁰ (10,81 CO₂-eq) y del 11,25% en comparación con el 2018 año (15,46 CO₂-eq). Estas variaciones están relacionadas con las fluctuaciones anuales en los datos reportados a la AAN por las empresas gestoras de residuos peligrosos, que constituyen la base para el cálculo de las emisiones.

El gas de efecto invernadero predominante en esta categoría es el Dioxido de Carbono (CO₂), que representa el 98,13% (16,88,77 kt CO₂-eq), seguido del oxido nitroso (N₂O), con el 0,007% (2,68 kt CO₂-eq) y metano (CH₄), con el 0,001% (2,68 kt CO₂-eq)

Tabla 23. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: total de GEI por tipo de gas (kt CO₂-eq) 2020, 2021 y 2022

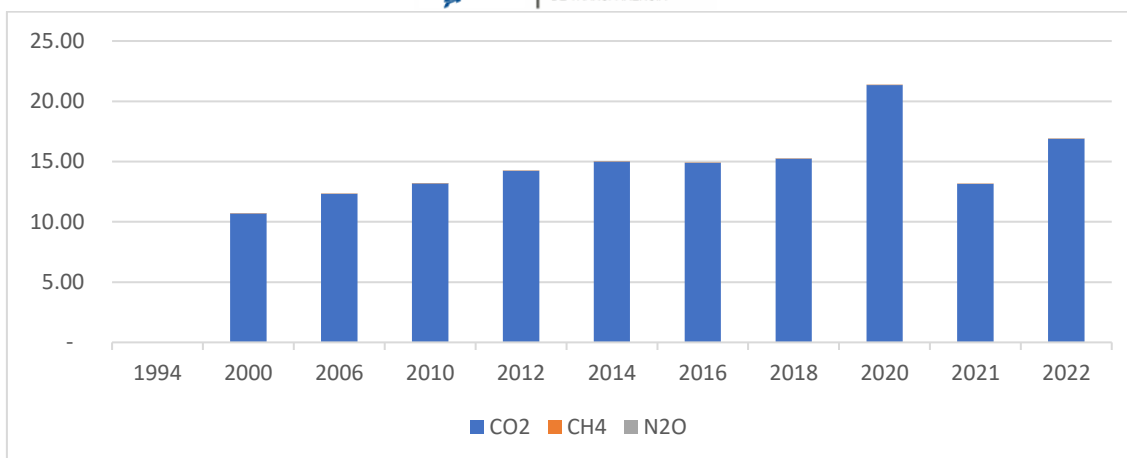
Categoría	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CO ₂	NO	10,69	12,31	13,18	14,23	15,00	14,89	15,23	21,35	13,13	16,88
CH ₄	NO	0,00003	0,00004	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00013	0,00016	0,00017
N ₂ O	NO	0,00046	0,00061	0,00069	0,00079	0,00086	0,00085	0,00088	0,00174	0,00077	0,00121
Total	NO	10,81	12,47	13,37	14,44	15,22	15,12	15,46	21,82	13,34	17,20

Notación: NO (No ocurre)

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 65. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: total de emisiones de GEI por tipo de gas (kt CO₂-eq) del 1994 al 2022

²⁰ Se escoge el año 2000 para el análisis de tendencias dado a que la incineración controlada de residuos sólidos peligrosos, no se realizaba en el año 1994.



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de emisiones, se utilizaron las Directrices del IPCC de 2006, específicamente lo establecido en el Volumen 5, Capítulo 5, numeral 5.2. En la tabla a continuación se esquematizan los métodos y factores de emisión aplicados, organizados por subcategoría y tipo de gas de efecto invernadero (GEI).

Tabla 223. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por categoría y tipo de GEI para 2022

Categoría	CO2		CH4		N2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.C. Incineración y quema abierta de residuos	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE
5.C.1. Incineración de residuos	T1	D	T1	D	T1	D
5.C.2. Quema de residuos a cielo abierto	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Nomenclatura

Notaciones generales: NA (No aplica), NO (No ocurre), NE (No estimado)

Notaciones para especificar el método aplicado:

D (por defecto del IPCC)	T1a, T1b, T1c (Tier 1a, Tier 1b y Tier 1c del IPCC, respectivamente)	CR (CORINAIR)
RA (Enfoque de referencia)	T2 (Nivel 2 del IPCC)	CS (Específico por país)
T1 (IPCC Tier 1)	T3 (Nivel 3 del IPCC)	OTH (Otros)

Notaciones para especificar factores de emisión utilizados

D (por defecto del IPCC)	CS (Específico del país)	OTH (Otro)
CR (CORINAIR)	PS (Específico de la planta)	M (modelo)

7.4.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad relacionados con la incineración de desechos fueron proporcionados a la Dirección Nacional de Control Ambiental del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento del Código Orgánico del Ambiente. Este reglamento otorga a la Autoridad Ambiental Nacional diversas atribuciones, tales como: a) otorgar el Registro de Generador de Residuos, b) recibir y emitir pronunciamientos sobre las declaraciones anuales de generación y gestión de residuos, c) evaluar los informes anuales de gestores y productores en el marco de la responsabilidad extendida, entre otras. A continuación, se detalla el proceso de obtención de los datos de actividad:

a. Cantidad de desechos peligrosos

- **Fuente:** Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Subsecretaría de Calidad Ambiental, “Declaración Anual de Generación y Gestión de Residuos”.
- **Detalle:** La información de la Declaración Anual de Generación y Gestión de Residuos incluye datos suministrados por empresas gestoras como CRA Centro de Remediación Ambiental, ECORESA, G&M, GADERE, HAZWAT, INCINEROX, GEOAMBIENTE, PECS y PLUSAMBIENTE SA Esta información fue facilitada por la Dirección de Sustancias Químicas, Residuos y Desechos Peligrosos y No Peligrosos del MAATE, y corresponden a los años 2019, 2020, 2021 y 2022. A continuación, se presentan especificaciones adicionales sobre la obtención de los datos de actividad:
 - Los datos proporcionados por las empresas gestoras se basan en el Acuerdo Ministerial 142, que establece el Listado Nacional de Sustancias Químicas Peligrosas y Desechos Peligrosos. Este listado clasifica sustancias y desechos según el CIU, CRTIB y el Código de Basilea. A partir de esta clasificación, se elaboró una clasificación de las sustancias y desechos peligrosos según las directrices del IPCC, con el objetivo de generar los datos de actividad necesarios para el cálculo de emisiones.
 - La caracterización incluye el tipo de residuos gestionados, la cantidad gestionada, los tipos de incineración y las tecnologías utilizadas.
 - Debido a la falta de detalles específicos sobre las características de los desechos gestionados, para la estimación de emisiones se supone que los valores reportados se basan en peso húmedo.

- Para generar los datos de actividad correspondientes a la serie histórica, se realizó una extrapolación hacia atrás basada en la tasa de variación del PIB nacional. Esto se debe a que el PIB está relacionado con la generación de desechos peligrosos en las industrias, ya que el crecimiento económico impulsa la producción industrial y, en consecuencia, incrementa la cantidad de residuos peligrosos. En general, un aumento en la actividad económica e industrial suele reflejarse en un incremento de residuos peligrosos, lo cual evidencia su impacto ambiental.

En la siguiente tabla se presentan los datos de actividad resultantes del procesamiento de la información.

Tabla 224. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: Datos de actividad

Años	Desechos peligrosos (kt)	Desechos hospitalarios (kt)	Desechos fósiles líquidos ¹ (kt)
2000	4,61	0,45	1,02
2001	4,79	0,47	1,06
2002	4,99	0,49	1,11
2003	5,12	0,50	1,14
2004	5,54	0,54	1,23
2005	5,84	0,57	1,29
2006	6,10	0,60	1,35
2007	6,23	0,61	1,38
2008	6,62	0,65	1,47
2009	6,66	0,65	1,48
2010	6,90	0,67	1,53
2011	7,44	0,73	1,65
2012	7,86	0,77	1,74
2013	8,25	0,81	1,83
2014	8,56	0,84	1,90
2015	8,57	0,84	1,90
2016	8,46	0,83	1,88
2017	8,66	0,85	1,92
2018	8,78	0,86	1,95
2019	8,78	0,86	1,95
2020	17,43	0,98	0,88
2021	7,71	0,56	0,86
2022	12,07	0,58	1,00

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para la cuantificación de las emisiones, se utilizaron los factores de emisión predeterminados según las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) del 2006, específicamente los valores indicados en Capítulo 5, sección 5.4.

A continuación, se presenta los factores de emisión utilizadas para el cálculo.

Tabla 225. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Parámetro		GEI	Valor	Unidad
Contenido de materia seca en % del peso húmedo	Desechos industriales	CO ₂	ND	%
	Desechos hospitalarios	CO ₂	ND	%
	Lodos de aguas residuales	CO ₂	ND	%
	Desechos fósiles líquidos	CO ₂	ND	%
Contenido de carbono total en % del peso en seco	Desechos industriales	CO ₂	50	%
	Desechos hospitalarios	CO ₂	60	%
	Lodos de aguas residuales	CO ₂	40-50	%
	Desechos fósiles líquidos	CO ₂	80	%
Fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total	Desechos industriales	CO ₂	90	%
	Desechos hospitalarios	CO ₂	40	%
	Lodos de aguas residuales	CO ₂	0	%
	Desechos fósiles líquidos	CO ₂	100	%
Factor de oxidación en % de la entrada de carbono total	Desechos industriales	CO ₂	100	%
	Desechos hospitalarios	CO ₂	100	%
	Lodos de aguas residuales	CO ₂	100	%
	Desechos fósiles líquidos	CO ₂	100	%
Incineración continuada	Cargador mecánico	CH ₄	0,2	(kg./Gg de desechos incinerados sobre una base de peso húmedo)
Incineración semi-continua	Cargador mecánico	CH ₄	6	(kg./Gg de desechos incinerados sobre una base de peso húmedo)
Incineración por lotes	Cargador mecánico	CH ₄	60	(kg./Gg de desechos incinerados sobre una base de peso húmedo)
Desechos industriales		N ₂ O	100	Factor de emisión (g de N ₂ O/ tonelada de desechos)

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.4.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla Flex_Summary de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz.

7.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Para la estimación de la incertidumbre de la categoría, es importante señalar que no se disponía de valores específicos a nivel nacional; por lo tanto, se emplearon los valores por defecto indicados en la Sección 3.7, Capítulo 3, Volumen 5, de las Directrices del IPCC del 2006. En la siguiente tabla se presenta los valores de incertidumbre asignados por defecto a cada dato de actividad, factor de emisión y parámetros utilizados en la estimación de la categoría de incineración y quema abierta de residuos, específicamente para la subcategoría de Incineración de residuos.

Tabla 226. Categoría Incineración y quema abierta de residuos: incertidumbre por atribución por tipo de GEI (%)

GEI	Dato de Actividad		Factores de emisión	
	Tipo	Incertidumbre	Tipo	Incertidumbre
CO ₂	Cantidad total de residuos incinerados	30%	Factor de emisión (gCH ₄ /Kg residuos tratados)	40%
	Incertidumbre	30,00%	Incertidumbre	40,00%
	Incertidumbre combinada		50,00%	
CH ₄	Cantidad total de residuos incinerados	30%	Factor de emisión (gN ₂ O/Kg residuos tratados)	100%
	Incertidumbre	30,00%	Incertidumbre	100,00%
	Incertidumbre combinada		104,40%	
N ₂ O	Cantidad total de residuos incinerados	30%	Factor de emisión (gN ₂ O/Kg residuos tratados)	100%
	Incertidumbre	30,00%	Incertidumbre	100,00%
	Incertidumbre combinada		104,40%	

Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

En relación a la Coherencia de la serie temporal, es importante mencionar que la información proviene de la Declaración Anual de Generación y Gestión de Residuos para los años 2019-2022, basada en el Acuerdo Ministerial 142 que clasifica sustancias y desechos peligrosos. Para categorizar adecuadamente estas sustancias según las directrices del IPCC, se elaboró una matriz que facilite el cálculo de emisiones. Además, se realizó una extrapolación histórica basada en la tasa de variación del PIB, ya que el crecimiento económico está vinculado a un aumento en la generación de residuos peligrosos debido a la mayor actividad industrial.

7.4.5 AC/CC de la categoría

El proceso de Aseguramiento y Control de Calidad (AC/CC) se presenta esquematizado en la siguiente tabla, conforme a las directrices del IPCC de 2006 para inventarios de gases de efecto invernadero.

Tabla 227. Actividades de AC/CC de la categoría

Actividades de AC/CC	Detalle
Actividades específicas de garantía de calidad	Las actividades garantía de calidad del INGEI estuvo a cargo de la iniciativa de creación de capacidades para la transparencia GBIT – GSP, siguiendo el protocolo de validación de tercera parte. Con base a este proceso de evaluación complementaria que contó con expertos sectoriales externos, se pudo validar la aplicación de las directrices del IPCC, en pro de la mejora del proceso de obtención y cálculo del INGEI del Ecuador.
Actividades específicas de control de la calidad	Gestión de datos de actividad: Los datos de actividad se obtuvieron de la Declaración Anual de Generación y Gestión de Residuos, que incluye información de empresas gestoras. Estos datos fueron proporcionados por la Dirección de Sustancias Químicas, Residuos y Desechos Peligrosos y No Peligrosos del MAATE. Además, se generó un espacio de trabajo con actores clave que apoyaron en determinar el mecanismo de recolección de la información. Gestión de hojas de trabajo: Las estimaciones anuales de emisiones del sector se organizan en una sola hoja de cálculo que compila todos los datos de actividad. Esta plantilla está vinculada a las hojas de datos y factores de emisión, lo que permite realizar los cálculos correspondientes de manera eficiente. Gestión de Control de Calidad: Se llevó a cabo un control de calidad interno con el apoyo del equipo de especialistas del Inventario del Proyecto 5CN/1RBT y el equipo técnico de la SCC del MAATE.

	Los resultados fueron presentados a actores sectoriales para recoger observaciones y establecer mejoras en el cálculo.
Actividades específicas de verificación	No se realizaron actividades específicas de verificación para las categorías del sector residuos

Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

7.4.6 Nuevos cálculos de la categoría

Se realizó una recopilación de datos de todos los años del inventario, permitiendo recálculos para los años 1994, 2000, 2006, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021 y 2022. Para estos cálculos se utilizaron las Directrices del IPCC de 1996 y 2006, junto con los factores de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación (AR5). A continuación, la tabla muestra una comparación entre el inventario anterior y el actualizado.

Tabla 228. Comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO₂ eq)

INGEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	NO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
INGEI actual	NO	10,81	12,47	13,37	14,44	15,22	15,12	15,46	21,82	13,34	17,20
Diferencia	-	10,81	12,47	13,37	14,44	15,22	15,12	15,46			
Diferencia %	-	200,00%	200,00%	200,00%	200,00%	200,00%	200,00%	200,00%			

Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

Fuente: Hoja Table 8s1 de los CRT.

Es importante mencionar que no se pueden comparar los resultados estimados en este inventario con los de la comunicación anterior, ya que en esta última no se estimaron las emisiones para dicha categoría.

7.4.7 Mejoras planificadas para la categoría

Las mejoras planificadas para la categoría de incineración de residuos están alineadas con las directrices del IPCC, con el propósito de optimizar la precisión en la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante el fortalecimiento de los datos de actividad. Estas acciones no solo buscan mejorar la calidad de los cálculos, sino también asegurar la coherencia con los estándares internacionales y fomentar una gestión más eficaz de las emisiones en esta categoría.

A continuación, se detallan las propuestas de mejora:

- Colaborar con la Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, para automatizar la generación de datos de actividad basada en el sistema de gestión de residuos y desechos peligrosos, especiales y no peligrosos, utilizando el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA).
- Contribuir a la mejora de la normativa sobre la gestión de residuos y desechos peligrosos, especiales y no peligrosos, en lo que tiene que ver con la generación, incineración y coprocesamiento, en alineación con las directrices del IPCC para obtener los datos de actividad necesarios.
- Establecer un mecanismo estadístico, en coordinación con el INEC, para estimar la subcategoría de quema abierta de residuos, actualmente prohibidos, aprovechando información sobre áreas rurales y niveles de pobreza.

Es importante mencionar que estas actividades de mejora se documentarán en el capítulo correspondiente al proyecto 5CN1BTR.

7.5 Tratamiento y descarga de aguas residuales (5D)

7.5.1 Descripción y tendencia de los GEI de la categoría

Las aguas residuales generadas por diversas actividades producen gases de efecto invernadero, como metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), especialmente en condiciones anaeróbicas. Aunque también emiten dióxido de carbono (CO_2), este no se incluye en los inventarios nacionales debido a su origen biogénico. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales varían notablemente entre zonas urbanas, rurales y niveles socioeconómicos, a abarcados desde tratamientos in situ hasta la disposición sin tratamiento alguno.

La categoría Tratamiento y descarga de aguas residuales (5D) al año 2022 representa un valor de 1.100,95 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$. Dentro de esta categoría se encuentran las subcategorías: Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas (5D1) y Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales (5D2).

