Código documento: 2016_IIN_CL

INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CHILE, SERIE 1990-2013

Versión 2.0.

12 de mayo de 2017

Departamento de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos
División de Cambio Climático
Ministerio del Medio Ambiente

CONTACTO SNICHILE

Nombre de contacto:	Paulo Cornejo Guajardo
Cargos:	Coordinador inventarios de GEI y CCVC; Coordinador del SNICHILE; Coordinador general de la RedINGEI
Organización:	Ministerio del Medio Ambiente
Dirección postal:	San Martín 73, Santiago
Correo electrónico:	snichile@mma.gob.cl
URL:	www.snichile.cl

LISTADO DE AUTORES

Autor principal y editor	Paulo Cornejo
Capítulo 1	Paulo Cornejo, Richard Martínez, Sergio González
Capítulo 2	Paulo Cornejo
Capítulo 3	Camila Labarca, Rubén Guzmán
Capítulo 4	Richard Martínez, Jenny Mager
Capítulo 5	Sergio González, Yasna Rojas, Marta Alfaro, Bastienne Schlegel, Felipe Huiza, Paulina González, Fernando Gimeno, José Antonio Prado
Capítulo 6	Richard Martínez, Tania Bishara, Daniel Contreras
Capítulo 7	Paulo Cornejo
Capítulo 8	Paulo Cornejo, Richard Martínez
Capítulo 9	Richard Martínez, Paulo Cornejo

CITA

Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Segundo Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile serie 1990-2013*. Santiago, Chile.

EQUIPO TÉCNICO DEL SISTEMA NACIONAL DE INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CHILE

Equipo Técnico Coordinador
Coordinador del SNICHILE
Paulo Cornejo (Ministerio del Medio Ambiente)
Compilador del INGEI de Chile
Richard Martínez (Ministerio del Medio Ambiente)
Colaboradores
Fernando Farías (Ministerio del Medio Ambiente) y Sergio González (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional)
Equipo técnico de Energía
Javier Bustos, Iryna Sikora y Rubén Guzmán (Ministerio de Energía)
Equipo técnico de Procesos industriales y uso de productos
Jenny Mager y Richard Martínez (Ministerio del Medio Ambiente)
Equipo técnico de Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
José Antonio Prado (Ministerio de Agricultura) Angelina Espinoza (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias) Sergio González (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional) Verónica Oyarzún, Ángelo Sartori, Cristián Pérez, Osvaldo Quintanilla, Javier Cano y Fernando Gimeno (Corporación Nacional Forestal) Marta Alfaro, Francisco Salazar y Michael Wolff (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) Yasna Rojas, Carlos Bahamondez y Bastienne Schlegel (Instituto Forestal de Chile) Aquiles Neuenschwander (Fundación para la Innovación Agraria)
Equipo técnico de Residuos
Alejandra Salas, Tania Bishara y Richard Martínez (Ministerio del Medio Ambiente)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO 29
RE.1. INTRODUCCIÓN 30
RE.2. ANTECEDENTES 30
RE.3. ARREGLOS INSTITUCIONALES 30
RE.4. ELABORACIÓN DEL INGEI DE CHILE 32
RE.5. TENDENCIAS DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI DE CHILE 33
RE.6. SECTOR ENERGÍA 34
RE.7. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS 38
RE.8. SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA 40
RE.9. SECTOR RESIDUOS 42
RE.10. PARTIDAS INFORMATIVAS 43
1. INTRODUCCIÓN 45
1.1. Antecedentes generales 46
1.1.1. Circunstancias nacionales 46
1.1.2. Cambio climático 51
1.2. Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI de Chile 53
1.2.1. Operación del SNICHILE 54
1.2.2. Actualización del INGEI de Chile 58
1.2.3. Sistema de garantía y control de calidad 59
1.2.4. Creación y mantención de capacidades 65
1.2.5. Archivo y difusión 66
1.3. Proceso de actualización del INGEI de Chile 71
1.4. Metodología y fuentes de información 73
1.4.1. Metodología y métodos 73
1.4.2. Principales fuentes de Información 78
1.5. Categorías principales 79
1.6. Evaluación general de la incertidumbre 83
1.7. Evaluación general de la exhaustividad 84
2. TENDENCIAS DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CHILE 85
2.1. Tendencia del balance de GEI de Chile 89
2.1.1. Tendencias del balance de GEI por gas 90
2.2. Tendencia de las emisiones de GEI totales de Chile 94
2.2.1. Tendencias de las emisiones de GEI totales por gas 95

2.3. Indicadores de intensidad de GEI de Chile 99
2.3.1. Emisiones y absorciones de GEI de Chile por Producto Interno Bruto 99
2.3.2. Emisiones y absorciones de GEI de Chile per cápita 100
3. SECTOR ENERGÍA (1) 102
3.1. Panorama general 103
3.1.1. Introducción 103
3.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI 103
3.1.3. Tendencia del consumo de energéticos en el país 107
3.1.4. Aspectos metodológicos generales del sector 109
3.1.5. Datos de actividad del sector 109
3.2. Actividades de quema de combustible (1.A.) 114
3.2.1. Descripción de la categoría 114
3.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI 114
3.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría 116
3.2.4. Comparación entre el Método de referencia y el Método sectorial 117
3.2.5. Comparación entre información internacional y el Método sectorial 120
3.2.6. Combustible del transporte internacional 121
3.2.7. Materias primas y uso no energético de los combustibles 125
3.2.8. Industrias de la energía (1.A.1.) 127
3.2.9. Industrias manufactureras y de la construcción (1.A.2.) 138
3.2.10. Transporte (1.A.3.) 148
3.2.11. Otros sectores (1.A.4.) 162
3.2.12. No especificado (1.A.5.) 170
3.3. Emisiones fugitivas 171
3.3.1. Descripción de la categoría 171
3.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI 171
3.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría 172
3.3.4. Combustibles sólidos (1.B.1.) 172
3.3.5. Petróleo y gas natural (1.B.2.) 178
3.3.6. Otras emisiones provenientes de la producción de energía (1.B.3.) 185
3.4. Transporte y almacenamiento de CO_2 (1.C.) 185
4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (2) 186
4.1. Panorama general 187
4.1.1. Introducción 187
4.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI 187
4.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector 191

4.1.4. Datos de actividad del sector 192
4.2. Industria de los minerales (2.A.) 192
4.2.1. Descripción de la categoría 192
4.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI 192
4.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría 193
4.2.4. Producción de cemento (2.A.1.) 194
4.2.5. Producción de cal (2.A.2.) 199
4.2.6. Producción de vidrio (2.A.3.) 204
4.2.7. Otro uso de carbonatos en los procesos (2.A.4.) 210
4.2.8. Otros (2.A.5.) 210
4.3. Industria química (2.B.) 210
4.3.1. Descripción de la categoría 210
4.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI 211
4.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría 211
4.3.4. Producción de amoníaco (2.B.1.) 212
4.3.5. Producción de ácido nítrico (2.B.2.) 212
4.3.6. Producción de ácido adípico (2.B.3.) 215
4.3.7. Producción de caprolactama glioxil y ácido glioxílico (2.B.4.) 216
4.3.8. Producción de carburo (2.B.5.) 216
4.3.9. Producción de dióxido de titanio (2.B.6.) 216
4.3.10. Producción de ceniza de sosa (2.B.7.) 216
4.3.11. Producción petroquímica y de negro de humo (2.B.8.) 216
4.3.12. Producción fluoroquímica (2.B.9.) 222
4.3.13. Otros (2.B.10.) 223
4.4. Industria de los metales (2.C.) 223
4.4.1. Descripción de la categoría 223
4.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI 223
4.4.3. Aspectos metodológicos de la categoría 224
4.4.4. Producción de hierro y acero (2.C.1.) 225
4.4.5. Producción de ferroaleaciones (2.C.2.) 231
4.4.6. Producción de aluminio (2.C.3.) 234
4.4.7. Producción de magnesio (2.C.4.) 234
4.4.8. Producción de plomo (2.C.5.) 234
4.4.9. Producción de cinc (2.C.6.) 234
4.4.10. Otros (2.C.7.) 235
4.5. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes (2.D.) 235