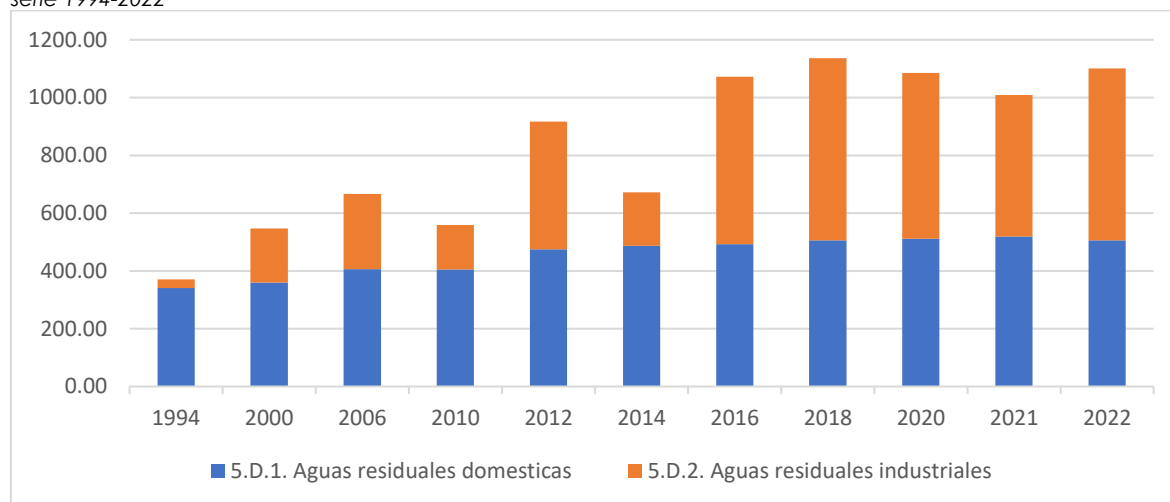
La contribución de emisiones de GEI por categoría, estimada para el año 2022 refleja que el Tratamiento y descarga de aguas residuales (5D) representan el 22,98% (1.100,95 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$) del total de las emisiones del sector. Dentro de esta categoría la subcategoría Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales (5D2) contribuye con el 54,07% (595,26 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$), mientras que la subcategoría Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas (5D1) con el 45,93% (505,69 kt $\text{CO}_2\text{-eq}$) (ver tabla 229 y gráfico 66) .

Tabla 229. Categoría Eliminación y tratamiento de aguas residuales: total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) serie 1994-2022

Subcategorías	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
5.D.1. Aguas residuales domesticas	340,76	359,21	405,97	405,26	474,51	487,37	492,64	505,78	511,49	518,66	505,69
5.D.2. Aguas residuales industriales	30,09	187,69	260,77	153,61	442,24	185,02	579,69	630,40	574,23	490,49	595,26
Total	370,86	546,90	666,74	558,87	916,74	672,39	1.072,33	1.136,18	1.085,73	1.009,15	1.100,95

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 66. Categoría Eliminación y tratamiento de aguas residuales: total de GEI por subcategoría (kt CO₂-eq) serie 1994-2022



Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En cuanto al análisis de tendencias, esta categoría registró en 2022 (1.100,95 kt CO₂-eq) un aumento del 196,87% en comparación con 1994 (370,86 CO₂-eq) y una disminución del 3,10 % respecto a 2018 (1136,18 CO₂-eq). Esta variación en la tendencia se atribuye a cambios en la información empleada para el cálculo, como la variabilidad en los ítems según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) y los datos de producción industrial de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM). Además, al basarse de un registro de información de las industrias procedente de una encuesta, pueden existir fluctuaciones anuales según los registros realizados por los proveedores de la información.

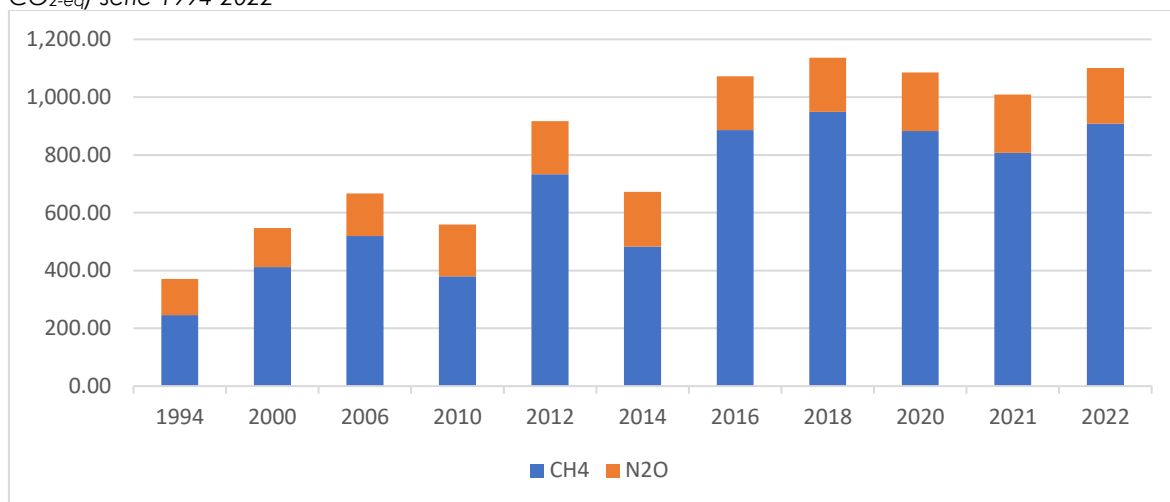
El gas de efecto invernadero predominante en esta categoría es el metano (CH₄), con el 82,51% (908,40 kt CO₂-eq), seguido por el óxido nitroso (N₂O) con 17,49% (192,55 kt CO₂-eq).

Tabla 230. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: total de GEI por tipo de gas (kt CO₂-eq) serie 1994-2022

GEI	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
CH ₄	245,70	411,79	519,21	379,86	733,54	482,54	886,12	949,48	882,47	807,22	908,40
N ₂ O	125,16	135,11	147,53	179,01	183,21	189,85	186,21	186,70	203,25	201,93	192,55
Total	370,86	546,90	666,74	558,87	916,74	672,39	1.072,33	1.136,18	1.085,73	1.009,15	1.100,95

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Gráfico 11. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: total de GEI por tipo de gas (kt CO₂-eq) serie 1994-2022



Elaborado por: Proyecto 5CN1BTR

7.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Debido al detalle limitado de los datos nacionales y en conformidad con las recomendaciones del IPCC, se optó por el Método de Nivel 1 de las Directrices del IPCC del 2006. Esta metodología emplea parámetros y factores de emisión estándar junto con datos de actividad a escala nacional. Los parámetros específicos considerados para los cálculos fueron los siguientes:

- Se utilizó una hoja de cálculo en Excel, incluida en el Anexo 1 del Volumen 5 de las Directrices del IPCC 2006, para la estimación de emisiones.
- La ecuación 6.3 del Capítulo 6, Volumen 5, calculó la carga orgánica biodegradable para aguas residuales domésticas.
- La de sistemas de tratamiento se basó en datos del INEC sobre gestión de agua potable y alcantarillado.
- La ecuación 6.2 se aplicó para calcular el factor de emisión de cada proceso o sistema de tratamiento y disposición final.
- La ecuación 6.1 sirvió como base para estimar las emisiones totales.
- La estimación de óxido nítrico incluye procesos de nitrificación y desnitrificación tras el vertido de aguas residuales en cuerpos hídricos.

- Las ecuaciones 6.7 y 6.8 se aplicarán según lo descrito en el Capítulo 6, Volumen 5.
- Por la falta de datos desagregados a nivel de planta, como tipo de tecnología y gestión de lodos, no se aplicó el refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019.

Tabla 231. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residual: resumen de los métodos y factores de emisión aplicados por subcategoría y tipo de GEI para 2022

Categoría / Subcategoría	CHA		N2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
5.D. Eliminación y tratamiento de aguas residuales	T1	D	T1, NA	D, NA
5.D.1. Aguas residuales domésticas	T1	D	T1	D
5.D.2. Aguas residuales industriales	T1	D	NA	NA
Nomenclatura Notaciones generales: NA (No aplica), NO (No ocurre), NE (No estimado) Notaciones para especificar el método aplicado: D (por defecto del IPCC) T1a, T1b, T1c (Tier 1a, Tier 1b y Tier 1c del IPCC, respectivamente) CR (CORINAIR) RA (Enfoque de referencia) T2 (Nivel 2 del IPCC) CS (Específico por país) T1 (IPCC Tier 1) T3 (Nivel 3 del IPCC) OTH (Otros)				
Notaciones para especificar factores de emisión utilizados D (por defecto del IPCC) CS (Específico del país) OTH (Otro) CR (CORINAIR) PS (Específico de la planta) M (modelo)				

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.5.2.1 Datos de actividad de la categoría

Para la obtención de los datos de actividad, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del método establecido para el cálculo, basado en la aplicación de las ecuaciones correspondientes. A continuación, se presenta una explicación detallada sobre la obtención de los datos de actividad utilizados en la estimación de las emisiones de esta categoría.

a. Población urbana:

Fuente: Ecuador, proyección de población por áreas y años calendario, según provincias y cantones o (2010 - 2025). Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME).

Detalle: A partir de los datos a nivel cantonal, se obtiene el total de la población nacional, diferenciando entre población urbana y rural. Cabe destacar que, según la información proporcionada por el INEC, para la estimación de las emisiones de esta categoría no se considerarán las zonas no delimitadas en el cálculo del dato de actividad. Esto se debe a que las "Proyecciones de población a nivel cantonal" del INEC, basadas en el Censo de 2010, son nuestra fuente principal de datos demográficos. Es importante señalar que estas proyecciones incluyen zonas no delimitadas, que representan áreas geográficas con desafíos en la definición precisa de sus límites administrativos.

Para los años comprendidos entre 1994 y 2006, se realizó una retroproyección basada en los datos del Censo 2010. Esta estimación tomó como referencia la población urbana utilizando la información del INEC de ese año y aplicando la tasa de crecimiento correspondiente.

b. Fracción del grupo de ingresos de la población (U)

Fuente: Indicadores de Coyuntura, Reporte de Pobreza, Ingreso y Desigualdad, (INEC).

Detalle: Con la información disponible, se calculará el porcentaje de la población en situación de pobreza tanto en áreas rurales como urbanas de ingresos bajos. Para obtener el porcentaje de la población urbana de altos ingresos, se restó el porcentaje de ingresos bajos del total de la población urbana. Luego, se calcularon las fracciones correspondientes a la población urbana de ingresos altos y bajos, así como la fracción del área urbana total. Estos cálculos se realizaron para los años 2006 a 2022, mientras que para los años 1994 y 2000 se realizó una extrapolación basada en los datos de 2006.

c. Consumo medio anual per capita de proteína

Fuente: Food And Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division (FAOSTAT), Statistics Division

Detalle: Para la obtención del dato de actividad anual, se toman como referencia los datos proporcionados por la plataforma FAOSTAT, que ofrece estimaciones a nivel nacional. Esta fuente se utiliza consistentemente para todos los años del inventario.

d. Producción industrial

Fuente: Encuesta Estructural Empresarial, Tabulados Productos, INEC.
Encuesta de Manufactura y Minería, Tomo 2, INEC

Detalle: Se utilizaron los valores de producción anual de las principales industrias fabricantes del país. A continuación, se detallan las especificaciones de los datos de actividad obtenidos:

- Para facilitar la comprensión, se asignan códigos a cada producto de las industrias fabricantes según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), siguiendo las directrices del IPCC 2006.
- En el caso de los productos de refinería, los datos provienen del Balance Energético Nacional, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas.
- Dado que la fuente de información se basa en encuestas, los datos pueden variar anualmente.
- Para los años 1994 a 2014, los datos se obtuvieron de la Encuesta de Manufactura y Minería, Tomo 2, mientras que para el período 2016 a 2022, se utilizaron los tabulados de productos de la Encuesta Estructural Empresarial.

e. Producción de agua residual:

Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol_5, Cap_6, cuadro 6.9

Detalle: Se utilizan los valores por defecto establecidos en las Directrices del IPCC 2006, debido a la falta de datos específicos en el país. Como parte del plan correspondiente, se prevé mejorar la recopilación de estos datos en el futuro.

f. Demanda química de oxígeno (COD)

Fuente: Directrices IPCC 2006, Vol_5, Cap_6, cuadro 6.9

Detalle: Se utilizan los valores por defecto establecidos en las Directrices del IPCC 2006, debido a la falta de datos específicos en el país. Como parte del plan correspondiente, se prevé mejorar la recopilación de estos datos en el futuro.

Tabla 232. Categoría Tratamiento y Descarga de Aguas Residuales: datos de actividad, serie 1994 – 2012

Dato de actividad	Unidas	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Población	(personas)	13.862.391	14.429.827	14.706.646	14.978.474	15.485.625	15.990.499	16.490.123	16.983.153	17.468.736	17.496.189	16.983.153
Fracción del grupo de ingresos de la población (U). Rural	(fracción)	0,57	0,75	0,61	0,22	0,49	0,35	0,38	0,40	0,49	0,42	0,41
Fracción del grupo de ingresos de la población (U). Urbana Ingresos altos	(fracción)	0,25	0,21	0,37	0,30	0,47	0,47	0,48	0,49	0,39	0,43	0,46
Fracción del grupo de ingresos de la población (U). Urbana Ingresos bajos	(fracción)	0,38	0,41	0,26	0,33	0,16	0,16	0,16	0,15	0,25	0,21	0,18
Dato de Producción - Refinado de alcohol	(T/año)	31155,03	14729,04	17107,99	31302,33	1365,49	25567,74	7.211,98	36.495,02	68.007,22	31.459,25	27.109,33
Dato de Producción - Malta y cerveza	(T/año)	524,71	358379,69	444635,97	527410,94	606468,25	487632,37	325.872,36	461.746,14	455.311,73	504.205,09	268.349,84
Dato de Producción - Café	(T/año)	45726,42	32714,88	18278,78	35271,02	9357,27	7481,79	10.466,27	14.393,05	10.017,60	10.385,88	12.390,93
Dato de Producción - Productos lácteos	(T/año)	15285,55	185623,34	279048,23	282023,74	4319115,41	433466,49	559.811,24	625.448,78	536.872,68	618.821,84	724.600,95
Dato de Producción - Procesamiento de pescado	(T/año)	30582,42	32515,67	64398,91	46323,22	1747966,90	54561,78	307.101,64	405.479,69	399.628,81	582.083,37	443.303,69
Dato de Producción - Carnes y aves	(T/año)	56037,45	98092,19	171865,40	190890,78	3076318,94	181946,51	264.479,62	312.664,70	395.314,09	529.634,19	361.960,21
Dato de Producción - Sustancias químicas orgánicas	(T/año)	7085,20	7755,88	540,17	123,63	0,00	1,19	38,47	18,58	0,00	1.026,41	15.056,38
Dato de Producción - Refinerías de petróleo	(T/año)	7521499,77	7521499,77	8923838,11	8146167,84	9068829,26	7521499,77	8.851.394,85	9.221.472,76	6.892.243,28	8.512.524,19	9.003.171,48
Dato de Producción - Plásticos y resinas	(T/año)	1928,31	58286,01	40860,02	48014,75	5446,72	580,86	29.904,36	24.696,75	67.799,90	27.488,05	39.638,80
Dato de Producción - Pulpa y Papel (combinados)	(T/año)	6243,50	106011,30	207697,01	99675,35	173619,09	139855,01	512.083,38	542.743,29	483.459,00	397.560,17	508.633,01
Dato de Producción - Jabón y detergentes	(T/año)	41578,51	71202,60	62754,53	72166,20	539910,15	129374,83	136.721,03	156.612,82	144.788,30	152.578,91	168.755,91
Dato de Producción - Producción de almidón	(T/año)	975,18	945,27	5111,65	5021,48	8127,73	721,41	539,25	695,43	695,43	1.718,58	1.454,19

Dato de actividad	Unidas	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
Dato de Producción - Refinación de azúcar	(T/año)	213083,10	332940,25	557041,49	505080,59	18308,20	481759,13	550.488,17	550.424,57	472.239,16	440.122,87	364.042,70
Dato de Producción - Aceites y vegetales	(T/año)	200880,11	240208,33	358045,56	442593,96	22561371,88	364860,94	852.279,24	779.008,68	756.980,51	1.163.086,53	657.647,09
Dato de Producción - Verduras, frutas y zumos	(T/año)	11586,46	702039,75	114339,56	100220,04	86841,29	15098,39	106.754,22	204.886,31	207.102,08	194.340,43	244.286,10
Dato de Producción - Vino y vinagre	(T/año)	631,35	1838,82	4435,88	3045,23	1740,57	90,69	1.448,98	3.390,19	2.196,95	3.362,27	1.969,06
Consumo de proteína per cápita	Kg/persona/año	19,71	20,44	21,9	26,09	25,83	25,92	24,65	24,00	25,40	25,20	24,75

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Debido a la falta de factores de emisión específicos para el país, se utilizaron los valores por defecto establecidos en las Directrices del IPCC 2006, sección 6.2.2.2 del Capítulo 6, Volumen 5. Los factores de emisión asociados a las aguas residuales domésticas se calculan en función del potencial máximo de generación de metano (Bo) y del factor de corrección específico del sistema de tratamiento o eliminación empleado. Estos factores permiten establecer una relación directa entre la carga orgánica presente en las aguas residuales y las emisiones de metano generados. La siguiente tabla presenta los factores de emisión de empleados.