4.5.1. Descripción de la categoría 235
4.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI 235
4.5.3. Aspectos metodológicos de la categoría 236
4.5.4. Uso de lubricantes (2.D.1.) 237
4.5.5. Uso de la cera de parafina (2.D.2.) 241
4.5.6. Uso de solventes (4.D.3.) 245
4.5.7. Otros (4.D.4.) 246
4.6. Industria electrónica (2.E.) 246
4.7. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (2.F.) 246
4.7.1. Descripción de la categoría 246
4.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI 246
4.7.3. Aspectos metodológicos de la categoría 247
4.7.4. Refrigeración y aire acondicionado (2.F.1.) 248
4.7.5. Agentes espumantes (2.F.2.) 253
4.7.6. Protección contra incendios (2.F.3.) 253
4.7.7. Aerosoles (2.F.4.) 258
4.7.8. Solventes (2.F.5.) 262
4.7.9. Otros (2.F.6.) 262
4.8. Manufactura y utilización de otros productos (2.G.) 263
4.8.1. Descripción de la categoría 263
4.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI 263
4.8.3. Aspectos metodológicos de la categoría 264
4.8.4. Equipos eléctricos (2.G.1.) 264
4.8.5. SF_6 y PFC de otros usos de productos (2.G.2.) 269
4.8.6. N_2O de otros usos de productos (2.G.3.) 269
4.8.7. Otros (2.G.4.) 269
4.9. Otros (2.H.) 269
5. SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA (3) 270
5.1. Panorama general 271
5.1.1. Introducción 271
5.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI 271
5.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector 274
5.1.4. Datos de actividad del sector 275
5.2. Ganadería (3.A.) 275
5.2.1. Descripción de la categoría 275
5.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI 275

5.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría 277
5.2.4. Datos de actividad de la categoría 277
5.2.5. Fermentación entérica (3.A.1.) 279
5.2.6. Gestión del estiércol (3.A.2.) 293
5.3. Tierras (3.B.) 300
5.3.1. Descripción de la categoría 300
5.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI 301
5.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría 302
5.3.4. Definiciones de uso de la tierra y los sistemas de clasificación utilizados 303
5.3.5. Métodos utilizados para la representación de las tierras 307
5.3.6. Tierras forestales (3.B.1.) 308
5.3.7. Tierras de cultivo (3.B.2.) 345
5.3.8. Pastizales (3.B.3.) 355
5.3.9. Humedales (3.B.4.) 360
5.3.10. Asentamientos (3.B.5.) 366
5.3.11. Otras tierras (3.B.6.) 371
5.4. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra (3.C.) 376
5.4.1. Descripción de la categoría 376
5.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI 377
5.4.3. Aspectos metodológicos de la categoría 378
5.4.4. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa (3.C.1.) 379
5.4.5. Encalado (3.C.2.) 396
5.4.6. Aplicación de urea (3.C.3.) 400
5.4.7. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (3.C.4.) 404
5.4.8. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados (3.C.5.) 412
5.4.9. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol (3.C.6.) 418
5.4.10. Cultivo del arroz (3.C.7.) 422
6. SECTOR RESIDUOS (4) 428
6.1. Panorama general 429
6.1.1. Introducción 429
6.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI 430
6.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector 433
6.1.4. Datos de actividad del sector 433
6.2. Disposición de residuos sólidos (4.A.) 433
6.2.1. Descripción de la categoría 433
6.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI 434

6.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría 436
6.3. Tratamiento biológico de los residuos sólidos (4.B.) 441
6.3.1. Descripción de la categoría 441
6.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI 442
6.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría 442
6.4. Incineración e incineración abierta de residuos (4.C.) 446
6.4.1. Descripción de la categoría 446
6.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI 447
6.4.3. Aspectos metodológicos de la categoría 447
6.4.4. Incertidumbre 450
6.4.5. Consistencia de la serie temporal 451
6.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación 451
6.4.7. Recálculos 452
6.4.8. Plan de mejoramiento 452
6.5. Tratamiento y descarga de aguas residuales (4.D.) 453
6.5.1. Descripción de la categoría 453
6.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI 453
6.5.3. Aspectos metodológicos de la categoría 454
6.5.4. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas (4.D.1.) 454
6.5.5. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales (4.D.2.) 467
7. RECÁLCULOS 477
7.1. Recálculos en el INGEI de Chile 478
7.2. Recálculos en el sector Energía 479
7.3. Recálculos en el sector IPPU 480
7.4. Recálculos en el sector AFOLU 481
7.5. Recálculos en el sector Residuos 482
8. INVENTARIOS REGIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CHILE 484
8.1. Metodología para la desagregación regional 485
8.2. Tendencias de las emisiones y absorciones de GEI regionales 486
8.2.1. Región de Arica y Parinacota 487
8.2.2. Región de Tarapacá 488
8.2.3. Región de Antofagasta 489
8.2.4. Región de Atacama 490
8.2.5. Región de Coquimbo 491
8.2.6. Región de Valparaíso 492
8.2.7. Región Metropolitana de Santiago 493

8.2.8. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins 494
8.2.9. Región del Maule 495
8.2.10. Región del Biobío 496
8.2.11. Región de la Araucanía 497
8.2.12. Región de Los Ríos 498
8.2.13. Región de Los Lagos 499
8.2.14. Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo 500
8.2.15. Región de Magallanes y de la Antártica Chilena 501
8.3. Indicadores de GEI regionales 502
9. OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE 504
9.1. Introducción 505
9.2. Necesidades 505
9.2.1. Necesidades identificadas por el SNICHILE 505
9.2.2. Necesidades identificadas en el proceso ICA 508
9.3. Apoyo entregado 508
9.4. Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero 509
9.4.1. Introducción 509
9.4.2. Objetivo 510
9.4.3. Enfoque y alcance 510
9.4.4. Organización y financiamiento 511
9.4.5. Actividades realizadas en 2016 511
10. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS 512

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla RE 1. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 33

Tabla 1. Proceso de garantía de la calidad del INGEI de Chile serie 1990-2010 60

Tabla 2. Actividades de mejora detectada por los equipos técnicos del SNICHILE....62

Tabla 3. Profesionales del SNICHILE cualificados como revisores expertos de INGEI de las Partes anexo I de la Convención 65

Tabla 4. Descripción de documentos de SRT....69

Tabla 5. Descripción de documentos de SRT exclusivos de entidad coordinadora 69

Tabla 6. Métodos aplicados en el INGEI de Chile, serie 1990-2013....76

Tabla 7. Potenciales de calentamiento global usados en el INGEI de Chile....78

Tabla 8. Principales fuentes de información del INGEI de Chile, serie 1990-2013 78