Tabla 233. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: factores de emisión aplicados Aguas Residuales Domésticas

Fuente de GEI	GEI	Valor	Unidad
Componente orgánico degradable (DBO)	CH ₄	14,6	Kg/ DBO personas/año
Factor de corrección para descarga industrial BOD (I)	CH ₄	1,25	Adimensional
Máxima capacidad de producción de metano (Bo)	CH ₄	0,6	Kg CH ₄ /Kg BOD
Factor de corrección de metano para cada sistema de tratamiento	CH ₄	0,1 (alcantarillado)	Adimensional
		0,5 (pozo séptico)	
Grado de utilización de la vía de tratamiento o descarga	CH ₄	0 (Rural)	Fracción
	CH ₄	0,80 (Urbana ingresos altos)	Fracción
	CH ₄	0,40 (Urbana ingresos bajos)	Fracción
Lodo	CH ₄	0	Kg BOD/ año
Quema y recuperación de metano	CH ₄	0	Kg CH ₄ /año
Fracción de nitrógeno en la proteína	N ₂ O	0,16	Kg N/Kg proteína
Fracción de proteína no consumida	N ₂ O	1,1	Fracción
Fracción de descarga de proteína industrial y comercial	N ₂ O	1,25	Fracción
Nitrógeno removido con lodo	N ₂ O	0	Kg
Factor de Emisión	N ₂ O	0,005	Kg N ₂ O-N/Kg N
Factor de conversión de Kg N ₂ O-N en Kg N ₂ O	N ₂ O	1,57	Kg N ₂ O
Emisiones de plantas de descargas	N ₂ O	0	Kg N ₂ O/año

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Los factores de emisión para las aguas residuales industriales se calculan tomando en cuenta la capacidad máxima de producción de metano (Bo), junto con un factor de corrección específico para el tipo de tratamiento empleado. En la tabla siguiente se presentan los factores de emisión utilizados.

Tabla 34. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: factores de emisión aplicados Aguas Residuales Industriales

Fuente de GEI	GEI	Valor	Unidad
Capacidad máxima de producción de metano	CH ₄	0,25	Kg CH ₄ /Kg DQO
Factor de corrección de metano para cada sistema de tratamiento	CH ₄	0,1	Adimensional

Fuente de GEI	GEI	Valor	Unidad
Facto de emisión por cada tipo de tratamiento	CH ₄	0,025	Kg CH ₄ / Kg COD
Lodo removido en cada sector industrial	CH ₄	0	Kg COD/año
Metano removido en cada sector industrial	CH ₄	0	Kg CH ₄ /año

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.5.3 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada en la categoría

Ecuador presenta todos los requerimientos de flexibilidad, dentro de la tabla Flex_Summary de los Common Report Table (CRT). Por favor referirse a la mencionada matriz.

7.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

En cuanto a la estimación de incertidumbres, es importante señalar que, debido a la falta de datos nacionales específicos sobre la actividad relacionada con el tratamiento de aguas residuales domésticas, se adoptaron los valores por defecto de las Directrices del IPCC 2006 (Cuadro 6.7, Capítulo 6, Volumen 5) para las emisiones de metano y (Cuadro 6.11, Capítulo 6, Volumen 5) para las emisiones de óxido nitroso. Estos valores se emplearon tanto para los factores de emisión como para los datos de actividad. A continuación, la tabla resume los valores de incertidumbre asociados al tratamiento y descarga de aguas residuales de origen doméstico e industrial.

Tabla 234. Categoría Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales: incertidumbre combinada

Dato	GEI	Dato de Actividad		Factores de emisión	
		Tipo	Incertidumbre	Tipo	Incertidumbre
Aguas Residuales Domestica	CH ₄	Población humana (P)	5%	Capacidad máxima de producción de CH ₄ (B ₀)	30%
		BOD por persona	30%	Fracción tratada en condiciones anaeróbicas (MCF)	30%
		Fracción del grupo de ingresos de la población (U)	15%		
		Grado de utilización de la vía o el sistema de tratamiento y/o eliminación para cada grupo de ingresos (T _{ij})	5%		
		Incertidumbre	34,28%	Incertidumbre	42,43%
		Incertidumbre combinada		54,54%	
	N ₂ O	Tipo	Incertidumbre	Tipo	Incertidumbre
		Población humana (P)	10,00%	EF Efluente	90,00%
		Consumo anual de proteína per cápita	10,00%		

Dato	GEI	Dato de Actividad		Factores de emisión	
		Fracción de nitrógeno contenido en la proteína (kg. de N/kg. de proteína)	6,25%		
		Tplanta	20,00%		
		Factor de ajuste para la proteína no consumida FNON-CON	28,57%		
		FIND-COM	20,00%		
		Incertidumbre	43,07%	Incertidumbre	90,00%
	Incertidumbre combinada			99,78%	
Aguas Residuales Industriales	CH4	Tipo	Incertidumbre	Tipo	Incertidumbre
		Producción industrial	25,00%	Capacidad máxima de producción de metano (Bo)	30,00%
		Producción de aguas residuales /unidad de producción	100,00%	Factor de corrección para el metano (MCF)	30,00%
		Cantidad de COD/unidad de aguas residuales	50,00%		
		Incertidumbre	114,56%	Incertidumbre	42,43%
	Incertidumbre combinada			122,17%	

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

En lo correspondiente a la coherencia de la serie temporal de la categoría en el período 1994-2018, se utilizó como base la información poblacional del INEC, específicamente la "Proyección de la Población Ecuatoriana por años calendario, según regiones, provincias y sexo 2010-2020". A partir de esta fuente, se realizó una retroproyección para estimar la población en 1994, 2000 y 2006, aplicando la tasa de crecimiento del Censo de Población y Vivienda de 2010.

En cuanto a los datos de producción industrial, también proporcionados por el INEC, hasta 2010 se utilizó la Encuesta de Manufactura y Minería. Para los años 2012 y 2014, se continuó con los resultados de esta encuesta. A partir de 2016, así como en 2018, 2020, 2021 y 2022, los datos fueron extraídos de la Encuesta Estructural Empresarial (ENESEM), tras la unificación de encuestas industriales en 2017.

7.5.5 AC/CC de la categoría

El proceso de Aseguramiento y Control de Calidad (AC/CC) se presenta esquematizado en la siguiente tabla, conforme a las directrices del IPCC de 2006 para inventarios de gases de efecto invernadero.

Tabla 235. Actividades de AC/CC de la categoría

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 398 7600
www.ambiente.gob.ec

Actividades de AC/CC	Detalle
Actividades específicas de garantía de calidad	Las actividades garantía de calidad del INGEI estuvo a cargo de la iniciativa de creación de capacidades para la transparencia GBIT – GSP, siguiendo el protocolo de validación de tercera parte. Con base a este proceso de evaluación complementaria que contó con expertos sectoriales externos, se pudo validar la aplicación de las directrices del IPCC, en pro de la mejora del proceso de obtención y cálculo del INGEI del Ecuador.
Actividades específicas de control de la calidad	Gestión de datos de actividad: Los datos de actividad fueron obtenidos del INEC y la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME) en lo referente a información poblacional. Para los datos de producción industrial, se emplearon la Encuesta Estructural Empresarial y los "Tabulados Productos" del INEC, además de estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) para datos de proteína. Así mismo, los indicadores sociales y económicos se basaron en el "Reporte de Pobreza, Ingreso y Desigualdad" del INEC. Además, se generó un espacio de trabajo con actores clave que apoyaron en definir el mecanismo de recolección información adecuado. Gestión de hojas de trabajo: Las estimaciones anuales de emisiones del sector se organizan en una sola hoja de cálculo que compila todos los datos de actividad. Esta plantilla está vinculada a las hojas de datos y factores de emisión, lo que permite realizar los cálculos correspondientes de manera eficiente. Gestión de Control de Calidad: Se llevó a cabo un control de calidad interno con el apoyo del equipo de especialistas del Inventario del Proyecto 5CN/1RBT y el equipo técnico de la SCC del MAATE. Los resultados fueron presentados a actores sectoriales para recoger observaciones y establecer mejoras en el cálculo.

Actividades específicas de verificación

No se realizaron actividades específicas de verificación para las categorías del sector residuos

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

7.5.6 Nuevos cálculos de la categoría

Se realizó un proceso de recopilación de información para todos los años del inventario, permitiendo recalcular las emisiones para 1994, 2000, 2006, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021 y 2022. En este proceso, se emplearon las Directrices del IPCC de 1996 y 2006 para la estimación de gases de efecto invernadero, junto con los factores de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación (AR5). La tabla siguiente compara el inventario anterior con el actualizado, en lo que se refiere a la estimación de emisiones de esta categoría.

Tabla 236. comparación entre el inventario previo y el inventario actual (kt CO_{2eq})

Reporte	1994	2000	2006	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022
INGEI previo	221,81	367,52	481,01	405,57	664,31	748,50	843,50	884,41			
INGEI actual	370,86	546,90	666,74	558,87	916,74	672,39	1.072,33	1.136,18	1.085,73	1.009,15	1.100,95
Diferencia	149,05	179,38	185,73	153,30	252,43	-76,11	228,83	251,77			
Diferencia	50,30%	39,23%	32,36%	31,79%	31,93%	10,71%	23,89%	24,92%			

Elaborado por: MAATE/Proyecto 5CN1BTR

Fuente: Hoja Table8s1 de los CRT.

En esta categoría, a diferencia de lo establecido en la 4CN – 2IBA, se estiman y reportan las emisiones de CH₄ provenientes de las aguas residuales domésticas (ARD) del sistema de alcantarillado en áreas urbanas de ingresos altos y bajos, así como en zonas rurales. Esta estimación se realiza utilizando el Cuadro 6.5 del Volumen 5, Capítulo 6, del IPCC (Ref. 2019), y se basa en los valores sugeridos para la urbanización (U) y el nivel de aplicación de métodos de tratamiento o eliminación, de acuerdo con el grupo de ingresos (T_{ij}) de los países seleccionados.

7.5.7 Mejoras planificadas para la categoría

Las mejoras planificadas para esta categoría se alinean con las directrices del IPCC, con el fin de optimizar la precisión en la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Estas acciones buscan fortalecer los datos de actividad, mejorar la calidad de los cálculos y asegurar la coherencia con los estándares internacionales, promoviendo una gestión más eficiente de las emisiones. A continuación, se presentan las propuestas de mejora para su implementación:

- Fortalecer la colaboración entre el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATEE), la Agencia de Regulación y Control del Agua y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para optimizar la recolección y análisis de

datos sobre la gestión de aguas residuales domésticas e industriales, mediante la formalización de un convenio interinstitucional.

- Promover una mejor a los reportes estadísticos del INEC, como la Encuesta Estructural Empresarial, para asegurar la consistencia anual en los datos de producción nacional por tipo de industria, tomando en cuenta los lineamientos del IPCC.
- Desarrollar investigaciones que proporcionen información nacional sobre la generación de aguas residuales y la demanda química de oxígeno en las industrias.
- Colaborar con la Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, para automatizar, la generación de datos de actividad, relación al tratamiento y eliminación de aguas residuales, considerando las directrices del IPCC.
- Mejorar la normativa ambiental relacionada con la gestión de aguas residuales, para que la generación de información en cuanto a esta actividad, se genere tomando en cuenta las directrices del IPCC.

Es relevante mencionar que las actividades de mejora se recopilarán específicamente en el capítulo correspondiente al proyecto 5CN1BTR.

8 ANEXOS DEL DOCUMENTO DEL INVENTARIO NACIONAL

Anexo I: Categorías principales

Evaluación de tendencia incluyendo el sector UTCUTS

Código	Sector	Categorías de fuentes que deben evaluarse en el análisis de categorías principales de fuentes	Gases de efecto invernadero directo	Estimación del año base 1994 (kt CO ₂ -eq)	Estimación del año en curso (kt CO ₂ -eq)	Evaluación de tendencia Txj	Contribución a la tendencia	Total Acumulativo
3.B.1.a	UTCUTS	Tierras forestales que permanecen como tales (Incremento anual de biomasa)	CO ₂	8352.97	-16962.80	3.03229	0.312144	31.21%
3.B.2.b	UTCUTS	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	52226.71	36768.47	1.85157	0.190601	50.27%
1A3b	Energía	Transporte terrestre/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	3532.47	9721.88	0.74136	0.076316	57.91%
1A3b	Energía	Transporte terrestre/ Gasolina para motores	CO ₂	3865.24	9228.88	0.64245	0.066134	64.52%
3.B.5.b	UTCUTS	Tierras convertidas en asentamientos	CO ₂	1051.83	3954.44	0.34767	0.035789	68.10%
5A1	Desechos	Vertederos de residuos gestionados	CH ₄	8.08	3183.00	0.38029	0.039147	72.01%
2f	IPPU	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	CO ₂	0.00	1957.58	0.23448	0.024137	74.43%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	326.24	1961.60	0.19588	0.020164	76.44%
1A5	Energía	No especificado/ Gasolina para motores	CO ₂	0.00	1295.84	0.15521	0.015978	78.04%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Petróleo crudo	CO ₂	0.00	1276.16	0.15286	0.015735	79.61%
1A4b	Energía	Residencial/ Gases licuados de petróleo	CO ₂	1340.09	2606.12	0.15164	0.015610	81.18%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Fuelóleo residual	CO ₂	1250.78	2500.38	0.14968	0.015408	82.72%
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	1330.24	2112.75	0.09373	0.009648	83.68%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas Natural (seco)	CO ₂	0.00	760.17	0.09105	0.009373	84.62%
2A1	IPPU	Producción de Cemento	CO ₂	1147.40	1797.87	0.07791	0.008020	85.42%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Ganado no lechero Toros	CH ₄	1230.65	590.76	0.07665	0.007890	86.21%
1A5	Energía	No especificado/ Gases licuados de petróleo	CO ₂	0.00	619.96	0.07426	0.007644	86.97%
1A3d	Energía	Navegación marítima y fluvial/ Gas / Diesel Oil	CO ₂	393.37	988.70	0.07131	0.007340	87.71%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Ganado no lechero en crecimiento	CH ₄	3376.56	2807.77	0.06813	0.007013	88.41%
5D2	Desechos	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH ₄	30.09	595.26	0.06770	0.006969	89.11%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH ₄ Resto de Categorías de Ganado (No Bovinos)	CH ₄	740.59	227.64	0.06144	0.006325	89.74%

3.B.6.b	UTCUTS	Tierras convertidas en otras tierras	CO2	380.87	783.86	0.04827	0.004969	90.24%
3.B.3.b	UTCUTS	Tierras convertidas en tierras pastizales	CO2	780.40	1299.66	0.06220	0.006402	90.88%
1A4a	Energía	Comercial/Institucional/ Gas / Diesel Oil	CO2	0.00	451.05	0.05403	0.005561	91.43%
1A5	Energía	No especificado/ Gas / Diesel Oil	CO2	0.00	434.74	0.05207	0.005360	91.97%
1B2aii	Energía	Petróleo/ Producción	CH4	1842.65	2274.06	0.05167	0.005319	92.50%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH4 Ganado lechero	CH4	2530.91	2125.93	0.04851	0.004993	93.00%
3D	Agricultura	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas N2O Fertilizantes sintéticos	N2O	273.17	637.63	0.04365	0.004494	93.45%
3A1	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH4 Ganado no lechero vacas	CH4	1991.82	1657.63	0.04003	0.004121	93.86%
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Fuelóleo residual	CO2	1238.60	951.97	0.03433	0.003534	94.21%
1A4c	Energía	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías/ Gasolina para motores	CO2	100.54	371.74	0.03248	0.003344	94.55%
1B2aii	Energía	Petróleo/ Producción	CO2	1017.44	1255.65	0.02853	0.002937	94.84%

Evaluación de tendencia excluyendo el sector UTCUTS

Código	Sector	Categorías de fuentes que deben evaluarse en el análisis de categorías principales de fuentes	Gases de efecto invernadero directo	Estimación del año base 1994 (kt CO _{2-eq})	Estimación del año en curso (kt CO _{2-eq})	Evaluación de tendencia Txj	Contribución a la tendencia	Total Acumulado
1A3b	Energía	Transporte terrestre/ Gas / Diesel Oil	CO2	3532.47	9721.88	0.21732	0.171522	17.15%
1A3b	Energía	Transporte terrestre/ Gasolina para motores	CO2	3865.24	9228.88	0.18833	0.148638	32.02%
5A1	Desechos	Vertederos de residuos gestionados	CH4	8.08	3183.00	0.11148	0.087984	40.81%
2F	IPPU	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	CO2	0.00	1957.58	0.06874	0.054249	46.24%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas / Diesel Oil	CO2	326.24	1961.60	0.05742	0.045319	50.77%
1A5	Energía	No especificado/ Gasolina para motores	CO2	0.00	1295.84	0.04550	0.035910	54.36%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Petróleo crudo	CO2	0.00	1276.16	0.04481	0.035365	57.90%
1A4b	Energía	Residencial/ Gases licuados de petróleo	CO2	1340.09	2606.12	0.04445	0.035085	61.41%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Fuelóleo residual	CO2	1250.78	2500.38	0.04388	0.034629	64.87%
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Gas / Diesel Oil	CO2	1330.24	2112.75	0.02748	0.021685	67.04%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas Natural (seco)	CO2	0.00	760.17	0.02669	0.021066	69.15%
2A1	IPPU	Producción de Cemento	CO2	1147.40	1797.87	0.02284	0.018026	70.95%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH4 Ganado no lechero Toros	CH4	1230.65	590.76	0.02247	0.017733	72.72%
1A5	Energía	No especificado/ Gases licuados de petróleo	CO2	0.00	619.96	0.02177	0.017480	74.44%
1A3d	Energía	Navegación marítima y fluvial/ Gas / Diesel Oil	CO2	393.37	988.70	0.02090	0.016498	76.09%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH4 Ganado no lechero en crecimiento	CH4	3376.56	2807.77	0.01997	0.015762	77.67%
5D2	Desechos	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	30.09	595.26	0.01984	0.015662	79.23%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH4 Resto de Categorías de Ganado (No Bovinos)	CH4	740.59	227.64	0.01801	0.014215	80.65%
1A4a	Energía	Comercial/Institucional/ Gas / Diesel Oil	CO2	0.00	451.05	0.01584	0.012499	81.90%
1A5	Energía	No especificado/ Gas / Diesel Oil	CO2	0.00	434.74	0.01526	0.012048	83.11%
1B2aii	Energía	Petróleo/ Producción	CH4	1842.65	2274.06	0.01515	0.011955	84.30%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH4 Ganado lechero	CH4	2530.91	2125.93	0.01422	0.011223	85.43%
3D	Agricultura	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas N2O Fertilizantes sintéticos	N2O	273.17	637.63	0.01280	0.010100	86.44%
3A	Agricultura	Fermentación Entérica - Emisiones de CH4 Ganado no lechero vacas	CH4	1991.82	1657.63	0.01173	0.009261	87.36%
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Fuelóleo residual	CO2	1238.60	951.97	0.01006	0.007943	88.16%
1A4c	Energía	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías/ Gasolina para motores	CO2	100.54	371.74	0.00952	0.007515	88.91%
1B2aii	Energía	Petróleo/ Producción	CO2	1017.44	1255.65	0.00836	0.006601	89.57%
1A2	Energía	Industrias manufactureras y de la construcción/ Gases licuados de petróleo	CO2	47.50	268.17	0.00775	0.006115	90.18%
3B	Agricultura	Manejo de Estiercol - Emisiones de CH4 Ganado porcino	CH4	315.49	111.46	0.00716	0.005654	90.74%
1A3a	Energía	Aviación civil/ Queroseno para motor de reacción	CO2	505.40	310.28	0.00685	0.005407	91.29%
1A5	Energía	No especificado/ Queroseno para motor de reacción	CO2	0.00	178.14	0.00625	0.004937	91.78%
1A3e	Energía	Otro tipo de transporte/ Petróleo crudo	CO2	250.14	425.23	0.00615	0.004852	92.26%
1A1	Energía	Industrias de la energía/ Gas de refinaria	CO2	48.74	219.88	0.00601	0.004743	92.74%
1A4a	Energía	Comercial/Institucional/ Gases licuados de petróleo	CO2	0.00	167.52	0.00588	0.004642	93.20%
5D1	Desechos	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4, N2O	340.76	505.69	0.00579	0.004571	93.66%
3C	Agricultura	Cultivo de Arroz - Emisiones de CH4	CH4	1403.04	1239.95	0.00573	0.004520	94.11%
2A4	IPPU	Otros usos de los carbonatos en los procesos	CO2	55.17	213.36	0.00555	0.004384	94.55%
2A2	IPPU	Producción de Cal	CO2	49.86	179.06	0.00454	0.003580	94.91%

Anexo II: Evaluación de la incertidumbre

Inventory sector	IPCC category code	IPCC category name	Gas	Base year emissions or removals	Year t emissions or removals	Activity data uncertainty	Emission factor / estimation parameter uncertainty	Combined uncertainty	Contribution to variance by category in year t	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor / estimation parameter uncertainty	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Uncertainty introduced into the trend in total national emissions
				kt CO ₂ eq	kt CO ₂ eq	%	%	%		%	%	%
AGRICULTURA	3.F	Field burning of agricultural residues	N2O	10,11	10,76	45	75	87	0	0,01	0,01	0
AGRICULTURA	3.G	Liming	CO2	11,64	23,79	60	20	63	0	0	0,02	0
AGRICULTURA	3.F	Field burning of agricultural residues	CH4	41,19	43,86	55	75	93	0,002	0,05	0,04	0
AGRICULTURA	2.H	Urea Application	CO2	97,78	159,22	25	30	39	0,005	0,02	0,06	0
AGRICULTURA	3.B	Manure management	N2O	414,83	316,59	20	50	54	0,037	0,23	0,09	0,06
AGRICULTURA	3.B	Manure management	CH4	594,32	331,18	20	20	28	0,011	0,1	0,1	0,02
AGRICULTURA	3.D	Indirect soil emissions	N2O	614,92	718,2	25	30	39	0,101	0,32	0,26	0,17
AGRICULTURA	3.D	Direct soil emissions	N2O	1009,27	1475,36	25	30	39	0,426	0,65	0,54	0,71
AGRICULTURA	3.C	Rice cultivation	CH4	1403,04	1239,95	35	20	40	0,321	0,01	0,64	0,4
AGRICULTURA	3.A	Enteric fermentation	CH4	9870,53	7409,73	20	20	28	5,638	2,17	2,17	9,41
Energía	1A1	Industrias de la energía - Petróleo crudo	CO2	0	1,276,16	5	7	9	0,015	0,1	0,1	0
Energía	1B2biv	Gas natural - Transmisión y almacenamiento	CO2	0	0,01	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Queroseno para motor de reacción	CH4	0	0,01	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Coque de petróleo	CH4	0	0,01	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A3d	Navegación marítima y fluvial - Gasolina para motores	CH4	0	0,01	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1B2bi	Gas natural - Exploración	CH4	0	0,01	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1B2ai	Petróleo - Exploración	N2O	0	0,01	5	500	500	0	0	0	0
Energía	1B2bii	Gas natural - Producción	N2O	0	0,01	5	500	500	0	0	0	0
Energía	1B2bi	Gas natural - Exploración	CO2	0	0,02	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1B2biii	Gas natural - Procesamiento	CO2	0	0,02	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas de vertedero	CH4	0	0,02	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Queroseno para motor de reacción	N2O	0	0,02	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas de vertedero	N2O	0	0,02	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gases licuados de petróleo	CH4	0	0,03	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Carbón de coque	CH4	0	0,03	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gases licuados de petróleo	N2O	0	0,03	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Coque de petróleo	N2O	0	0,03	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gases licuados de petróleo	N2O	0	0,03	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Carbón de coque	N2O	0	0,04	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gas Natural (seco)	CH4	0	0,05	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gas Natural (seco)	N2O	0	0,05	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Fuelóleo residual	N2O	0	0,05	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gases licuados de petróleo	N2O	0	0,07	5	150	150	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Gases licuados de petróleo	N2O	0	0,07	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gas / Diesel Oil	N2O	0	0,07	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gasolina para motores	CH4	0	0,09	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Fuelóleo residual	CH4	0	0,09	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A3a	Aviación civil - Gasolina para aviación	N2O	0	0,11	5	150	150	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gas / Diesel Oil	CH4	0	0,12	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gases licuados de petróleo	CH4	0	0,14	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Queroseno para motor de reacción	CH4	0	0,21	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1B2aiv	Petróleo - Refinación y almacenamiento	N2O	0	0,22	5	500	500	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gases licuados de petróleo	N2O	0	0,26	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gases licuados de petróleo	CH4	0	0,28	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas Natural (seco)	N2O	0	0,36	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Gases licuados de petróleo	CH4	0	0,37	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas Natural (seco)	CH4	0	0,38	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Queroseno para motor de reacción	N2O	0	0,4	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Biogásolina	CH4	0	0,47	5	338	338	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gas / Diesel Oil	CH4	0	0,49	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Óleos de desecho	CH4	0	0,56	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)	CH4	0	0,69	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Óleos de desecho	N2O	0	0,7	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)	N2O	0	0,87	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gas / Diesel Oil	N2O	0	0,93	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Gas / Diesel Oil	N2O	0	0,97	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1B2bii	Gas natural - Producción	CO2	0	1,17	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Petróleo crudo	CH4	0	1,46	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gasolina para motores	CH4	0	1,57	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Gas / Diesel Oil	CH4	0	1,7	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A3d	Navegación marítima y fluvial - Gasolina para motores	CO2	0	1,96	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A4b	Residencial - Gas Natural (seco)	CO2	0	1,98	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gases licuados de petróleo	CH4	0	2,15	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Petróleo crudo	N2O	0	2,77	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gasolina para motores	N2O	0	2,97	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1B2bv	Gas natural - Distribución	CH4	0	4,19	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1B2biv	Gas natural - Transmisión y almacenamiento	CH4	0	4,82	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1B2ai	Petróleo - Exploración	CO2	0	7,37	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1B2biii	Gas natural - Procesamiento	CH4	0	7,46	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1B2aiv	Petróleo - Refinación y almacenamiento	CH4	0	8,03	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Queroseno para motor de reacción	CO2	0	9,59	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Biogásolina	N2O	0	10,05	5	300	300	0,001	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Carbón de coque	CO2	0	10,16	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1B2ai	Petróleo - Exploración	CH4	0	14,02	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A3a	Aviación civil - Gasolina para aviación	CO2	0	14,67	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Coque de petróleo	CO2	0	17,06	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1B2bii	Gas natural - Producción	CH4	0	19,98	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Fuelóleo residual	CO2	0	24,54	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gas / Diesel Oil	CO2	0	32,4	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Óleos de desecho	CO2	0	48,67	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1B2aiv	Petróleo - Refinación y almacenamiento	CO2	0	55,94	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gases licuados de petróleo	CO2	0	64,86	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gases licuados de petróleo	CO2	0	67,93	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa)	CO2	0	75,29	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gases licuados de petróleo	CO2	0	78,24	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gas Natural (seco)	CO2	0	97,8	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Gases licuados de petróleo	CO2	0	167,52	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Queroseno para motor de reacción	CO2	0	178,14	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gas / Diesel Oil	CO2	0	434,74	5	7	9	0,002	0	0	0

Energía	1A4a	Comercial/Institucional - Gas / Diesel Oil	CO2	0	451,05	5	7	9	0,002	0	0	0
Energía	1A5	No especificado - Gases licuados de petróleo	CO2	0	619,96	5	7	9	0,004	0,1	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas Natural (seco)	CO2	0	760,17	5	7	9	0,005	0,1	0,1	0
Energía	1A5	No especificado - Gasolina para motores	CO2	0	1.295,84	5	7	9	0,016	0,1	0,1	0
Energía	1B2aiii	Petróleo - Transporte	CO2	0,01	0,01	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gasolina para motores	N2O	0,01	0,16	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas de refinación	N2O	0,02	0,1	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas de refinación	CH4	0,02	0,11	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gases licuados de petróleo	N2O	0,02	0,11	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gases licuados de petróleo	CH4	0,02	0,12	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A3a	Aviación civil - Queroseno para motor de reacción	CH4	0,1	0,06	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gasolina para motores	N2O	0,23	0,85	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A3e	Otro tipo de transporte - Petróleo crudo	CH4	0,29	0,49	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas / Diesel Oil	CH4	0,37	2,22	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gasolina para motores	CH4	0,41	1,5	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A3e	Otro tipo de transporte - Petróleo crudo	N2O	0,54	0,92	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A4b	Residencial - Gases licuados de petróleo	N2O	0,56	1,09	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas / Diesel Oil	N2O	0,7	4,21	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A3d	Navegación marítima y fluvial - Gas / Diesel Oil	CH4	1,04	2,62	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Fuelóleo residual	CH4	1,34	1,03	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Fuelóleo residual	CH4	1,36	2,71	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gas / Diesel Oil	CH4	1,51	2,4	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Madera / Desechos de Madera	CH4	2,44	1,85	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Fuelóleo residual	N2O	2,54	1,96	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Fuelóleo residual	N2O	2,57	5,14	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A3d	Navegación marítima y fluvial - Gas / Diesel Oil	N2O	2,81	7,07	5	140	140	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gas / Diesel Oil	N2O	2,85	4,53	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gasolina para motores	CO2	2,95	70,73	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A4b	Residencial - Gases licuados de petróleo	CH4	2,97	5,78	5	50	50	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Madera / Desechos de Madera	N2O	3,07	2,34	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1B2aiii	Petróleo - Transporte	CH4	3,14	4,12	5	30	30	0	0	0	0
Energía	1A3a	Aviación civil - Queroseno para motor de reacción	N2O	3,75	2,3	5	150	150	0	0	0	0
Energía	1B2aii	Petróleo - Producción	N2O	4,02	4,96	5	500	500	0,001	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gas / Diesel Oil	CH4	5,21	14,33	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Otra biomasa sólida primaria	CH4	7,18	6,49	5	100	100	0	0	0	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Otra biomasa sólida primaria	N2O	9,06	8,18	5	267,5	268	0,001	0	0	0
Energía	1A4b	Residencial - Madera / Desechos de Madera	N2O	21,34	6,89	5	267,5	268	0	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gasolina para motores	N2O	47,3	112,93	5	150	150	0,037	0,2	0	0,1
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gases licuados de petróleo	CO2	47,5	268,17	5	7	9	0,001	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas de refinación	CO2	48,74	219,88	5	7	9	0	0	0	0
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gas / Diesel Oil	N2O	49,27	135,59	5	150	150	0,053	0,3	0	0,1
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gasolina para motores	CH4	51,54	123,05	5	100	100	0,019	0,1	0	0
Energía	1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías - Gasolina para motores	CO2	100,54	371,74	5	7	9	0,001	0	0	0
Energía	1A4b	Residencial - Madera / Desechos de Madera	CH4	169,08	54,6	5	50	50	0,001	0	0	0
Energía	1A3e	Otro tipo de transporte - Petróleo crudo	CO2	250,14	425,23	5	7	9	0,002	0	0	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Gas / Diesel Oil	CO2	326,24	1.961,60	5	7	9	0,037	0,2	0,1	0,1
Energía	1A3d	Navegación marítima y fluvial - Gas / Diesel Oil	CO2	393,37	988,7	5	7	9	0,009	0	0,1	0
Energía	1A3a	Aviación civil - Queroseno para motor de reacción	CO2	505,4	310,28	5	7	9	0,001	0	0	0
Energía	1B2aii	Petróleo - Producción	CO2	1.017,44	1.255,65	5	30	30	0,187	0,1	0,1	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Fuelóleo residual	CO2	1.238,60	951,97	5	7	9	0,009	0	0,1	0
Energía	1A1	Industrias de la energía - Fuelóleo residual	CO2	1.250,78	2.500,38	5	7	9	0,059	0,1	0,2	0
Energía	1A2	Industrias manufactureras y de la construcción - Gas / Diesel Oil	CO2	1.330,24	2.112,75	5	7	9	0,042	0,2	0,2	0,1
Energía	1A4b	Residencial - Gases licuados de petróleo	CO2	1.340,09	2.606,12	5	7	9	0,065	0,3	0,2	0,1
Energía	1B2aii	Petróleo - Producción	CH4	1.842,65	2.274,06	5	30	30	0,614	1	0,2	1
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gas / Diesel Oil	CO2	3.532,47	9.721,88	5	7	9	0,898	0,5	0,7	0,7
Energía	1A3b	Transporte terrestre - Gasolina para motores	CO2	3.865,24	9.228,88	5	7	9	0,809	0,4	0,7	0,6
Procesos Industriales	2.F.3	Fire protection	HFCs	0	0,02	10	25	27	0	0	0	0
Procesos Industriales	2.F.6	Other applications	HFCs	0	0,28	35	25	43	0	0	0	0
Procesos Industriales	2.F.1	Refrigeration and air conditioning	HFCs	0	1.957,58	35	25	43	0,91	0,72	1	1,52
Procesos Industriales	2.D.2	Paraffin wax use	CO2	0,34	0,13	102	100	143	0	0	0	0
Procesos Industriales	2.D.1	Lubricant use	CO2	4,33	3,02	53,9	50	73	0	0	0	0
Procesos Industriales	2.A.3	Glass production	CO2	5,29	8,11	60,8	60	85	0	0	0	0
Procesos Industriales	2.C.1	Iron and steel production	CO2	10,88	86,67	26,9	25	37	0,001	0,03	0,03	0
Procesos Industriales	2.A.2	Lime production	CO2	49,86	179,06	23,6	30	38	0,006	0,1	0,1	0
Procesos Industriales	2.A.4	Other process uses of carbonates	CO2	55,17	213,36	5,7	5	8	0	0	0	0
Procesos Industriales	2.A.1	Cement production	CO2	1.147,40	1.797,87	21,7	23	32	0,415	0,2	0,6	0,4
RESIDUOS	5.C	Incineration and open burning of waste	CO2	0	16,88	30	40	50	0	0,01	0,01	0
RESIDUOS	5.B	Biological Treatment of Solid Waste	N2O	0,13	2,68	30	50	58	0	0	0	0
RESIDUOS	5.B	Biological Treatment of Solid Waste	CH4	0,19	3,77	30	50	58	0	0	0	0
RESIDUOS	5.D	Wastewater Treatment and Discharge	N2O	125,16	192,66	43,1	90	100	0,047	0,25	0,12	0,08
RESIDUOS	5.D	Wastewater Treatment and Discharge	CH4	245,77	908,4	119,6	60	134	1,896	0,8	1,59	3,16
RESIDUOS	5.A	Solid waste disposal	CH4	526,87	3.665,93	52	69,6	87	13,024	3,74	2,79	21,74
UTCUTS	3.B.1.b	Land converted to Forest Land	CO2	-85,74	-51,36	25	50	56	0,001	0,04	0,02	0
UTCUTS	3.C.1.d	Biomass Burning	CO2	16,41	28,08			0	0	0	0	0
UTCUTS	3.B.4.b	Land converted to Wetlands	CO2	151,99	2,84	25	50	56	0	0	0	0
UTCUTS	3.B.6.b	Land converted to other Land	CO2	380,87	783,86	25	50	56	0,246	0,57	0,29	0,41
UTCUTS	3.B.3.b	Land converted to Grassland	CO2	780,4	1.299,66	25	75	79	1,355	1,43	0,48	2,26
UTCUTS	3.B.5.b	Land converted to Settlements	CO2	1.051,83	3.954,44	25	50	56	6,273	2,89	1,45	10,47
UTCUTS	3.B.1.a	Forest Land remaining Forest Land	CO2	8.352,97	16.962,80	1	4,7	5	0,853	1,17	0,25	1,42
UTCUTS	3.B.2.b	Land converted to Cropland	CO2	52.226,71	36.768,47	25	4,7	25	112,295	2,53	13,46	187,45
	Total			96.611,18	88.262,87			263 52	146,76			242,6
	Results							Percenta ge uncertai nty in total inventory :	12,1		Trend uncertainty	15,6

Anexo III: Agricultura

Base técnica y cálculo de los factores de emisión propios país para las categorías de ganado bovino en la estimación de emisiones por fermentación entérica.