Tabla 9. Resumen de las categorías principales del INGEI de Chile, serie 1990-2013, de acuerdo a las evaluaciones de nivel y tendencia, usando los Métodos 1 y 2 81

Tabla 10. INGEI de Chile: emisiones antropógenas por las fuentes y absorción antropógena por los sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal y los precursores de los GEI. Año 2013 87

Tabla 11. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 89

Tabla 12. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013 90

Tabla 13. INGEI de Chile: balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013....91

Tabla 14. INGEI de Chile: emisiones de CH_4 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 91

Tabla 15. INGEI de Chile: emisiones de N_2O (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013....92

Tabla 16. INGEI de Chile: emisiones de Gases fluorados (Gg CO_2 eq) por grupo, serie 1990-2013 93

Tabla 17. INGEI de Chile: emisiones de GEI totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013....95

Tabla 18. INGEI de Chile: emisiones de GEI total (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013....95

Tabla 19. INGEI de Chile: emisiones de CO_2 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 96

Tabla 20. INGEI de Chile: emisiones de CH_4 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 97

Tabla 21. INGEI de Chile: emisiones de N_2O totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013....98

Tabla 22. INGEI de Chile: balance de GEI por PIB y emisiones de GEI totales por PIB (t CO_2 eq/MMCLP), serie 1990-2013 100

Tabla 23. INGEI de Chile: balance de GEI per cápita y emisiones de GEI totales per cápita (t CO_2 eq per cápita), serie 1990-2013 100

Tabla 24. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 105

Tabla 25. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013....106

Tabla 26. Sector Energía: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013....106

Tabla 27. Sector Energía: consumo bruto de energéticos primarios (TJ) por energético, serie 1990-2013 107

Tabla 28. Sector Energía: consumo final de combustibles (TJ) por tipo de combustible, serie 1990-2013 108

Tabla 29. Sector Energía: métodos aplicados por categoría 109

Tabla 30. Factores de conversión de poder calorífico superior a poder calorífico superior 113

Tabla 31. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013....115

Tabla 32. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tipo de combustible, serie 1990-2013....115

Tabla 33. 1.A. Actividades de quema de combustible: métodos aplicados por subcategoría 117

Tabla 34. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Método de referencia, incluyendo su diferencia, serie 1990-2013 117

Tabla 35. 1.A. Actividades de quema de combustible: datos de actividad del consumo aparente de combustibles del Método de referencia por combustible, serie 1990-2013 119

Tabla 36. 1.A. Actividades de quema de combustible: contenido de carbono por defecto (kg/GJ) para el Método de referencia por combustible, serie 1990-2013 120

Tabla 37. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Actividades de quema de combustible (IEA), incluyendo su diferencia, serie 1990-2013 120

Tabla 38. Combustible del transporte internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) de la Aviación internacional y de la Navegación internacional, serie 1990-2013 122

Tabla 39. Combustible del transporte internacional: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013 123

Tabla 40. Combustible del transporte internacional: datos paramétricos 123

Tabla 41. Combustible del transporte internacional: factores de emisión por defecto 124

Tabla 42. Aviación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 124

Tabla 43. Navegación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 125

Tabla 44. Biomasa: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 126

Tabla 45. Biomasa: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013 126

Tabla 46. Biomasa: datos paramétricos y factor de emisión de CO_2 127

Tabla 47. 1.A.1. Industrias de la energía: componentes y supuestos relevantes 128

Tabla 48. 1.A.1. Industrias de la energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 128

Tabla 49. 1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 129

Tabla 50. 1.A.1. Industrias de la energía: métodos aplicados por componente 131

Tabla 51. 1.A.1. Industrias de la energía: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 131

Tabla 52. 1.A.1. Industrias de la energía: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 (continuación) 132

Tabla 53. 1.A.1. Industrias de la energía: factores para desagregación de Centros de transformación entre 1990 y 2003 133

Tabla 54. 1.A.1. Industrias de la energía: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría 133

Tabla 55. 1.A.1. Industrias de la energía: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 134

Tabla 56. 1.A.1. Industrias de la energía: cambio de categorías de fuente 136

Tabla 57. 1.A.1. Industrias de la energía: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 137

Tabla 58. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: componentes y supuestos relevantes 138

Tabla 59. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 139

Tabla 60. 1.A.2.i. Minería (con excepción de combustibles) y cantería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 140

Tabla 61. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: métodos aplicados por componente 141

Tabla 62. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 141

Tabla 63. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 (continuación) 142

Tabla 64. 1.A.2. Industria manufacturera y de la construcción: factores para desagregación de Autoproductores entre 1990-1999 142

Tabla 65. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría 143

Tabla 66. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 145

Tabla 67. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: participación de combustibles en industrias varias y minas varias 147

Tabla 68. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 148

Tabla 69. 1.A.3. Transporte: componentes y sus supuestos relevantes 149
Tabla 70. 1.A.3. Transporte: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 150
Tabla 71. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 151
Tabla 72. 1.A.3.b.i. Automóviles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013 151
Tabla 73. 1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013 152
Tabla 74. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 153
Tabla 75. 1.A.3. Transporte: métodos aplicados por componente 153
Tabla 76. 1.A.3. Transporte: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 154
Tabla 77. Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo 155
Tabla 78. 1.A.3.b. Transporte terrestre: parámetros utilizados para convertir el número de vehículos en consumo de combustible por año 157
Tabla 79. 1.A.3. Transporte: resumen factores de emisión de CO_2 158
Tabla 80. 1.A.3. Transporte: resumen factores de emisión de CH_4 y N_2O por subcomponente 158
Tabla 81. 1.A.3. Transporte: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 159
Tabla 82. 1.A.3. Transporte: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 161
Tabla 83. 1.A.4. Otros sectores: componentes y sus supuestos relevantes 163
Tabla 84. 1.A.4. Otros sectores: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 163
Tabla 85. 1.A.4.b. Residencial: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013. 164
Tabla 86. 1.A.4. Otros sectores: métodos aplicados por componente 165
Tabla 87. 1.A.4. Otros sectores: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 165
Tabla 88. 1.A.4. Otros sectores: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 (continuación) 166
Tabla 89. 1.A.4. Otros sectores: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría 166
Tabla 90. 1.A.4. Otros sectores: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 167
Tabla 91. 1.A.4. Otros sectores: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 169
Tabla 92. 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 171
Tabla 93. 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles: métodos aplicados por subcategoría 172
Tabla 94. 1.B.1. Combustibles sólidos: componentes y supuestos relevantes 173
Tabla 95. 1.B.1. Combustibles sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 173
Tabla 96. 1.B.1. Combustibles sólidos: métodos aplicados por componente 175
Tabla 97. 1.B.1. Combustibles sólidos: datos de actividad de producción de carbón (toneladas) por componente, serie 1990-2013 175
Tabla 98. 1.B.1. Combustibles sólidos: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría 176
Tabla 99. 1.B.1. Combustibles sólidos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 176
Tabla 100. 1.B.2. Petróleo y gas natural: componentes y supuestos relevantes 179
Tabla 101. 1.B.2. Petróleo y gas natural: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 180
Tabla 102. 1.B.2. Petróleo y gas natural: métodos aplicados por componente 181
Tabla 103. 1.B.2. Petróleo y gas natural: datos de actividad de producción de Petróleo (miles de m^3) por componente, serie 1990-2013 181
Tabla 104. 1.B.2. Petróleo y gas natural: datos de actividad de producción de Gas natural (miles de m^3) por componente, serie 1990-2013 182
Tabla 105. 1.B.2. Petróleo y gas natural: factores de emisión usados para la estimación de GEI del componente Petróleo 183