Las Directrices del IPCC 2006 en el capítulo 10 del volumen 4 correspondiente al sector agregado AFOLU detallan que el método Tier II para fermentación entérica es un método más complejo que requiere datos detallados y específicos del país referido a ingesta de energía bruta y a factores de conversión en metano para categorías específicas de ganado. Así también se enfatiza que este método debe utilizarse si la fermentación entérica es una categoría de fuente principal para la categoría de animales que representa una gran parte de las emisiones totales del país.

El principal proveedor de información para el cálculo del factor de emisión es el Proyecto “Ganadería Climáticamente Inteligente” ejecutado por el Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). Dicho proyecto se ha estructurado en cuatro componentes, uno de ellos es el “Fortalecimiento de la coordinación y de las capacidades institucionales para incorporar el enfoque de ganadería climáticamente inteligente en la gestión del territorio y en el desarrollo de instrumentos y políticas pecuarias”. Como uno de los productos esperados de dicho componente se incluye la construcción de la propuesta para una Acción Nacional Apropriada de Mitigación (NAMA, por sus siglas en inglés), siendo la elaboración del escenario de línea base parte de las actividades a desarrollar para alcanzar este producto.

INFORMACIÓN DE PARÁMETROS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE LA INGESTA DE ENERGÍA BRUTA Y EL FACTOR DE CONVERSIÓN DE METANO.

Metodología para la obtención de los datos

La metodología de cuantificación de emisiones directas se dividió en tres etapas: (i) Cálculo y distribución espacial de la muestra, (ii) Levantamiento y depuración de datos, y (iii) Cálculo de emisiones. El detalle de las primeras dos etapas correspondientes a la obtención de la información usada para el cálculo del factor de emisión propio del inventario a continuación:

Cálculo y distribución espacial de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra se trabajó de manera conjunta con la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA) del MAG,

utilizando información base que permitió capturar la diversidad en el manejo de los sistemas ganaderos. Para ello, se recopiló la base de datos del estudio "Sistemas Productivos", generado con base al mapa de "Cobertura y Uso de la Tierra" bajo el marco de los proyectos "Levantamiento de Cartografía Temática" a escala 1:25000, y "Gestión del Territorio a Nivel Nacional", implementados por el Instituto Especial Ecuatoriano (IEE) y SIGTIERRAS en el período 2010 – 2016. El estudio caracteriza a los sistemas ganaderos en cuatro tipos: (a) Marginal (emplea prácticas tradicionales, los ingresos se basan en la venta de mano de obra y genera pocos excedentes e intercambio de productos); (b) Mercantil (se articula con el mercado de consumo, usa la fuerza de trabajo familiar, existe intercambio de excedentes y subsistencia); (c) Combinado (semi-tecnificado, mano de obra asalariada y la producción se destina al mercado nacional); y, (d) Empresarial (altamente tecnificado, mano de obra asalariada, producción destinada a la agroindustria y mercado de exportación) (MAGAP, 2008).

Levantamiento y depuración de datos

Para el levantamiento de datos, se desarrolló una encuesta digital en la plataforma Open Data Kit (ODK), la cual fue piloteada en las tres regiones del territorio continental. Se desarrollaron cuatro talleres de capacitación a los encuestadores y el levantamiento de información en campo se realizó entre agosto y octubre de 2017 con equipos conformados por el personal del Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente (PGCI), MAG, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y MAE. Una vez finalizado el levantamiento en campo, se desarrolló la depuración de datos, consolidando una base de 419 encuestas válidas.

Desde agosto de 2017, el proyecto desarrolló mediante talleres participativos a nivel parroquial actividades como: levantamiento de línea base con asociaciones de productores; análisis de vulnerabilidad local; sondeo de voluntades políticas y de cooperación interinstitucional; validación y priorización de buenas prácticas ganaderas; y, diagnósticos rurales participativos. Estos eventos participativos han permitido dar los primeros pasos para posicionar el Proyecto GCI a nivel de asociaciones. Esto ha hecho que se despierte el interés de actores locales (principalmente autoridades de MAE, MAG y presidentes de GADs parroquiales), de ampliar el alcance geográfico del proyecto, específicamente en Imbabura y Loja.

Parámetros levantados por GCI y usados para el cálculo de ingesta de energía bruta del ganado bovino

Descripción	Unidad
Tasa de mortalidad de terneras	%
Tasa de mortalidad de terneros	%
Tasa de mortalidad de animales adultos	%
Edad al primer parto	Años
Peso vivo vacas	kg
Peso vivo toros	kg
Peso vivo terneros y terneras	kg

Peso al matadero vaconas	kg
Peso de vacas al descarte	kg
Tasa de reemplazo de hembras fértiles	%
Peso al matadero toretes	kg
Tasa de reemplazo de vacas	%
Tasa de descarte de vacas	&
Tasa de fertilidad	%
Producción de leche	l/vaca/día
Período de lactancia	días
Grasa en la leche	%
Proteína en la leche	%
Sistema manejo estiércol: Corral de engorde	%
Sistema manejo estiércol: Almacenaje de sólidos	%
Sistema manejo estiércol: Compostaje	%
Sistema manejo estiércol: Biodigestor anaeróbico	%
Sistema manejo estiércol: Distribución diaria en pasturas	%
Sistema manejo estiércol: Laguna anaeróbica no cubierta	%
Sistema manejo estiércol: Líquido/fango	%
Sistema manejo estiércol: Quemado para combustible	%
Sistema manejo estiércol: Pasturas, sin manejo	%
Digestibilidad de la dieta de vacas	(%)promedio ponderado
Contenido de Nitrógeno de la dieta de vacas	g N/kg MS
Digestibilidad de la dieta de otras categorías bovinas	%
Contenido de Nitrógeno de la dieta de otras categorías bovinas	g N/kg MS
Porcentaje de Alimento N en la dieta de vacas	% MS
Porcentaje de Alimento N en la dieta de otras categorías bovinas	% MS

Registro de datos promedio de parámetros levantados por GCI --Muestra ejemplo

	Tasa de Fertilidad	Digestibilidad de la dieta de vacas	Digestibilidad de la dieta de otras categorías bovinas	Peso vivo vacas	Peso vivo toros	Peso vivo terneros y terneras	Peso al matadero vacas	Peso al matadero foretes	Grasa de leche	Producción de leche	Suma de Ganancia de peso de Hembras	Suma de Ganancia de peso de Machos
Categorización	Promedio de FR	Promedio de AFLCIDE	Promedio de OTLCIDE	Promedio de AFKG	Promedio de AMKG	Promedio de CKG	Promedio de MFSKG	Promedio de MMSKG	Promedio de MILK_FAT	Promedio de MILK_YIELD		
AMAZONIA	91,0	54,8	54,7	426,6	510,7	31,6	307,1	305,9	3,2	5,7	1,879	2,274
Carne	91,0	54,3	54,3	427,9	460,0	33,3	339,3	336,9	3,2	4,6	0,935	1,012
MARGINAL	91,0	54,3	54,3	398,3	436,9	33,5	331,9	254,8	3,2	4,4	0,457	0,506
MERCANTIL	91,0	54,4	54,4	457,5	483,2	33,0	346,6	418,9	3,2	4,7	0,477	0,506
Leche	91,0	55,3	55,0	425,2	561,3	30,0	274,9	274,9	3,2	6,7	0,945	1,262
MARGINAL	91,0	54,6	54,6	385,7	600,5	32,4	265,4	265,4	3,2	6,1	0,406	0,653
MERCANTIL	91,0	56,0	55,4	464,7	522,2	27,5	284,4	284,4	3,2	7,3	0,539	0,609
COSTA	76,0	55,2	55,0	518,0	516,2	32,1	295,9	301,2	4,0	5,5	3,769	3,891
Carne	76,0	54,7	54,7	430,6	535,6	33,1	346,9	357,5	4,0	5,1	1,711	2,208
COMBINADO	76,0	54,7	54,7	425,0	600,0	47,5	387,5	387,5	4,0	6,0	0,460	0,673
EMPRESARIAL	76,0	54,7	54,7	337,3	410,4	25,0	282,1	296,1	4,0	4,5	0,314	0,387
MARGINAL	76,0	54,7	54,7	372,2	574,6	30,1	300,8	337,1	4,0	5,3	0,404	0,642
MERCANTIL	76,0	54,7	54,7	588,0	557,5	29,8	417,2	409,4	4,0	4,7	0,534	0,505
Leche	76,0	55,6	55,2	605,4	496,8	31,1	244,9	244,9	4,0	5,8	2,058	1,683
COMBINADO	76,0	55,8	55,5	452,5	451,3	30,6	220,1	220,1	4,0	6,5	0,409	0,407
EMPRESARIAL	76,0	56,1	55,3	765,7	575,0	32,2	220,1	220,1	4,0	5,4	0,686	0,508
MARGINAL	76,0	54,7	54,7	576,1	393,7	30,0	296,6	296,6	4,0	6,0	0,419	0,279
MERCANTIL	76,0	55,8	55,5	627,4	567,0	31,4	242,8	242,8	4,0	5,3	0,544	0,489
SIERRA	72,0	57,6	57,2	400,5	506,7	28,4	257,2	287,6	3,7	8,6	2,813	3,641
Carne	72,0	55,1	55,1	375,7	513,3	30,3	307,5	378,4	3,7	4,8	1,107	1,540
EMPRESARIAL	72,0	54,7	54,7	363,6	727,3	36,4	318,2	395,3	3,7	4,0	0,336	0,710
MARGINAL	72,0	55,7	55,7	395,8	313,7	25,0	293,3	344,6	3,7	4,8	0,393	0,306
MERCANTIL	72,0	55,0	55,0	367,7	498,8	29,6	310,9	395,3	3,7	5,6	0,378	0,524
Leche	72,0	59,5	58,7	419,0	501,8	27,0	219,5	219,5	3,7	11,4	1,706	2,101
COMBINADO	72,0	60,6	59,4	397,1	569,3	31,0	204,3	204,3	3,7	18,1	0,449	0,660
EMPRESARIAL	72,0	62,8	61,6	409,8	560,5	21,1	200,0	200,0	3,7	14,0	0,444	0,617
MARGINAL	72,0	55,7	55,7	430,2	414,2	25,0	256,9	256,9	3,7	5,9	0,366	0,351
MERCANTIL	72,0	58,9	58,1	438,8	463,3	31,1	216,7	216,7	3,7	7,5	0,446	0,473

PROCESO DE CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN

Los datos desagregados a nivel de categoría, sistema productivo, finalidad de la producción (leche, carne) y región climática se integran para el cálculo de la ingesta de energía bruta, a partir de las siguientes fórmulas de cálculo establecidas por el IPCC en sus directrices del 2006.

Compilado de principales fórmulas utilizadas en el cálculo de las diferentes energías relacionadas al ganado bovino

ECUACIÓN 10.3 ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO

$$NE_m = Cf_i \cdot (Peso)^{0,75}$$

Donde:

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día⁻¹

Cf_i = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹

Peso = peso vivo del animal, kg.

ECUACIÓN 10.4 ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)

$$NE_a = C_a \cdot NE_m$$

Donde:

NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹

C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5, Coeficientes de actividad)

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

ECUACIÓN 10.6 ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)

$$NE_g = 22,02 \cdot \left(\frac{BW}{C \cdot MW} \right)^{0,75} \cdot WG^{1,097}$$

Donde:

NE_g = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹

BW = peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población, kg

C = es un coeficiente con un valor de 0,8 para hembras, 1,0 para castrados y 1,2 para toros (NRC, 1996)

MW = peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg

WG = aumento de peso diario promedio de los animales de la población, kg día⁻¹

ECUACIÓN 10.8 ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA (PARA VACUNOS DE CARNE, GANADO LECHERO Y BÚFALOS)

$$NE_l = Leche \cdot (1,47 + 0,40 \cdot Grasa)$$

Donde:

NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹

Leche = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹

Grasa = contenido graso de la leche, % por peso

ECUACIÓN 10.13 ENERGÍA NETA PARA PREÑEZ (PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)

$$NE_p = C_{preñez} \cdot NE_m$$

Donde:

NE_p = energía neta para la preñez, MJ día⁻¹

$C_{preñez}$ = coeficiente de preñez (véase el Cuadro 10.7)

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

ECUACIÓN 10.16
ENERGÍA BRUTA PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

GE = energía bruta, MJ día⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para la actividad animal (Ecuaciones 10.4 y 10.5), MJ día⁻¹

NE_l = energía neta para lactancia (Ecuaciones 10.8, 10.9 y 10.10), MJ día⁻¹

NE_{trabajo} = energía neta para el trabajo (Ecuación 10.11), MJ día⁻¹

NE_g = energía neta requerida para la preñez (Ecuación 10.13), MJ día⁻¹

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (Ecuación 10.14)

NE_a = energía neta para el crecimiento (Ecuaciones 10.6 y 10.7), MJ día⁻¹

NE_{lana} = energía neta requerida para producir un año de lana (Ecuación 10.12), MJ día⁻¹

REG = relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (Ecuación 10.15)

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

ECUACIÓN 10.21
FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTERICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right]$$

Donde:

EF = factor de emisión, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

GE = ingesta de energía bruta, MJ cabeza⁻¹ día⁻¹

Y_m = factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

El factor 55,65 (MJ/kg CH₄) es el contenido de energía del metano.

La formulas detalladas fueron utilizadas en el cálculo de cada una de las energías y factores intermedios para llegar finalmente a integrarse en la ingesta de energía bruta y a partir de ésta lograr la obtención del factor de emisión. En la siguiente tabla se muestran las principales variables, parámetros y consideraciones discretizadas utilizadas para el cálculo del factor de emisión en las diferentes subcategorías de animales bovinos.



REPÚBLICA
DEL ECUADOR



QUINTA
COMUNICACIÓN
NACIONAL
Y PRIMER REPORTE BIENAL
DE TRANSPARENCIA

Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

Matriz resumen de variables, parámetros y secuencia del cálculo del factor de emisión propio en FE.