Tabla 106. 1.B.2. Petróleo y gas natural: factores de emisión usados para la estimación de GEI del componente Gas natural 183

Tabla 107. 1.B.2. Petróleo y gas natural: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 183

Tabla 108. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013.....188

Tabla 109. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 189

Tabla 110. Sector IPPU: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 190

Tabla 111. Sector IPPU: métodos aplicados por categoría.....191

Tabla 112. 2.A. Industria de los minerales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....193

Tabla 113. 2.A. Industria de los minerales: métodos aplicados por subcategoría.....193

Tabla 114. 2.A.1. Producción de cemento: producción, importación, exportación y consumo de clínker (t), producción de cemento (t) y relación clínker/cemento.....195

Tabla 115. 2.A.1. Producción de cemento: producción nacional de clínker (t), serie 1990-2013.....196

Tabla 116. 2.A.1. Producción de cemento: resumen de la incertidumbre combinada, 2013.....197

Tabla 117. 2.A.1. Producción de cemento: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....199

Tabla 118. 2.A.2. Producción de cal: producción nacional de cal viva (t), serie 1990-2013 201

Tabla 119. 2.A.2. Producción de cal: valores usados para la estimación del factor de emisión de CO_2 de la producción de cal viva (con fuerte proporción de calcio) 202

Tabla 120. 2.A.2. Producción de cal: resumen de la incertidumbre combinada, 2013.....202

Tabla 121. 2.A.2. Producción de cal: comparación entre la estimación de emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) aplicando el método Nivel 1 y el método Nivel 2, serie 1990-2013.....203

Tabla 122. 2.A.3. Producción de vidrio: producción nacional de vidrio (t) por tipo y porcentaje de cullet, serie 1990-2013 205

Tabla 123. 2.A.3. Producción de vidrio: resumen de la incertidumbre combinada, 2013.....206

Tabla 124. 2.A.3. Producción de vidrio: comparación de producción de vidrio recopilada (t) versus producción estimada (t), serie 1990-2013.....208

Tabla 125. 2.A.3. Producción de vidrio: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....209

Tabla 126. 2.B. Industria química: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013. 211

Tabla 127. 2.B. Industria química: métodos aplicados por subcategoría 212

Tabla 128. 2.B.2. Producción de ácido nítrico: datos de actividad, serie 1990-2013.....213

Tabla 129. 2.B.2. Producción de ácido nítrico: incertidumbre combinada, 2013 214

Tabla 130. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013.....216

Tabla 131. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: datos de actividad, serie 1990-2013.....219

Tabla 132. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: Factores de emisión para la componente Metanol 219

Tabla 133. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: Factores de emisión para la componente Etileno.....220

Tabla 134. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: incertidumbre combinada, 2013 220

Tabla 135. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....222

Tabla 136. 2.C. Industria de los metales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....223

Tabla 137. 2.C. Industria de los metales: métodos aplicados por subcategoría.....224

Tabla 138. 2.C.1. Producción de hierro y acero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 225

Tabla 139. 2.C.1. Producción de hierro y acero: datos de actividad (t), serie 1990-2013 227

Tabla 140. 2.C.1. Producción de hierro y acero: factores de emisión de CO_2.....228

Tabla 141. 2.C.1. Producción de hierro y acero: incertidumbre combinada, 2013.....228

Tabla 142. 2.C.1. Producción de hierro y acero: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 230

Tabla 143. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: datos de actividad (t), serie 1990-2013. 232

Tabla 144. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: factores de emisión, por tipo de producto y tipo de GEI. 232

Tabla 145. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: incertidumbre combinada, 2013 233

Tabla 146. 2.D. Uso de productos no energéticos de combustible y solvente: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 235

Tabla 147. 2.D. Uso de productos no energéticos de combustible y solvente: métodos aplicados por subcategoría. 236

Tabla 148. 2.D.1. Uso de lubricantes: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013. 238

Tabla 149. 2.D.1. Uso de lubricantes: factores de emisión 238

Tabla 150. 2.D.1. Uso de lubricantes: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 239

Tabla 151. 2.D.1. Uso de lubricantes: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 240

Tabla 152. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013 242

Tabla 153. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: factores de emisión 243

Tabla 154. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 243

Tabla 155. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 245

Tabla 156. 2.F. Uso de productos sustitutos que las sustancias que agotan la capa de ozono: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013. 247

Tabla 157. 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono: métodos aplicados por subcategoría. 247

Tabla 158. 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono: distribución de consumo de HFC y PFC por aplicación. 248

Tabla 159. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: consumo neto de gases fluorados (t), serie 2002-2013. 250

Tabla 160. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 251

Tabla 161. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 252

Tabla 162. 2.F.3. Protección contra incendios: consumo neto de gases fluorados (t), serie 2002-2013. 255

Tabla 163. 2.F.3. Protección contra incendios: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 256

Tabla 164. 2.F.3. Protección contra incendios: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010). 257

Tabla 165. 2.F.4. Aerosoles: consumo de aerosoles, serie 2002-2013. 259

Tabla 166. 2.F.4. Aerosoles: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 260

Tabla 167. 2.F.4. Aerosoles: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 262

Tabla 168. 2.G. Manufactura y utilización de otros productos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 263

Tabla 169. 2.G. Manufactura y utilización de otros productos: aspectos metodológicos. 264

Tabla 170. 2.G.1. Equipos eléctricos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 265

Tabla 171. 2.G.1. Equipos eléctricos: datos de actividad de equipos eléctricos de alta tensión (kg) para las diferentes etapas del ciclo de vida, serie 1990-2013 266

Tabla 172. 2.G.1. Equipos eléctricos: datos de actividad de subestaciones GIS (kg) para las diferentes etapas del ciclo de vida, serie 1990-2013 267

Tabla 173. 2.G.1. Equipos eléctricos: factores de emisión para cada etapa, por tipo de equipo. 267

Tabla 174. 2.G.1. Equipos eléctricos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 268

Tabla 175. Sector AFOLU: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 273

Tabla 176. Sector AFOLU: emisiones y absorciones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 273

Tabla 177. Sector AFOLU: métodos aplicados por categoría....274

Tabla 178. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 276

Tabla 179. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente animal, serie 1990-2013....276

Tabla 180. 3.A. Ganadería: métodos aplicados por subcategoría 277

Tabla 181. 3.A.1. Fermentación entérica: datos de actividad de la población animal (cabezas/año) por componente animal, serie 1990-2013....278

Tabla 182. 3.A.1. Fermentación entérica: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013....280

Tabla 183. 3.A.1. Fermentación entérica: métodos aplicados por componente animal 281

Tabla 184. 3.A.1. Fermentación entérica: parámetros empleados en la determinación de la energía bruta en el ganado vacuno bajo en confinamiento....284

Tabla 185. 3.A.1. Fermentación entérica: parámetros empleados en la determinación de la energía bruta para el Ganado vacuno en pastoreo directo 285