Región	Subcategoría de Bovino	Modo de producción	Coefficiente energía neta para el mantenimientoCf (en frío)	Peso	Energía neta para el mantenimientoNEn MJ/día	Coefficiente de actividadCa	Energía Neta para la actividadNEa	Opción Blec he Kg/día	Grasa	Energía Neta para lactanciaNEl MJ/día	C preñez	Energía Neta para la preñez NEp	Tasa de FertilidadTf	NEp ajustada	peso corporal animal es de la poblaciónBW	peso corporal animal es de una hembra adulta MW	aumento de peso diario	Energía Neta para el crecimientoN E g	Digestibilidad DE%	Relación energía a disponible vs digerible REM	Relación energía a disponible vs digerible le	Ingesta de Energía brutaGE	GE en unidades de energía a ingesta de materia seca	DMI (NIVEL II) GE en unidades de energía a	Factor de Conversión de metanoYm	Factor de Emisión CH4 FEEF
AMAZONIA	Vacas Lecheras, 2 años en adelante	MARGINAL	0,3668	385,7	33,6	0,36	12,10	6,32	3,17%	9,366	0,1	3,360	91,00%	2,354	385,7	385,7	0	0,00	54,58	0,468	0,24	224,856	12,187	9,172	6,50%	95,86
		MERCANTIL	0,3668	464,7	38,6	0,36	13,91	7,49	3,17%	11,107	0,1	3,864	91,00%	2,707	464,7	464,7	0	0,00	55,95	0,475	0,25	249,514	13,524	11,394	6,50%	106,37
	Vacas, 2 años en adelante	MARGINAL	0,3028	398,3	28,7	0,36	10,34	4,55	3,17%	6,741	0,1	2,871	91,00%	2,011	398,3	398,3	0	0,00	54,30	0,466	0,23	188,812	10,234	9,412	7,00%	86,69
		MERCANTIL	0,3028	457,5	31,9	0,36	11,47	4,88	3,17%	7,235	0,1	3,185	91,00%	2,232	457,5	457,5	0	0,00	54,39	0,467	0,23	207,925	11,270	10,835	7,00%	95,46
	Toros, 2 años en adelante	MARGINAL	0,3508	436,9	35,4	0,36	12,73		0,00%			0,000	91,00%	0,000	436,9	436,9	0	0,00	54,30	0,466	0,23	189,957	10,296	10,324	7,00%	87,21
		MERCANTIL	0,3028	483,2	33,2	0,36	11,95		0,00%			0,000	91,00%	0,000	483,2	483,2	0	0,00	54,39	0,467	0,23	177,760	9,635	4,619	7,00%	81,61
	Vacunas lecheras, mayor a 1 año y menor a 2 años	MARGINAL	0,3028	265,4	21,2	0,36	7,62		0,00%			0,000	91,00%	0,000	265,4	385,7	0,406	7,32	54,58	0,468	0,24	169,548	9,190	2,947	6,50%	72,28
		MERCANTIL	0,3028	284,4	22,3	0,36	8,03		0,00%			0,000	91,00%	0,000	284,4	464,7	0,539	9,14	55,95	0,475	0,25	179,960	9,754	4,896	6,50%	76,72
	Vacunas, mayor a 1 año y menor a 2 años	MARGINAL	0,3028	331,9	25,0	0,36	9,01		0,00%			0,000	91,00%	0,000	331,9	398,3	0,457	9,62	54,30	0,466	0,23	210,390	11,403	5,498	7,00%	96,59
		MERCANTIL	0,3028	346,6	25,9	0,36	9,31		0,00%			0,000	91,00%	0,000	346,6	457,5	0,477	9,40	54,39	0,467	0,23	212,231	11,503	5,679	7,00%	97,44
	Toretes, mayor a 1 año y menor a 2 años	MARGINAL	0,3508	254,8	23,6	0,36	8,50		0,00%			0,000	91,00%	0,000	254,8	436,9	0,506	8,22	54,30	0,466	0,23	174,613	9,464	4,509	7,00%	80,17
		MERCANTIL	0,3508	418,9	34,3	0,36	12,33		0,00%			0,000	91,00%	0,000	418,9	483,2	0,506	11,09	54,39	0,467	0,23	247,673	13,424	6,546	7,00%	113,71
	Terneas lecheras, hasta 1 año	MARGINAL	0,3028	32,4	4,4	0,36	1,57		0,00%			0,000	91,00%	0,000	32,4	385,7	0,406	1,51	54,58	0,468	0,24	34,991	1,897	0,959	7,00%	16,06
		MERCANTIL	0,3028	27,5	3,9	0,36	1,39		0,00%			0,000	91,00%	0,000	27,5	464,7	0,539	1,59	55,95	0,475	0,25	31,236	1,693	0,675	7,00%	14,34

	Terneras hasta 1 año	MARGINAL	0,3028	33,5	4,5	0,36	1,62		0,00%			0,00	91,00%	0,00	0	33,5	398,3	0,45	7	1,72	54,3	0	0,466	0,23	37,706	2,044	0,625	7,00%	17,31
		MERCANTIL	0,3028	33,0	4,4	0,36	1,59		0,00%			0,00	91,00%	0,00	0	33,0	457,5	0,47	7	1,61	54,3	9	0,467	0,23	36,346	1,970	0,617	7,00%	16,69
	Terneros, hasta 1 año	MARGINAL	0,3508	33,5	5,2	0,36	1,86		0,00%			0,00	91,00%	0,00	0	33,5	436,9	0,50	6	1,80	54,3	0	0,466	0,23	38,154	2,068	0,985	7,00%	17,52
		MERCANTIL	0,3508	33,0	5,1	0,36	1,83		0,00%			0,00	91,00%	0,00	0	33,0	483,2	0,50	6	1,65	54,3	9	0,467	0,23	36,796	1,994	0,973	7,00%	16,89
COSTA	Vacas Lecheras, 2 años adelante	COMBINADO	0,3692	452,5	37,9	0,17	6,44	6,70	3,98%	9,954	0,1	3,787	76,00%	2,21	6	452,5	452,5	0	0,00	55,7	9	0,474	0,25	213,37	4	11,565	6,936	6,30%	88,17
		EMPRESARIAL	0,3692	765,7	56,2	0,17	9,55	5,60	3,98%	8,320	0,1	5,619	76,00%	3,28	7	765,7	765,7	0	0,00	56,1	3	0,476	0,25	289,33	5	15,682	10,290	6,30%	119,56
		MARGINAL	0,3692	576,1	45,4	0,36	16,34	6,13	3,98%	9,111	0,1	4,539	76,00%	2,65	6	576,1	576,1	0	0,00	54,7	3	0,469	0,24	286,54	3	15,531	8,313	6,50%	122,16
		MERCANTIL	0,3692	627,4	48,4	0,17	8,23	5,41	3,98%	8,039	0,1	4,839	76,00%	2,83	1	627,4	627,4	0	0,00	55,8	4	0,475	0,25	254,55	6	13,797	8,862	6,50%	108,52
	Vacas, 2 años en adelante	COMBINADO	0,3052	425,0	30,1	0,17	5,12	6,17	3,98%	9,165	0,1	3,014	76,00%	1,76	3	425,0	425,0	0	0,00	54,6	9	0,468	0,24	180,32	7	9,774	10,129	6,30%	74,51
		EMPRESARIAL	0,3052	337,3	25,3	0,17	4,31	4,65	3,98%	6,905	0,1	2,534	76,00%	1,48	3	337,3	337,3	0	0,00	54,6	9	0,468	0,24	148,49	5	8,049	3,528	6,30%	61,36
		MARGINAL	0,3052	372,2	27,3	0,36	9,82	5,45	3,98%	8,093	0,1	2,728	76,00%	1,59	6	372,2	372,2	0	0,00	54,7	5	0,469	0,24	182,34	7	9,883	3,798	7,00%	83,72
		MERCANTIL	0,3052	588,0	38,4	0,17	6,54	4,85	3,98%	7,210	0,1	3,845	76,00%	2,25	0	588,0	588,0	0	0,00	54,6	9	0,468	0,24	212,50	2	11,518	8,441	7,00%	97,56
	Toros, 2 años en adelante	COMBINADO	0,3532	600,0	44,9	0,17	7,63		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	600,0	600,0	0	0,00	54,6	9	0,468	0,24	204,87	4	11,104	8,570	6,30%	84,66
		EMPRESARIAL	0,3532	410,4	33,7	0,17	5,73		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	410,4	410,4	0	0,00	54,6	9	0,468	0,24	154,07	9	8,351	6,445	6,30%	63,67
		MARGINAL	0,3532	574,6	43,4	0,36	15,63		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	574,6	574,6	0	0,00	54,7	5	0,469	0,24	230,12	9	12,473	8,297	7,00%	105,66
		MERCANTIL	0,3532	557,5	42,5	0,36	15,28		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	557,5	557,5	0	0,00	54,6	9	0,468	0,24	225,33	6	12,213	8,111	7,00%	103,46
	Vacunas lecheras, mayor a 1 año y menor a 2 años	COMBINADO	0,3052	220,1	18,4	0,17	3,13		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	220,1	452,5	0,40	9	55,7	9	0,474	0,25	122,62	3	6,646	4,039	6,30%	50,67
		EMPRESARIAL	0,3052	220,1	18,4	0,17	3,13		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	220,1	765,7	0,68	6	56,1	3	0,476	0,25	128,84	8	6,984	4,039	6,30%	53,24
		MARGINAL	0,3052	296,6	23,0	0,36	8,28		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	296,6	576,1	0,41	9	54,7	3	0,469	0,24	168,91	8	9,155	5,052	7,00%	77,55
		MERCANTIL	0,3052	242,8	19,8	0,36	7,13		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	242,8	627,4	0,54	4	55,8	4	0,475	0,25	149,09	5	8,081	4,348	7,00%	68,45
	Vacunas, mayor a 1 año y menor a 2 años	COMBINADO	0,3052	387,5	28,1	0,17	4,78		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	387,5	425,0	0,46	0	54,6	9	0,468	0,24	208,32	9	11,292	6,174	6,30%	86,08

		EMPRESARI AL	0,3052	282,1	22,2	0,17	3,77		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	282,1	337,3	0,31	4,72	54,6	0,468	0,24	150,54	0	8,159	4,867	6,30%	62,20
		MARGINAL	0,3052	300,8	23,3	0,36	8,37		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	300,8	372,2	0,40	6,05	54,7	0,469	0,24	186,31	8	10,099	5,106	7,00%	85,54
		MERCANTIL	0,3052	417,2	29,7	0,36	10,7	0	0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	417,2	588,0	0,53	7,46	54,6	0,468	0,24	235,78	3	12,780	6,525	7,00%	108,25
	Toretas, mayor a 1 año y menor a 2 años	COMBINAD O	0,3532	387,5	32,3	0,17	5,49		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	387,5	600,0	0,67	8,96	54,6	0,468	0,24	216,70	1	11,745	6,174	6,30%	89,54
		EMPRESARI AL	0,3532	296,1	26,4	0,17	4,49		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	296,1	410,4	0,38	5,31	54,6	0,468	0,24	161,62	1	8,760	5,046	6,30%	66,78
		MARGINAL	0,3532	337,1	29,1	0,36	10,4	8	0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	337,1	574,6	0,64	7,93	54,7	0,469	0,24	215,19	6	11,664	5,562	7,00%	98,80
		MERCANTIL	0,3532	409,4	33,7	0,36	12,1	2	0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	409,4	557,5	0,50	7,20	54,6	0,468	0,24	234,27	1	12,698	6,434	6,30%	96,80
	Terneras lecheras, hasta 1 año	COMBINAD O	0,3052	30,6	4,2	0,17	0,71		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	30,6	452,5	0,40	0,95	55,7	0,474	0,25	27,947		1,515	0,921	6,30%	11,55
		EMPRESARI AL	0,3052	32,2	4,4	0,17	0,74		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	32,2	765,7	0,68	1,18	56,1	0,476	0,25	30,489		1,653	0,956	6,30%	12,60
		MARGINAL	0,3052	30,0	4,1	0,36	1,49		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	30,0	576,1	0,41	0,81	54,7	0,469	0,24	30,315		1,643	0,907	7,00%	13,92
		MERCANTIL	0,3052	31,4	4,3	0,36	1,54		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	31,4	627,4	0,54	1,04	55,8	0,475	0,25	32,142		1,742	0,937	6,30%	13,28
	Terneras hasta 1 año	COMBINAD O	0,3052	47,5	5,8	0,17	0,99		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	47,5	425,0	0,46	1,58	54,6	0,468	0,24	43,158		2,339	1,279	6,30%	17,83
		EMPRESARI AL	0,3052	25,0	3,6	0,17	0,61		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	25,0	337,3	0,31	0,77	54,6	0,468	0,24	24,449		1,325	0,790	6,30%	10,10
		MARGINAL	0,3052	30,1	4,1	0,36	1,49		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	30,1	372,2	0,40	1,08	54,7	0,469	0,24	33,181		1,798	0,909	7,00%	15,23
		MERCANTIL	0,3052	29,8	4,1	0,36	1,48		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	29,8	588,0	0,53	1,03	54,6	0,468	0,24	32,550		1,764	0,901	6,30%	13,45
	Terneros, hasta 1 año	COMBINAD O	0,3532	47,5	6,7	0,17	1,14		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	47,5	600,0	0,67	1,86	54,6	0,468	0,24	44,893		2,433	1,279	6,30%	18,55
		EMPRESARI AL	0,3532	25,0	4,1	0,17	0,70		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	25,0	410,4	0,38	0,83	54,6	0,468	0,24	25,316		1,372	0,790	6,30%	10,46
		MARGINAL	0,3532	30,1	4,8	0,36	1,71		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	30,1	574,6	0,64	1,30	54,7	0,469	0,24	35,184		1,907	0,909	7,00%	16,15
		MERCANTIL	0,3532	29,8	4,7	0,36	1,70		0,00%			0,00	76,00%	0,00	0	29,8	557,5	0,50	1,01	54,6	0,468	0,24	32,803		1,778	0,901	7,00%	15,06
SIERRA	Vacas Lecheras, 2 años adelante	COMBINAD O	0,4244	397,1	34,3	0,17	5,84	18,6	3,72%	27,656	0,1	3,434	72,00%	1,90	3	397,1	397,1	0,00	0,00	60,6	0,497	0,28	231,31	2	12,537	6,289	6,30%	95,58
		EMPRESARI AL	0,4244	409,8	35,2	0,17	5,98	14,3	3,72%	21,346	0,1	3,516	72,00%	1,94	9	409,8	409,8	0,00	0,00	62,8	0,506	0,30	202,63	4	10,983	6,439	6,30%	83,73
		MARGINAL	0,4244	430,2	36,5	0,36	13,1	6,12	3,72%	9,082	0,1	3,646	72,00%	2,02	1	430,2	430,2	0,00	0,00	55,7	0,474	0,25	229,88	5	12,460	6,678	6,50%	98,01

	MERCANTIL	0,4244	438,8	37,0	0,17	6,29	7,70	3,72%	11,426	0,1	3,701	72,00%	2,05 1	438,8	438,8	0,00	0,00	58,8 8	0,490	0,27	196,91 7	10,673	6,778	6,30%	81,37
Vacas, 2 años en adelante	EMPRESARI AL	0,3604	363,6	26,8	0,17	4,56	4,11	3,72%	6,106	0,1	2,681	72,00%	1,48 6	363,6	363,6	0,00	0,00	54,6 9	0,468	0,24	152,10 7	8,244	5,887	6,30%	62,85
	MARGINAL	0,3604	395,8	28,6	0,36	10,2 9	4,97	3,72%	7,378	0,1	2,858	72,00%	1,58 4	395,8	395,8	0,00	0,00	55,7 0	0,474	0,25	181,14 2	9,818	6,273	7,00%	83,17
	MERCANTIL	0,3604	367,7	27,0	0,17	4,60	5,78	3,72%	8,576	0,1	2,704	72,00%	1,49 9	367,7	367,7	0,00	0,00	54,9 6	0,470	0,24	161,46 0	8,751	5,936	6,30%	66,72
Toros, 2 años en adelante	EMPRESARI AL	0,4084	727,3	51,8	0,17	8,81		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	727,3	727,3	0,00	0,00	54,6 9	0,468	0,24	236,67 2	12,828	9,900	6,30%	97,79
	MARGINAL	0,4084	313,7	27,6	0,36	9,93		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	313,7	313,7	0,00	0,00	55,7 0	0,474	0,25	142,08 1	7,701	5,270	7,00%	65,23
	MERCANTIL	0,4084	498,8	39,1	0,17	6,64		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	498,8	498,8	0,00	0,00	54,9 6	0,470	0,24	176,88 7	9,587	7,462	6,30%	73,09
Vaonas lecheras, mayor a 1 año y menor a 2 años	COMBINAD O	0,3604	204,3	17,4	0,17	2,96		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	204,3	397,1	0,44 9	4,85	60,6 2	0,497	0,28	105,93 2	5,742	3,820	6,30%	43,77
	EMPRESARI AL	0,3604	200,0	17,1	0,17	2,91		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	200,0	409,8	0,44 4	4,61	62,8 3	0,506	0,30	96,561	5,234	3,760	6,30%	39,90
	MARGINAL	0,3604	256,9	20,7	0,36	7,44		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	256,9	430,2	0,36 6	4,33	55,7 0	0,474	0,25	149,29 7	8,092	4,537	7,00%	68,55
	MERCANTIL	0,3604	216,7	18,2	0,17	3,09		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	216,7	438,8	0,44 6	4,67	58,8 8	0,490	0,27	113,57 4	6,156	3,993	6,30%	46,93
Vaonas, mayor a 1 año y menor a 2 años	EMPRESARI AL	0,3604	318,2	24,3	0,17	4,12		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	318,2	363,6	0,33 6	5,26	54,6 9	0,468	0,24	165,76 1	8,984	5,326	6,30%	68,49
	MARGINAL	0,3604	293,3	22,8	0,36	8,22		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	293,3	395,8	0,39 3	5,51	55,7 0	0,474	0,25	172,13 5	9,330	5,010	7,00%	79,03
	MERCANTIL	0,3604	310,9	23,8	0,36	8,58		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	310,9	367,7	0,37 8	5,82	54,9 6	0,470	0,24	185,42 2	10,050	5,234	6,30%	76,62
Toretas, mayor a 1 año y menor a 2 años	EMPRESARI AL	0,4084	395,3	32,8	0,17	5,58		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	395,3	727,3	0,71 0	8,35	54,6 9	0,468	0,24	214,20 8	11,610	6,267	6,30%	88,51
	MARGINAL	0,4084	344,6	29,6	0,36	10,6 5		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	344,6	313,7	0,30 6	5,63	55,7 0	0,474	0,25	193,55 0	10,491	5,654	7,00%	88,86
	MERCANTIL	0,4084	395,3	32,8	0,17	5,58		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	395,3	498,8	0,52 4	7,94	54,9 6	0,470	0,24	208,88 1	11,321	6,267	6,30%	86,31
Terneras lecheras, hasta 1 año	COMBINAD O	0,3604	31,0	4,2	0,17	0,72		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	31,0	397,1	0,44 9	1,18	60,6 2	0,497	0,28	25,750	1,396	0,929	6,30%	10,64
	EMPRESARI AL	0,3604	21,1	3,2	0,17	0,54		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	21,1	409,8	0,44 4	0,85	62,8 3	0,506	0,30	17,846	0,967	0,695	6,30%	7,37
	MARGINAL	0,3604	25,0	3,6	0,36	1,29		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	25,0	430,2	0,36 6	0,75	55,7 0	0,474	0,25	25,975	1,408	0,789	7,00%	11,93
	MERCANTIL	0,3604	31,1	4,2	0,36	1,53		0,00%			0,000	72,00%	0,00 0	31,1	438,8	0,44 6	1,09	58,8 8	0,490	0,27	29,272	1,587	0,931	6,30%	12,10

	Terneras hasta 1 año	EMPRESARIAL	0,3604	36,4	4,8	0,17	0,81		0,00%			0,00	72,00%	0	36,4	363,6	0,33	1,03	54,6	0,468	0,24	32,582	1,766	1,047	6,30%	13,46
		MARGINAL	0,3604	25,0	3,6	0,36	1,30		0,00%			0,00	72,00%	0	25,0	395,8	0,39	0,87	55,7	0,474	0,25	27,153	1,472	0,790	7,00%	12,47
		MERCANTIL	0,3604	29,6	4,1	0,36	1,47		0,00%			0,00	72,00%	0	29,6	367,7	0,37	1,00	54,9	0,470	0,24	31,779	1,722	0,897	6,30%	13,13
	Terneros, hasta 1 año	EMPRESARIAL	0,4084	36,4	5,5	0,17	0,93		0,00%			0,00	72,00%	0	36,4	727,3	0,71	1,39	54,6	0,468	0,24	35,782	1,939	1,047	6,30%	14,79
		MARGINAL	0,4084	25,0	4,1	0,36	1,49		0,00%			0,00	72,00%	0	25,0	313,7	0,30	0,79	55,7	0,474	0,25	27,055	1,466	0,790	7,00%	12,42
		MERCANTIL	0,4084	29,6	4,7	0,36	1,69		0,00%			0,00	72,00%	0	29,6	498,8	0,52	1,14	54,9	0,470	0,24	33,352	1,808	0,897	6,30%	13,78

Cabe destacar que los factores de conversión de metano (Ym) son tomados de los datos por defecto de las guías IPCC 2006 refinamiento 2019, debido a que los datos calculados por la herramienta Gleam de FAO pueden integrar sobreestimaciones implícitas vinculadas a las definiciones de dietas preestablecidas por los modos de producción.