Tabla 186. 3.A.1. Fermentación entérica: factores de emisión país específicos para Ganado vacuno (kg CH_4 animal^{-1} año^{-1}) por tipo y región administrativa....286

Tabla 187. 3.A.1. Fermentación entérica: factores de emisión por defecto por especie animal (kg CH_4 animal^{-1} año^{-1})....286

Tabla 188. 3.A.1. Fermentación entérica: resumen de la incertidumbre combinada, 2013....286

Tabla 189. 3.A.1. Fermentación entérica: valores de incertidumbre asociada a los datos de actividad 287

Tabla 190. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Ganado vacuno (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013....289

Tabla 191. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Porcinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013 290

Tabla 192. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Aves de corral (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013....290

Tabla 193. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Caprinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013 291

Tabla 194. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación entre emisiones de CH_4 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)....292

Tabla 195. 3.A.2. Gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 294

Tabla 196. 3.A.2. Gestión del estiércol: métodos aplicados por componente animal....294

Tabla 197. 3.A.2. Gestión del estiércol: tasas de excreción de nitrógeno (kg N (1.000 kg masa animal)$^{-1}$ día^{-1}) serie 2010-2013....296

Tabla 198. 3.A.2. Gestión del estiércol: factores de emisión país específicos para Ganado vacuno (kg CH_4 animal^{-1} año^{-1}) por tipo y región administrativa....296

Tabla 199. 3.A.2. Gestión del estiércol: factores de emisión país específicos para Porcinos (kg CH_4 animal^{-1} año^{-1}) por tipo....297

Tabla 200. 3.A.2. Gestión del estiércol: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 297

Tabla 201. 3.A.2. Gestión del estiércol: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)....299

Tabla 202. 3.B. Tierras: definiciones de los depósitos de carbono utilizados en el sector AFOLU para cada categoría de uso de la tierra 301

Tabla 203. 3.B. Tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013....302

Tabla 204. 3.B. Tierras: métodos aplicados por subcategoría....303

Tabla 205. 3.B. Tierras: homologación cambios de uso de la tierra entre las categorías de IPCC y CONAF 303

Tabla 206. 3.B. Tierras: Período de evaluación del catastro para las distintas regiones y fuente bibliográfica correspondiente....305

Tabla 207. 3.B. Tierras: matriz de conversión de uso de la tierra (ha/año promedio). 305

Tabla 208. Actualizaciones, hasta 2013, del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile 308

Tabla 209. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 309

Tabla 210. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por principales subcomponentes, serie 1990-2013...310

Tabla 211. 3.B.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 311

Tabla 212. 3.B.1.a.i. Incremento en biomasa: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013 312

Tabla 213. 3.B.1.a.i.4. Plantaciones forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013 313

Tabla 214. 3.B.1.a.iii. Cosecha: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013....314

Tabla 215. 3.B.1.a.v. Perturbaciones: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por fuente, serie 1990-2013 315

Tabla 216. 3.B.1.b. Tierras convertidas en tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013....317

Tabla 217. 3.B.1.b.vi. Tierras en transición a tierras forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013....318

Tabla 218. 3.B.1. Tierras forestales: métodos aplicados por componente....319

Tabla 219. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de plantaciones forestales por especie, serie 1990-2013....326

Tabla 220. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de plantaciones forestales por especie (descontando las tierras en transición), serie 1990-2013....327

Tabla 221. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de renovales por tipo (renoval y adulto renoval), serie 1990-2013....328

Tabla 222. 3.B.1. Tierras forestales: tipos de manejos asignados a cada fase....329

Tabla 223. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de bosque nativo manejado por fase, serie 1990-2013....329

Tabla 224. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) restituida y convertida a tierras forestales nativas, serie 1990-2013 330

Tabla 225. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de tierras en transición a plantaciones forestales desde bosque nativo, serie 1990-2013....330

Tabla 226. 3.B.1. Tierras forestales: volumen (m^3) de trozas cosechadas por especies, serie 1990-2013 331

Tabla 227. 3.B.1. Tierras forestales: volumen (m^3) de trozas cosechadas de leña (nativas y otras especies), serie 1990-2013....332

Tabla 228. 3.B.1. Tierras forestales: superficie anual afectada por incendios (ha) por tipo de bosque, serie 1990-2013....333

Tabla 229. 3.B.1. Tierras forestales: incremento medio anual (IMA) en volumen comercial de Pinus radiata, Eucalyptus globulus y Eucalyptus nitens....333

Tabla 230. 3.B.1. Tierras forestales: incremento Medio Anual (IMA) en volumen comercial (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$) de plantaciones forestales..334

Tabla 231. 3.B.1. Tierras forestales: incremento periódico anual (IPA) por tipo forestal....334

Tabla 232. 3.B.1. Tierras forestales: incremento periódico anual por tipo forestal y fase de crecimiento para bosque nativo bajo gestión 335

Tabla 233. 3.B.1. Tierras forestales: incremento Medio Anual (IMA) de bosque nativo a nivel regional....335

Tabla 234. 3.B.1. Tierras forestales: existencias promedio de volumen comercial de bosque nativo por hectárea a la edad de rotación (m^3 ha^{-1}) 336

Tabla 235. 3.B.1. Tierras forestales: duración de la rotación forestal por especie....336

Tabla 236. 3.B.1. Tierras forestales: volumen promedio comercial al momento de la cosecha de plantaciones forestales (m^3ha^{-1}) 336

Tabla 237. 3.B.1. Tierras forestales: densidad básica de madera (promedio y desviación estándar) por especie forestal exótica.....337

Tabla 238. 3.B.1. Tierras forestales: factores de expansión de biomasa comercial arbórea 337

Tabla 239. 3.B.1. Tierras forestales: factor R (relación entre raíces y biomasa aérea) para especies de árboles forestales 338

Tabla 240. 3.B.1. Tierras forestales: necromasa por región administrativa 338

Tabla 241. 3.B.1. Tierras forestales: biomasa acumulada de Tierras convertidas en tierras forestales 339

Tabla 242. 3.B.1. Tierras forestales: factor R de Tierras convertidas en tierras forestales....340

Tabla 243. 3.B.1. Tierras forestales: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 340

Tabla 244. 3.B.1. Tierras forestales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)....344

Tabla 245. 3.B.2. Tierras de cultivo: tendencia de las emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013..346

Tabla 246. 3.B.2.a. Tierras de cultivo que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 346

Tabla 247. 3.B.2.b. Tierras convertidas en tierras de cultivo: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 347

Tabla 248. 3.B.2. Tierras de cultivos: métodos aplicados por componente 348

Tabla 249. 3.B.2. Tierras de cultivos: superficie anual de tierras cultivadas incendiadas (ha), serie 1990-2013 350

Tabla 250. 3.B.2. Tierras de cultivos: superficie de tierras de distintos usos que se convierten en tierras de cultivo (ha), serie 1990-2013 350

Tabla 251. 3.B.2. Tierras de cultivos: datos de actividad paramétricos aplicados a la componente "3B2b. Tierras convertidas en tierras de cultivo" 351

Tabla 252. 3.B.2. Tierras de cultivos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 352

Tabla 253. 3.B.2. Tierras de cultivo: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 353

Tabla 254. 3.B.3. Pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 356

Tabla 255. 3.B.3.b. Tierras convertidas en pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 356

Tabla 256. 3.B.3. Pastizales: métodos aplicados por componente 357

Tabla 257. 3.B.3. Pastizales: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 358

Tabla 258. 3.B.3. Pastizales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 359

Tabla 259. 3.B.4. Humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 361

Tabla 260. 3.B.4.b. Tierras convertidas en humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 362

Tabla 261. 3.B.4. Humedales: métodos aplicados por componente 362

Tabla 262. 3.B.4. Humedales: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 364

Tabla 263. 3.B.4. Humedales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 365

Tabla 264. 3.B.5. Asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 366

Tabla 265. 3.B.5.b. Tierras convertidas en asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 367

Tabla 266. 3.B.5. Asentamientos: métodos aplicados por componente 368

Tabla 267. 3.B.5. Asentamientos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 369

Tabla 268. 3.B.5. Asentamientos: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 370

Tabla 269. 3.B.6. Otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 372

Tabla 270. 3.B.6.b. Tierras convertidas en otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 373

Tabla 271. 3.B.6. Otras tierras: métodos aplicados por componente 373

Tabla 272. 3.B.6. Otras tierras: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 374

Tabla 273. 3.B.6. Otras tierras: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 375

Tabla 274. 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 377

Tabla 275. 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra: métodos aplicados por subcategoría 378

Tabla 276. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 379

Tabla 277. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: métodos aplicados por componente 380

Tabla 278. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: superficie (ha) por tipo de cultivo, serie 1990-2013 383

Tabla 279. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: residuos agrícolas generados anualmente (toneladas ms) por la producción de cada tipo de cultivos, serie 1990-2013.....384

Tabla 280. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de cultivos anuales 385

Tabla 281. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de huertos frutales 385

Tabla 282. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de hortalizas 386

Tabla 283. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de forrajeras 386

Tabla 284. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de cultivos anuales, por cultivo y región 391

Tabla 285. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de huertos frutales, por cultivo y región 391

Tabla 286. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de hortalizas, por cultivo y región 392

Tabla 287. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de forrajeras, por cultivo y región 392

Tabla 288. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factores de emisión por defectos aplicados para Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras Forestales.....393

Tabla 289. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factores de emisión por defectos aplicados para Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras de Cultivo 393

Tabla 290. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factores de emisión por defectos aplicados para Emisiones no CO_2 por quema de biomasa de Pastizales 393

Tabla 291. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 394

Tabla 292. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 395

Tabla 293. 3.C.2. Encalado: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013.....397

Tabla 294. 3.C.2. Encalado: métodos aplicados por subcategoría 397

Tabla 295. 3.C.2. Encalado: consumo nacional anual de calcita (toneladas) aplicado a los suelos agrícolas, serie 1990-2013.....398

Tabla 296. 3.C.2. Encalado: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 399

Tabla 297. 3.C.3. Aplicación de urea: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013.....400

Tabla 298. 3.C.3. Aplicación de urea: métodos aplicados por subcategoría 401

Tabla 299. 3.C.3. Aplicación de urea: consumo nacional anual de urea (toneladas) aplicada a suelos agrícolas, serie 1990-2013 402

Tabla 300. 3.C.3. Aplicación de urea: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 403

Tabla 301. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 .405

Tabla 302. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: métodos aplicados por componente 406

Tabla 303. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: aplicación de nitrógeno a los suelos (toneladas) por componente, serie 1990-2013 408

Tabla 304. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: factores de emisión por defecto 409

Tabla 305. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 409

Tabla 306. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 411

Tabla 307. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 413

Tabla 308. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: métodos aplicados por componente.....413

Tabla 309. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: aplicación de nitrógeno a los suelos (toneladas) que es emitido a la atmosfera por volatilización, serie 1990-2013.....414

Tabla 310. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: aplicación de nitrógeno a los suelos (toneladas) que es emitido a la atmosfera por escorrentía y lixiviación, serie 1990-2013 415

Tabla 311. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: factores de emisión por defecto 415

Tabla 312. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 416

Tabla 313. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)....417

Tabla 314. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 418

Tabla 315. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: métodos aplicados por componente 419

Tabla 316. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 .420

Tabla 317. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)....421

Tabla 318. 3.C.7. Cultivo del arroz: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 422

Tabla 319. 3.C.7. Cultivo del arroz: métodos aplicados por subcategoría 423

Tabla 320. 3.C.7. Cultivo del arroz: superficie de arroz cosechada anualmente (ha) 425

Tabla 321. 3.C.7. Cultivo del arroz: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 426

Tabla 322. Sector Residuos: homologación de términos para las categorías del sector 429

Tabla 323. Sector Residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 431

Tabla 324. Sector Residuos: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013....432

Tabla 325. Sector Residuos: métodos aplicados por categoría 433

Tabla 326. 4.A. Disposición de residuos sólidos: Homologación tipos de SDRS a nivel nacional según las Directrices del IPCC de 2006..434

Tabla 327. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 434

Tabla 328. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por macrozonas, serie 1990-2013....435

Tabla 329. 4.A. Disposición de residuos sólidos: datos de actividad del total y fracción de Residuos Sólidos Municipales (RSM), lodos y CH_4 recuperado en SDRS a nivel nacional (Gg), serie 1990-2013 438

Tabla 330. 4.A. Disposición de residuos sólidos: datos paramétricos. 439

Tabla 331. 4.A. Disposición de residuos sólidos: factores de corrección de metano (MCF) 439

Tabla 332. 4.A. Disposición de residuos sólidos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013 439

Tabla 333. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 442

Tabla 334. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: cantidad total de residuos en compostaje (t, base húmeda). 444

Tabla 335. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: factores de emisión. 444

Tabla 336. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013....445

Tabla 337. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013. 447

Tabla 338. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: datos de actividad (Gg), serie 1990-2013. 449

Tabla 339. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: datos paramétricos de los residuos hospitalarios 450

Tabla 340. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: factores de emisión 450

Tabla 341. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013....450

Tabla 342. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 452

Tabla 343. 4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 453

Tabla 344. 4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales: métodos aplicados por subcategoría 454

Tabla 345. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: población por ingresos, serie 1990-2013 458

Tabla 346. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: homologación de tratamiento y sistemas de descarga de aguas servidas de la población urbana baja y población rural 459

Tabla 347. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: grado de utilización de tratamiento y sistemas de descarga de aguas servidas (T_{ij}) de la población urbana baja, serie 1990–2013 459

Tabla 348. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: grado de utilización de tratamiento y sistemas de descarga de aguas servidas (T_{ij}) de la población rural, serie 1990-2013 460

Tabla 349. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: homologación de tratamientos de aguas servidas de la población urbana alta 460

Tabla 350. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: grado de utilización de tratamientos de aguas servidas (T_{ij}) de la población urbana alta, serie 1990–2013. 461

Tabla 351. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: componente orgánico separado como lodo (S) por tipo de tratamiento, kg DBO/año, serie 1990–2013. 462

Tabla 352. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: metano recuperado (kg CH_4/año), serie 1990-2013.....462

Tabla 353. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: consumo de proteína per cápita (kg/persona/año), serie 1990-2013.....463

Tabla 354. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: factor corrector del metano (MCF) para los diferentes sistemas de descarga y tratamiento. 464

Tabla 355. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: incertidumbre combinada, 2013.....464