Obtención del dato final de factor de emisión por región utilizado en los cálculos

		EMISIONES Kg CO2 eq	CABEZAS	FE agregado
Ganado Lechero	Sierra	75.846.548	877.814	86,40
	Costa	60.002.010	559.386	107,26
	Amazonia	12.890.737	123.583	104,31
No Lechero Toros	Sierra	16.517.481	226.978	72,77
	Costa	8.581.198	84.353	101,73
	Amazonia	4.946.467	59.249	83,49
No Lechero Vacas	Sierra	13.556.752	197.510	68,64
	Costa	22.358.026	234.939	95,17
	Amazonia	12.502.043	136.735	91,43
No Lechero En crecimiento	Sierra	57.329.971	1.407.581	40,73
	Costa	65.323.157	1.187.760	55,00
	Amazonia	22.419.482	379.093	59,14

Finalmente es necesario adaptar los resultados a la división por categorías planteadas en el inventario y su serie histórica, si se observa que difieren las categorizaciones del proyecto GCI con las divisiones del inventario se primordial hallar un método de integración de los resultados obtenidos a ese nivel más desagregado para poder utilizarlos en el inventario.

Para esta integración/adaptación se planteó el siguiente proceso:

- Usando el factor de emisión particular para cada categoría de ganado bovino GCI se calculan las emisiones en kt de CO₂ Eq por categoría, y luego éstas se agregan sumándolas según la categorización definida por el INGEI para obtener emisiones totales por categoría INGEI independientemente de la región y modo de producción.
- Agregar las categorías de ganado bovino GCI dentro de las categorías INGEI, sumando sus existencias (número de cabezas) según ganado adulto vs en crecimiento, toros, vacas y lechero independientemente de su modo de producción.
- Finalmente habiendo obtenido las emisiones totales agregadas por categorización INGEI y el total de cabezas de ganado agregados por categorización INGEI dividimos el resultado de emisiones para el de cabezas de ganado y obtenemos un factor ponderado real (que incluye todas las categorías separadas de región y modo de producción según el número de cabezas en cada segmento) para cada categoría agregada.

Anexo IV: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura

Los datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones del sector UTCUTS están disponibles para revisión. Debido a la extensión del documento, se comparte el enlace de Google Drive que contiene las matrices con la información correspondiente.

https://drive.google.com/drive/folders/1_YC6xCeBjNsbPAvaml5m5PzJ1Wk84XTi?usp=sharing

Anexo V: Residuos

Clasificación de GAD Municipales por zona climática.

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
101	AZUAY	CUENCA	GAD DE CUENCA	TEMPLADO HÚMEDO
102	AZUAY	GIRÓN	GAD DE GIRÓN	TEMPLADO HÚMEDO
103	AZUAY	GUALACEO	GAD DE GUALACEO	TEMPLADO HÚMEDO
104	AZUAY	NABÓN	GAD DE NABÓN	TEMPLADO HÚMEDO
105	AZUAY	PAUTE	GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN PAUTE	TEMPLADO HÚMEDO
106	AZUAY	PUCARA	GAD DE PUCARA	TEMPLADO HÚMEDO
107	AZUAY	SAN FERNANDO	GAD DE SAN FERNANDO	TEMPLADO HÚMEDO
108	AZUAY	SANTA ISABEL	GAD DE SANTA ISABEL	TEMPLADO HÚMEDO
109	AZUAY	SIGSIG	GAD DE SIGSIG	TEMPLADO HÚMEDO
110	AZUAY	OÑA	GAD DE OÑA	TEMPLADO HÚMEDO
111	AZUAY	CHORDELEG	EMMAICP-EP AZUAY	TEMPLADO HÚMEDO
112	AZUAY	EL PAN	GAD DE EL PAN	TEMPLADO HÚMEDO
113	AZUAY	SEVILLA DE ORO	GAD DE SEVILLA DE ORO	TEMPLADO HÚMEDO
114	AZUAY	GUACHAPALA	GAD DE GUACHAPALA	TEMPLADO HÚMEDO
115	AZUAY	CAMILO PONCE ENRÍQUEZ	GAD DE CAMILO PONCE ENRÍQUEZ	TEMPLADO HÚMEDO
201	BOLIVAR	GUARANDA	GAD DE GUARANDA	TEMPLADO HÚMEDO
202	BOLIVAR	CHILLANES	GAD DE CHILLANES	TEMPLADO HÚMEDO
203	BOLIVAR	CHIMBO	GAD DE CHIMBO	TEMPLADO HÚMEDO

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
204	BOLIVAR	ECHEANDÍA	GAD DE ECHEANDÍA	TEMPLADO HÚMEDO
205	BOLIVAR	SAN MIGUEL	GAD DE SAN MIGUEL	TEMPLADO HÚMEDO
206	BOLIVAR	CALUMA	GAD DE CALUMA	TEMPLADO HÚMEDO
207	BOLIVAR	LAS NAVES	GAD DE LAS NAVES	TROPICAL HÚMEDO
301	CAÑAR	AZOGUES	GAD DE AZOGUES	TEMPLADO HÚMEDO
302	CAÑAR	BIBLIÁN	GAD DE BIBLIÁN	TEMPLADO HÚMEDO
303	CAÑAR	CAÑAR	GAD DE CAÑAR	TEMPLADO HÚMEDO
304	CAÑAR	LA TRONCAL	GAD DE LA TRONCAL	TROPICAL SECO
305	CAÑAR	EL TAMBO	GAD DE EL TAMBO	TEMPLADO HÚMEDO
306	CAÑAR	DÉLEG	GAD DE DÉLEG	TEMPLADO HÚMEDO
307	CAÑAR	SUSCAL	GAD DE SUSCAL	TEMPLADO HÚMEDO
401	CARCHI	TULCÁN	GAD DE TULCÁN	TEMPLADO HÚMEDO
402	CARCHI	BOLÍVAR	GAD DE BOLÍVAR PROVINCIA DEL CARCHI	TEMPLADO HÚMEDO
403	CARCHI	ESPEJO	GAD DE ESPEJO	TEMPLADO HÚMEDO
404	CARCHI	MIRA	GAD DE MIRA	TEMPLADO HÚMEDO
405	CARCHI	MONTÚFAR	GAD DE MONTÚFAR	TEMPLADO HÚMEDO
406	CARCHI	SAN PEDRO DE HUACA	GAD DE SAN PEDRO DE HUACA	TEMPLADO HÚMEDO
501	COTOPAXI	LATACUNGA	GAD DE LATACUNGA	TEMPLADO HÚMEDO
502	COTOPAXI	LA MANÁ	GAD DE LA MANÁ	TEMPLADO HÚMEDO
503	COTOPAXI	PANGUA	GAD DE PANGUA	TEMPLADO HÚMEDO
504	COTOPAXI	PUJILI	GAD DE PUJILI	TEMPLADO HÚMEDO
505	COTOPAXI	SALCEDO	GAD DE SALCEDO	TEMPLADO HÚMEDO
506	COTOPAXI	SAQUISILÍ	GAD DE SAQUISILÍ	TEMPLADO HÚMEDO
507	COTOPAXI	SIGCHOS	GAD DE SIGCHOS	TEMPLADO HÚMEDO
601	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	GAD DE RIOBAMBA	TEMPLADO HÚMEDO
602	CHIMBORAZO	ALAUSSI	GAD DE ALAUSSI	TEMPLADO HÚMEDO
603	CHIMBORAZO	COLTA	GAD DE COLTA	TEMPLADO HÚMEDO
604	CHIMBORAZO	CHAMBO	GAD DE CHAMBO	TEMPLADO HÚMEDO
605	CHIMBORAZO	CHUNCHI	GAD MUNICIPAL DE CHUNCHI	TEMPLADO HÚMEDO
606	CHIMBORAZO	GUAMOTE	GAD DE GUAMOTE	TEMPLADO HÚMEDO
607	CHIMBORAZO	GUANO	GAD DE GUANO	TEMPLADO HÚMEDO
608	CHIMBORAZO	PALLATANGA	GAD DE PALLATANGA	TEMPLADO HÚMEDO
609	CHIMBORAZO	PENIPE	GAD DE PENIPE	TEMPLADO HÚMEDO
610	CHIMBORAZO	CUMANDÁ	GAD DE CUMANDÁ	TEMPLADO HÚMEDO

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
701	EL ORO	MACHALA	GAD MACHALA	TROPICAL SECO
702	EL ORO	ARENILLAS	GAD DE ARENILLAS	TROPICAL SECO
703	EL ORO	ATAHUALPA	GAD DE ATAHUALPA	TEMPLADO SECO
704	EL ORO	BALSAS	GAD DE BALSAS	TEMPLADO SECO
705	EL ORO	CHILLA	GAD DE CHILLA	TEMPLADO SECO
706	EL ORO	EL GUABO	GAD DE EL GUABO	TROPICAL SECO
707	EL ORO	HUAQUILLAS	GAD DE HUAQUILLAS	TROPICAL SECO
708	EL ORO	MARCABELÍ	GAD DE MARCABELÍ	TEMPLADO SECO
709	EL ORO	PASAJE	GAD DE PASAJE	TROPICAL SECO
710	EL ORO	PIÑAS	GAD DE PIÑAS	TEMPLADO SECO
711	EL ORO	PORTOVELO	GAD DE PORTOVELO	TEMPLADO SECO
712	EL ORO	SANTA ROSA	EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO SANTA ROSA	TROPICAL SECO
713	EL ORO	ZARUMA	GAD DE ZARUMA	TEMPLADO SECO
714	EL ORO	LAS LAJAS	GAD DE LAS LAJAS	TROPICAL SECO
801	ESMERALDAS	ESMERALDAS	GAD DE ESMERALDAS	TROPICAL HÚMEDO
802	ESMERALDAS	ELOY ALFARO	GAD DE ELOY ALFARO	TROPICAL HÚMEDO
803	ESMERALDAS	MUISNE	GAD DE MUISNE	TROPICAL HÚMEDO
804	ESMERALDAS	QUININDÉ	GAD DE QUININDÉ	TROPICAL HÚMEDO
805	ESMERALDAS	SAN LORENZO	GAD DE SAN LORENZO	TROPICAL HÚMEDO
806	ESMERALDAS	ATACAMES	GAD DE ATACAMES	TROPICAL HÚMEDO
807	ESMERALDAS	RIOVERDE	GAD DE RIOVERDE	TROPICAL HÚMEDO
901	GUAYAS	GUAYAQUIL	GAD DE GUAYAQUIL	TROPICAL SECO
902	GUAYAS	ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJÁN)	GAD DE ALFREDO BAQUERIZO MORENO (JUJÁN)	TROPICAL SECO
903	GUAYAS	BALAO	GAD DE BALAO	TROPICAL SECO
904	GUAYAS	BALZAR	GAD DE BALZAR	TROPICAL SECO
905	GUAYAS	COLIMES	GAD DE COLIMES	TROPICAL SECO
906	GUAYAS	DAULE	GAD DE DAULE	TROPICAL SECO
907	GUAYAS	DURÁN	GAD DE DURÁN	TROPICAL SECO
908	GUAYAS	EL EMPALME	GAD EL EMPALME	TROPICAL SECO
909	GUAYAS	EL TRIUNFO	GAD DE EL TRIUNFO	TROPICAL SECO
910	GUAYAS	MILAGRO	GAD DE MILAGRO	TROPICAL SECO
911	GUAYAS	NARANJAL	GAD DE NARANJAL	TROPICAL SECO
912	GUAYAS	NARANJITO	GAD DE NARANJITO	TROPICAL SECO

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
913	GUAYAS	PALESTINA	GAD DE PALESTINA	TROPICAL SECO
914	GUAYAS	PEDRO CARBO	GAD DE PEDRO CARBO	TROPICAL SECO
916	GUAYAS	SAMBORONDÓN	GAD DE SAMBORONDÓN	TROPICAL SECO
918	GUAYAS	SANTA LUCÍA	GAD DE SANTA LUCÍA	TROPICAL SECO
919	GUAYAS	SALITRE (URBINA JADO)	GAD DE SALITRE (URBINA JADO)	TROPICAL SECO
920	GUAYAS	SAN JACINTO DE YAGUACHI	GAD DE SAN JACINTO DE YAGUACHI	TROPICAL SECO
921	GUAYAS	PLAYAS	GAD DE PLAYAS	TROPICAL SECO
922	GUAYAS	SIMÓN BOLÍVAR	GAD DE SIMÓN BOLÍVAR	TROPICAL SECO
923	GUAYAS	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	GAD DE CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	TROPICAL SECO
924	GUAYAS	LOMAS DE SARGENTILLO	GAD DE LOMAS DE SARGENTILLO	TROPICAL SECO
925	GUAYAS	NOBOL	GAD DE NOBOL	TROPICAL SECO
927	GUAYAS	GENERAL ANTONIO ELIZALDE (BUCAY)	GAD DE GENERAL ANTONIO ELIZALDE (BUCAY)	TROPICAL SECO
928	GUAYAS	ISIDRO AYORA	GAD DE ISIDRO AYORA	TROPICAL SECO
1.001	IMBABURA	IBARRA	GAD DE IBARRA	TEMPLADO HÚMEDO
1.002	IMBABURA	ANTONIO ANTE	GAD DE ANTONIO ANTE	TEMPLADO HÚMEDO
1.003	IMBABURA	COTACACHI	GAD DE COTACACHI	TEMPLADO HÚMEDO
1.004	IMBABURA	OTAVALO	GAD DE OTAVALO	TEMPLADO HÚMEDO
1.005	IMBABURA	PIMAMPIRO	GAD DE PIMAMPIRO	TEMPLADO HÚMEDO
1.006	IMBABURA	SAN MIGUEL DE URCUQUÍ	GAD DE SAN MIGUEL DE URCUQUÍ	TEMPLADO HÚMEDO
1.101	LOJA	LOJA	GAD DE LOJA	TEMPLADO SECO
1.102	LOJA	CALVAS	GAD DE CALVAS	TEMPLADO SECO
1.103	LOJA	CATAMAYO	GAD DE CATAMAYO	TEMPLADO SECO
1.104	LOJA	CELICA	GAD DE CELICA	TEMPLADO SECO
1.105	LOJA	CHAGUARPAMBA	GAD DE CHAGUARPAMBA	TEMPLADO SECO
1.106	LOJA	ESPÍNDOLA	GAD DE ESPÍNDOLA	TEMPLADO SECO
1.107	LOJA	GONZANAMÁ	GAD DE GONZANAMÁ	TEMPLADO SECO
1.108	LOJA	MACARÁ	GAD DE MACARÁ	TEMPLADO SECO
1.109	LOJA	PALTAS	GAD DE PALTAS	TEMPLADO SECO
1.110	LOJA	PUYANGO	GAD DE PUYANGO	TEMPLADO SECO