Tabla 356. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....466

Tabla 357. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: sectores industriales y tipo de tratamiento, serie 1990-2013 467

Tabla 358. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: generación de aguas residuales (W_i) 470

Tabla 359. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: producción (miles de toneladas/año) de los sectores industriales serie 1990-2013.....471

Tabla 360. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: valores de DBO y DQO por industria. 472

Tabla 361. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: valores de DQO (g/l) por industria, serie 1990-2013 473

Tabla 362. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: factor corrector del metano (MCF) para los diferentes sistemas de descarga y tratamiento 474

Tabla 363. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: resumen incertidumbre combinada, 2013 474

Tabla 364. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....476

Tabla 365. Recálculos: comparación de los balances de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 478

Tabla 366. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Energía (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....479

Tabla 367. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector IPPU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....480

Tabla 368. Recálculos: comparación de los balances de GEI del sector AFOLU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....481

Tabla 369. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Residuos (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....482

Tabla 370. Intensidad de GEI: indicadores regionales per cápita y Producto Interno Bruto 502

Tabla 371. Resumen de brechas, barreras y necesidades del ámbito INGEI 506

Tabla 372. Estado de las necesidades referidas al INGEI de Chile identificadas en el ICA del Primer IBA de Chile 508

Tabla 373. Otra información relevante: apoyo entregado por el SNICHILE.....509

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura RE 1. Estructura organizacional del SNICHILE 31
Figura RE 2. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 34
Figura RE 3. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 35
Figura RE 4. Producción de electricidad y calor como actividad principal: generación eléctrica por tipo de fuente y emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 36
Figura RE 5. Transporte: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 37
Figura RE 6. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 38
Figura RE 7. Sector AFOLU: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 40
Figura RE 8. Tierras forestales: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 41
Figura RE 9. Sector Residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 42

Figura 1. Superficie* de las regiones administrativas de Chile 47
Figura 2. Mapa geomorfológico de Chile 48
Figura 3. Macrobioclimas de Chile 49
Figura 4. Estructura organizacional del SNICHILE 55
Figura 5. Ciclo bienal del plan de trabajo del SNICHILE 59
Figura 6. Mapa de proceso para la actualización del ISGEI de Energía y la compilación del INGEI de Chile 67
Figura 7. Mapa de proceso del SRT del sector Energía 68
Figura 8. Proceso de actualización del INGEI de Chile 72
Figura 9. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 89
Figura 10. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013 90
Figura 11. INGEI de Chile: balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 91
Figura 12. INGEI de Chile: emisiones de CH4 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 92
Figura 13. INGEI de Chile: emisiones de N_2O (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 93
Figura 14. INGEI de Chile: emisiones de Gases fluorados (Gg CO_2 eq) por grupo, serie 1990-2013 94
Figura 15. INGEI de Chile: emisiones de GEI totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 95
Figura 16. INGEI de Chile: emisiones de GEI total (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013 96
Figura 17. INGEI de Chile: emisiones de CO_2 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 97
Figura 18. INGEI de Chile: emisiones de CH_4 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 98
Figura 19. INGEI de Chile: emisiones de N_2O totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 99
Figura 20. INGEI de Chile: balance de GEI por PIB y emisiones de GEI totales por PIB (t CO_2 eq/MMCLP), serie 1990-2013 100
Figura 21. INGEI de Chile: balance de GEI per cápita y emisiones de GEI totales per cápita (t CO_2 eq per cápita), serie 1990-2013 101
Figura 22. Sector Energía: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU) 104
Figura 23. Sector Energía: participación del sector en las emisiones de GEI totales (incluyendo FOLU) 104
Figura 24. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 105
Figura 25. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 106
Figura 26. Sector Energía: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 107
Figura 27. Sector Energía: consumo bruto de energéticos primarios (TJ) por energético, serie 1990-2013 108
Figura 28. Sector Energía: consumo final de combustibles (TJ) por tipo de combustible, serie 1990-2013 109

Figura 29. Balance Nacional de Energía: diagrama de flujo de los energéticos de Chile, 2013 112

Figura 30. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 115

Figura 31. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tipo de combustible, serie 1990-2013 116

Figura 32. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Método de referencia, serie 1990-2013 118

Figura 33. 1.A. Actividades de quema de combustible: diferencia porcentual entre las emisiones de CO_2 del Método sectorial y el Método de referencia, serie 1990-2013 118

Figura 34. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Actividades de quema de combustible (IEA), incluyendo su diferencia, serie 1990-2013 121

Figura 35. 1.A. Actividades de quema de combustible: diferencia porcentual entre las emisiones de CO_2 del Método sectorial y Actividades de quema de combustible (IEA), serie 1990-2013 121

Figura 36. Combustible del transporte internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) de la Aviación internacional y de la Navegación internacional, serie 1990-2013 122

Figura 37. Aviación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 124

Figura 38. Navegación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 125

Figura 39. Biomasa: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 126

Figura 40. 1.A.1. Industrias de la energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 129

Figura 41. 1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 130

Figura 42. 1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal: generación eléctrica por tipo de fuente y emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 130

Figura 43. 1.A.1. Industrias de la energía: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 137

Figura 44. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 139

Figura 45. 1.A.2.i. Minería (con excepción de combustibles) y cantería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 140

Figura 46. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 148

Figura 47. 1.A.3. Transporte: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 150

Figura 48. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 151

Figura 49. 1.A.3.b 1.A.3.b.i. Automóviles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013 152

Figura 50. 1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013 152

Figura 51. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 153

Figura 52. 1.A.3.b. Transporte terrestre: comparación entre consumo de diésel y gasolina entre el BNE y el estimado a través del parque vehicular, el nivel de actividad y el factor de consumo 157

Figura 53. 1.A.3. Transporte: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 162

Figura 54. 1.A.4. Otros sectores: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 164

Figura 55. 1.A.4.b. Residencial: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013 164

Figura 56. 1.A.4. Otros sectores: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 170

Figura 57. 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 172

Figura 58. 1.B.1. Combustibles sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 174

Figura 59. 1.B.2. Petróleo y gas natural: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 180

Figura 60. Sector IPPU: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU) 187

Figura 61. Sector IPPU: participación del sector en el balance de GEI (incluyendo FOLU) 188

Figura 62. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013.....189

Figura 63. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....190

Figura 64. Sector IPPU: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013.....191

Figura 65. 2.A. Industria de los minerales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....193

Figura 66. 2.A.1. Producción de cemento: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....199

Figura 67. 2.A.2. Producción de cal*: c*omparación entre la estimación de emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) aplicando el método Nivel 1 y el método Nivel 2, serie 1990-2013.....204

Figura 68. 2.A.3. Producción de vidrio: comparación de producción de vidrio recopilada versus producción estimada, serie 1990-2013.....208

Figura 69. 2.A.3. Producción de vidrio*:* comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....209

Figura 70. 2.B. Industria química: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....211

Figura 71. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013.....217

Figura 72. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....222

Figura 73. 2.C. Industria de los metales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....224

Figura 74. 2.C.1. Producción de hierro y acero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013.....226

Figura 75. 2.C.1. Producción de hierro y acero: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....230

Figura 76. 2.D. Uso de productos no energéticos de combustible y solvente: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq por subcategoría, serie 1990-2013.....236

Figura 77. 2.D.1. Uso de lubricantes: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....241