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
1.111	LOJA	SARAGURO	GAD DE SARAGURO	TEMPLADO HÚMEDO
1.112	LOJA	SOZORANGA	GAD DE SOZORANGA	TEMPLADO SECO
1.113	LOJA	ZAPOTILLO	GAD DE ZAPOTILLO	TROPICAL SECO
1.114	LOJA	PINDAL	GADM PINDAL	TEMPLADO SECO
1.115	LOJA	QUILANGA	GAD DE QUILANGA	TEMPLADO SECO
1.116	LOJA	OLMEDO	GAD DE OLMEDO PROVINCIA DE LOJA	TEMPLADO SECO
1.201	LOS RIOS	BABAHOYO	GAD DE BABAHOYO	TROPICAL SECO
1.202	LOS RIOS	BABA	GAD DE BABA	TROPICAL SECO
1.203	LOS RIOS	MONTALVO	GAD DE MONTALVO	TROPICAL HÚMEDO
1.204	LOS RIOS	PUEBLOVIEJO	GAD DE PUEBLOVIEJO	TROPICAL HÚMEDO
1.205	LOS RIOS	QUEVEDO	GAD DE QUEVEDO	TROPICAL HÚMEDO
1.206	LOS RIOS	URDANETA	GAD DE URDANETA	TROPICAL HÚMEDO
1.207	LOS RIOS	VENTANAS	GAD DE VENTANAS	TROPICAL HÚMEDO
1.208	LOS RIOS	VÍNCES	GAD DE VÍNCES	TROPICAL HÚMEDO
1.209	LOS RIOS	PALENQUE	GAD DE PALENQUE	TROPICAL HÚMEDO
1.210	LOS RIOS	BUENA FÉ	GAD DE BUENA FÉ	TROPICAL HÚMEDO
1.211	LOS RIOS	VALENCIA	GAD DE VALENCIA	TROPICAL HÚMEDO
1.212	LOS RIOS	MOCACHE	GAD DE MOCACHE	TROPICAL HÚMEDO
1.213	LOS RIOS	QUINSALOMA	GAD DE QUINSALOMA	TROPICAL HÚMEDO
1.301	MANABI	PORTOVIEJO	GAD DE PORTOVIEJO	TROPICAL SECO
1.302	MANABI	BOLÍVAR	GAD DE BOLÍVAR	TROPICAL SECO
1.303	MANABI	CHONE	GAD DE CHONE	TROPICAL SECO
1.304	MANABI	EL CARMEN	GAD DE EL CARMEN	TROPICAL HÚMEDO
1.305	MANABI	FLAVIO ALFARO	GAD DE FLAVIO ALFARO	TROPICAL SECO
1.306	MANABI	JIPIJAPA	GAD DE JIPIJAPA	TROPICAL SECO
1.307	MANABI	JUNÍN	GAD DE JUNÍN	TROPICAL SECO
1.308	MANABI	MANTA	GAD DE MANTA	TROPICAL SECO
1.309	MANABI	MONTECRISTI	GAD DE MONTECRISTI	TROPICAL SECO
1.310	MANABI	PAJÁN	GAD DE PAJÁN	TROPICAL SECO
1.311	MANABI	PICHINCHA	GAD DE PICHINCHA	TROPICAL SECO
1.312	MANABI	ROCAFUERTE	GAD DE ROCAFUERTE	TROPICAL SECO

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
1.313	MANABI	SANTA ANA	GAD DE SANTA ANA	TROPICAL SECO
1.314	MANABI	SUCRE	GAD DE SUCRE	TROPICAL SECO
1.315	MANABI	TOSAGUA	GAD DE TOSAGUA	TROPICAL SECO
1.316	MANABI	24 DE MAYO	GAD DE 24 DE MAYO	TROPICAL SECO
1.317	MANABI	PEDERNALES	GAD DE PEDERNALES	TROPICAL HÚMEDO
1.318	MANABI	OLMEDO	GAD DE OLMEDO	TROPICAL SECO
1.319	MANABI	PUERTO LÓPEZ	GAD DE PUERTO LÓPEZ	TROPICAL SECO
1.320	MANABI	JAMA	GAD DE JAMA	TROPICAL SECO
1.321	MANABI	JARAMIJÓ	GAD DE JARAMIJÓ	TROPICAL SECO
1.322	MANABI	SAN VICENTE	GAD DE SAN VICENTE	TROPICAL SECO
1.401	MORONA SANTIAGO	MORONA	GAD DE MORONA	TEMPLADO HÚMEDO
1.402	MORONA SANTIAGO	GUALAQUIZA	GAD DE GUALAQUIZA	TEMPLADO HÚMEDO
1.403	MORONA SANTIAGO	LIMÓN INDANZA	GAD DE LIMÓN INDANZA	TEMPLADO HÚMEDO
1.404	MORONA SANTIAGO	PALORA	GAD DE PALORA	TEMPLADO HÚMEDO
1.405	MORONA SANTIAGO	SANTIAGO	GAD DE SANTIAGO	TEMPLADO HÚMEDO
1.406	MORONA SANTIAGO	SUCÚA	GAD DE SUCÚA	TEMPLADO HÚMEDO
1.407	MORONA SANTIAGO	HUAMBOYA	GAD DE HUAMBOYA	TEMPLADO HÚMEDO
1.408	MORONA SANTIAGO	SAN JUAN BOSCO	GAD DE SAN JUAN BOSCO	TEMPLADO HÚMEDO
1.409	MORONA SANTIAGO	TAISHA	GAD DE TAISHA	TROPICAL HÚMEDO
1.410	MORONA SANTIAGO	LOGROÑO	GAD DE LOGROÑO	TEMPLADO HÚMEDO
1.411	MORONA SANTIAGO	PABLO SEXTO	GAD MUNICIPAL DE PABLO SEXTO	TEMPLADO HÚMEDO
1.412	MORONA SANTIAGO	TIWINTZA	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE TIWINTZA	TROPICAL HÚMEDO
1.501	NAPO	TENA	GAD DE TENA	TEMPLADO HÚMEDO
1.503	NAPO	ARCHIDONA	GAD DE ARCHIDONA	TEMPLADO HÚMEDO
1.504	NAPO	EL CHACO	GAD DE EL CHACO	TEMPLADO HÚMEDO
1.507	NAPO	QUIJOS	GAD DE QUIJOS	TEMPLADO HÚMEDO
1.509	NAPO	CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA	GAD DE CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA	TEMPLADO HÚMEDO
1.601	PASTAZA	PASTAZA	GAD DE PASTAZA	TROPICAL HÚMEDO

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
1.602	PASTAZA	MEIRA	GAD DE MEIRA	TEMPLADO HÚMEDO
1.603	PASTAZA	SANTA CLARA	GAD DE SANTA CLARA	TEMPLADO HÚMEDO
1.604	PASTAZA	ARAJUNO	GAD DE ARAJUNO	TROPICAL HÚMEDO
1.701	PICHINCHA	QUITO	GAD DE QUITO	TEMPLADO HÚMEDO
1.702	PICHINCHA	CAYAMBE	GAD DE CAYAMBE	TEMPLADO HÚMEDO
1.703	PICHINCHA	MEJIA	GAD DE MEJIA	TEMPLADO HÚMEDO
1.704	PICHINCHA	PEDRO MONCAYO	GAD DE PEDRO MONCAYO	TEMPLADO HÚMEDO
1.705	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	GAD DE RUMIÑAHUI	TEMPLADO HÚMEDO
1.707	PICHINCHA	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	GAD DE SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	TEMPLADO HÚMEDO
1.708	PICHINCHA	PEDRO VICENTE MALDONADO	GAD DE PEDRO VICENTE MALDONADO	TEMPLADO HÚMEDO
1.709	PICHINCHA	PUERTO QUITO	GAD DE PUERTO QUITO	TROPICAL HÚMEDO
1.801	TUNGURAHUA	AMBATO	GAD DE AMBATO	TEMPLADO HÚMEDO
1.802	TUNGURAHUA	BAÑOS DE AGUA SANTA	GAD DE BAÑOS DE AGUA SANTA	TEMPLADO HÚMEDO
1.803	TUNGURAHUA	CEVALLOS	GAD DE CEVALLOS	TEMPLADO SECO
1.804	TUNGURAHUA	MOCHA	GAD DE MOCHA	TEMPLADO HÚMEDO
1.805	TUNGURAHUA	PATATE	GAD DE PATATE	TEMPLADO HÚMEDO
1.806	TUNGURAHUA	QUERO	GAD DE QUERO	TEMPLADO HÚMEDO
1.807	TUNGURAHUA	SAN PEDRO DE PELILEO	GAD DE SAN PEDRO DE PELILEO	TEMPLADO HÚMEDO
1.808	TUNGURAHUA	SANTIAGO DE PÍLLARO	GAD DE SANTIAGO DE PÍLLARO	TEMPLADO HÚMEDO
1.809	TUNGURAHUA	TISALEO	GAD DE TISALEO	TEMPLADO HÚMEDO
1.901	ZAMORA CHINCHIPE	ZAMORA	GAD DE ZAMORA	TEMPLADO HÚMEDO
1.902	ZAMORA CHINCHIPE	CHINCHIPE	GAD DE CHINCHIPE	TEMPLADO HÚMEDO
1.903	ZAMORA CHINCHIPE	NANGARITZA	GAD DE NANGARITZA	TEMPLADO HÚMEDO
1.904	ZAMORA CHINCHIPE	YACUAMBI	GAD MUNICIPAL DEL CANTON YACUAMBI	TEMPLADO HÚMEDO
1.905	ZAMORA CHINCHIPE	YANTZAZA (YANZATZA)	GAD DE YANTZAZA (YANZATZA)	TEMPLADO HÚMEDO
1.906	ZAMORA CHINCHIPE	EL PANGUI	GAD DE EL PANGUI	TEMPLADO HÚMEDO
1.907	ZAMORA CHINCHIPE	CENTINELA DEL CÓNDO	GAD DE CENTINELA DEL CÓNDO	TEMPLADO HÚMEDO
1.908	ZAMORA CHINCHIPE	PALANDA	GAD DE PALANDA	TEMPLADO HÚMEDO

Cantón Id	Provincia	Cantón Nombre	Municipio Nombre	Zonas Climática
1.909	ZAMORA CHINCHIPE	PAQUISHA	GAD DE PAQUISHA	TEMPLADO HÚMEDO
2.001	GALÁPAGOS	SAN CRISTÓBAL	GAD DE SAN CRISTÓBAL	TROPICAL SECO
2.002	GALÁPAGOS	ISABELA	GAD DE ISABELA	TROPICAL SECO
2.003	GALÁPAGOS	SANTA CRUZ	GAD DE SANTA CRUZ	TROPICAL SECO
2.101	SUCUMBIOS	LAGO AGRIO	GAD DE LAGO AGRIO	TROPICAL HÚMEDO
2.102	SUCUMBIOS	GONZALO PIZARRO	GAD DE GONZALO PIZARRO	TEMPLADO HÚMEDO
2.103	SUCUMBIOS	PUTUMAYO	GAD DE PUTUMAYO	TROPICAL HÚMEDO
2.104	SUCUMBIOS	SHUSHUFINDI	GAD DE SHUSHUFINDI	TROPICAL HÚMEDO
2.105	SUCUMBIOS	SUCUMBÍOS	GAD DE SUCUMBÍOS	TEMPLADO HÚMEDO
2.106	SUCUMBIOS	CASCALES	GADM DE CASCALES	TROPICAL HÚMEDO
2.107	SUCUMBIOS	CUYABENO	GAD DE CUYABENO	TROPICAL HÚMEDO
2.201	ORELLANA	ORELLANA	GAD DE ORELLANA	TROPICAL HÚMEDO
2.202	ORELLANA	AGUARICO	GAD DE AGUARICO	TROPICAL HÚMEDO
2.203	ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	GAD DE LA JOYA DE LOS SACHAS	TROPICAL HÚMEDO
2.204	ORELLANA	LORETO	GAD DE LORETO	TROPICAL HÚMEDO
2.301	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	SANTO DOMINGO	GAD DE SANTO DOMINGO	TEMPLADO HÚMEDO
2.302	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	LA CONCORDIA	GAD DE LA CONCORDIA	TROPICAL HÚMEDO
2.401	SANTA ELENA	SANTA ELENA	GAD DE SANTA ELENA	TROPICAL SECO
2.402	SANTA ELENA	LA LIBERTAD	GADM DE LA LIBERTAD	TROPICAL SECO
2.403	SANTA ELENA	SALINAS	GAD DE SALINAS	TROPICAL SECO

Anexo VI: Tablas comunes para la presentación de la información (CRT)

Disponibles en: <https://unfccc.int/first-biennial-transparency-reports>

9 REFERENCIAS

- AME. (2022). Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME).
- AMIDIQ. (2016). Estimación de las emisiones de GEI para el Estado de Durango. Academia Mexicana de investigación y docencia de Ingeniería Química (AMIDIQ). Revista Mexicana de Ingeniería Química, 576. Durango, México.
- ARCONEL. (2022). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 2022. Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL).
- BCE. (2022). Indicadores de Coyuntura, Reporte de Pobreza, Ingreso y Desigualdad. Banco Central del Ecuador (BCE). Quito, Ecuador.
- CELADE. (2014). Ecuador Population Estimates and Projections by Sex and Quinquennial age groups, Period 1950 – 2100. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE).
- CEPAL. (2012). Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Obtenido de: www.senagua.gob.ec
- CILEC. (2012). Caracterización de Sistemas De Producción Lechera de Ecuador. Centro de Investigación de la Leche (CILEC). Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Quito, Ecuador.
- CMNUCC. (s.f.). Manual sobre desarrollo de sistemas de gestión de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero sostenibles. Grupo Consultivo de Expertos. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
- EPA. (2011). Woorbook Desarrollando un Sistema Nacional de Gases Efecto Invernadero. Environmental Protection Agency (EPA).
- FAO. (2010). Herramienta de cálculo del Balance de Carbono Ex-ante. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Obtenido de: www.fao.org/docs/up/easypol/873/EX-ACT-tech-guidelines_101SP.pdf
- FAO. (2015). Estimación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Agricultura. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Doi: 978-92-5-308674-0. Roma, Italia.
- FAO. (2019). Statistics Division, 2019. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Herrera X. (2014). Informe Comparación de fuentes climáticas para la Generación de datos del sector desechos sólidos en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Programa Integral Amazónico. MAE-PNUD.
- INEC. (2024). Datos de población a nivel cantonal de los censos correspondientes a los años 1990 y 2001 y retroproyecciones poblacionales por año desde el año

1960 al 2024 a nivel cantonal. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito, Ecuador.

INEC. (2024). Encuesta de Producción Agrícola Continua ESPAC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito, Ecuador.

INEC. (2022). Encuesta Estructural Empresarial. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito, Ecuador.

INEC. (2022). Reporte de pobreza por ingresos. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito, Ecuador.

INEC. (2022). Documento técnico Estadística Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, Gestión de Residuos Sólidos. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito, Ecuador.

INEC. (2019). Resumen Ejecutivo. Encuesta de Manufactura y Minería (empalme con la serie histórica). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito, Ecuador. Obtenido de: www.ecuadorencifras.gob.ec

INEC. (2022). Proyección de la Población Ecuatoriana por años calendario, según regiones, provincias y sexo 2010 - 2022. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Quito, Ecuador.

INEC-UNICEF. (2018). Agua, Saneamiento e Higiene: Medición de los ODS en Ecuador, Estudios temáticos – INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). Quito, Ecuador.

IPCC. (2000). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

IPCC. (2007). Fourth Assessment Report. Climate Change. Global Warming Potential Values. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Obtenido de: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

IPCC. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Negara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

MAE. (2013). Acuerdo Ministerial No. 052 del 17 de mayo de 2013, Reforma al Acuerdo Ministerial No. 031 del 04 de abril de 2012 Proceso de Cierre Técnico y Saneamiento de botaderos de los Desechos Sólidos y Viabilidad Técnica. Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Quito, Ecuador.

MAE. (2015b). Acuerdo Ministerial No. 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado, Registro Oficial, Edición Especial No. 316 del 04 de mayo de 2015. Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Quito, Ecuador.

MAE. (2022). Cuarta Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAAE). Quito, Ecuador.

MAGAP. (2016a). La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025. Quito, Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Quito, Ecuador.

MEM . (2023). Balance Energético Nacional 2022. Ministerio de Energía y miN. Obtenido de:

https://issuu.com/revistavirtualmrrnr/docs/balance_energ_tico_nacional_2018

OLADE. (2017). Manual de Estadísticas Energéticas. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Obtenido de: <https://www.olade.org/publicaciones/manual-estadistica-energetica-2017/>

Olofsson, P. et al. (2013a). Making Better Use of Accuracy Data in Land Change Studies: Estimating Accuracy and Area and Quantifying Uncertainty Using Stratified Estimation. *Remote Sensing of Environment*, 129(15):122-131.

Olofsson, P. et al. (2013b). Good Practices for Assessing Accuracy and Estimating Area of Land Change. *Remote Sensing of Environment*, In Review.

PNUMA. (2019). El Estado del Agua. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Obtenido de: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/05.%20Capitulo%203.%20Estado%20del%20agua-1.pdf>

RCOA. (2019). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA). Asamblea Nacional del Ecuador. Registro Oficial 752.

UNAM. (2012). Estudio para la definición de requerimientos de información, organizacionales y tecnológicos hacia un Sistema de Información del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Zabala J. (2018). La industria del reciclaje en la ciudad de Quito, propuesta de modelo de negocio para la industria de reciclaje de plástico PET. Universidad Andina Simón Bolívar (UASB). Quito, Ecuador.