Figura 78. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....245

Figura 79. 2.F. Uso de productos sustitutos que las sustancias que agotan la capa de ozono: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....247

Figura 80. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....253

Figura 81. 2.F.3. Protección contra incendios: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....258

Figura 82. 2.F.4. Aerosoles: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).....262

Figura 83. 2.G. Manufactura y utilización de otros productos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....264

Figura 84. 2.G.1. Equipos eléctricos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013.....265

Figura 85. Sector AFOLU: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU).....272

Figura 86. Sector AFOLU: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU).....272

Figura 87. Sector AFOLU: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013.....273

Figura 88. Sector AFOLU: emisiones y absorciones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013.....274

Figura 89. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.....276

Figura 90. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente animal, serie 1990-2013.....277

Figura 91. 3.A.1. Ganadería: relación entre las categorías y subcategorías.....278

Figura 92. 3.A.1. Fermentación entérica: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013.....281

Figura 93. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Ganado vacuno (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013.....289

Figura 94. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Porcinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013 290

Figura 95. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Aves de corral (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013 291

Figura 96. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Caprinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013 291

Figura 97. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación entre emisiones de CH_4 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 292

Figura 98. 3.A.2. Gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 294

Figura 99. 3.A.2. Gestión del estiércol: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 299

Figura 100. 3.B. Tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 302

Figura 101. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 309

Figura 102. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por principales subcomponentes, serie 1990-2013..311

Figura 103. 3.B.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 312

Figura 104. 3.B.1.a.i. Incremento en biomasa: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013 313

Figura 105. 3.B.1.a.i.4. Plantaciones forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013 314

Figura 106. 3.B.1.a.iii. Cosecha: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013 315

Figura 107. 3.B.1.a.v. Perturbaciones: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por fuente, serie 1990-2013 316

Figura 108. Incendios forestales: superficie anual afectada por incendios (ha) y emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 316

Figura 109. Incendios forestales: balance de GEI (Gg CO_2 eq) con y sin incendios forestales, serie 1990-2013 317

Figura 110. 3.B.1.b. Tierras convertidas en tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 318

Figura 111. 3.B.1.b.vi. Tierras en transición a tierras forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013 318

Figura 112. 3.B.1. Tierras forestales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 344

Figura 113. 3.B.2. Tierras de cultivo: tendencia de las emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 346

Figura 114. 3.B.2.a. Tierras de cultivo que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 347

Figura 115. 3.B.2.b. Tierras convertidas en tierras de cultivo: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 348

Figura 116. 3.B.2. Tierras de cultivo: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 354

Figura 117. 3.B.3. Pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 356

Figura 118. 3.B.3.b. Tierras convertidas en pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 357

Figura 119. 3.B.3. Pastizales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 360

Figura 120. 3.B.4. Humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 361

Figura 121. 3.B.4.b. Tierras convertidas en humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 362

Figura 122. 3.B.4. Humedales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 365

Figura 123. 3.B.5. Asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 367

Figura 124. 3.B.5.b. Tierras convertidas en asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 368

Figura 125. 3.B.5. Asentamientos: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 371

Figura 126. 3.B.6. Otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 372

Figura 127. 3.B.6.b. Tierras convertidas en otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013 373

Figura 128. 3.B.6. Otras tierras: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 376

Figura 129. 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 378

Figura 130. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 380

Figura 131. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 396

Figura 132. 3.C.2. Encalado: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 397

Figura 133. 3.C.3. Aplicación de urea: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 401

Figura 134. 3.C.3. Aplicación de urea: comparación de la cantidad anual de urea aplicada a suelos (toneladas) entre las estadísticas de FAOSTAT y ODEPA 402

Figura 135. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 405

Figura 136. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 411

Figura 137. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 413

Figura 138. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 417

Figura 139. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 419

Figura 140. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 421

Figura 141. 3.C.7. Cultivo del arroz: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013 423

Figura 142. Sector Residuos: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU) 430

Figura 143. Sector Residuos: participación del sector en el balance de GEI (incluyendo FOLU) 431

Figura 144. Sector Residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013 432

Figura 145. Sector Residuos: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 432

Figura 146. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013 435

Figura 147. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por macrozonas, serie 1990-2013 436

Figura 148. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 442

Figura 149. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: tendencia de las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013 447

Figura 150. 4.C. Incineración de residuos: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 452

Figura 151. 4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría serie 1990-2013 454

Figura 152. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 466

Figura 153. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 476

Figura 154. Recálculos: comparación de los balances de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 479

Figura 155. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Energía (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 480

Figura 156. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector IPPU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 481

Figura 157. Recálculo: comparación de los balances de GEI del sector AFOLU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 482

Figura 158. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Residuos (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010) 483

Figura 159. INGEI de Chile: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por región, serie 1990-2013 486

Figura 160. INGEI de Chile: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por región y sector, 2013 487

Figura 161. Arica y Parinacota: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 487

Figura 162. Arica y Parinacota: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 488

Figura 163. Tarapacá: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 488

Figura 164. Tarapacá: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 489

Figura 165. Antofagasta: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 489

Figura 166. Antofagasta: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 490

Figura 167. Atacama: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 490

Figura 168. Atacama: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 491

Figura 169. Coquimbo: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 491

Figura 170. Coquimbo: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 492

Figura 171. Valparaíso: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 492

Figura 172. Valparaíso: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 493

Figura 173. Metropolitana: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 493

Figura 174. Metropolitana: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 494

Figura 175. O´Higgins: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 494

Figura 176. O´Higgins: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 495

Figura 177. Maule: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 495

Figura 178. Maule: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 496

Figura 179. Biobío: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 496

Figura 180. Biobío: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 497

Figura 181. Araucanía: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 497

Figura 182. Araucanía: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 498

Figura 183. Los Ríos: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 498

Figura 184. Los Ríos: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 499

Figura 185. Los Lagos: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 499

Figura 186. Los Lagos: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 500

Figura 187. Aisén: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 500

Figura 188. Aisén: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 501

Figura 189. Magallanes: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013 501

Figura 190. Magallanes: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013 502

Figura 191. Intensidad de GEI: balance de GEI per cápita por región, 2013 503

Figura 192. Intensidad de GEI: emisiones de GEI totales per cápita por región, 2013 503

Figura 193. Intensidad de GEI: balance de GEI por PIB por región, 2013 503

Figura 194. Intensidad de GEI: emisiones de GEI totales por PIB por región, 2013 503

RESUMEN EJECUTIVO

PUNTOS CLAVES INGEI 1990-2013

- En el 2013, las emisiones de gases de efecto invernadero totales del país (excluyendo *FOLU*) fueron de 109.908,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 113,4 % desde 1990 y en un 19,3 % desde el 2010. El principal GEI emitido fue el CO_2 (78,4 %), seguido del CH_4 (10,7 %), N_2O (10,0 %), y los Gases fluorados (0,9 %).

- El sector *Energía* es el principal emisor de GEI (77,4 %), mayoritariamente por el consumo de carbón mineral y diésel para la generación eléctrica y el consumo de diésel en el transporte terrestre.

- El sector *Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra* (*AFOLU*) es el único que absorbe CO_2 en el país, y se mantiene como sumidero durante toda la serie temporal. Las absorciones netas del sector fueron de -26.119,2 Gg CO_2 eq debido principalmente al incremento de la biomasa en plantaciones forestales y en renovales de bosque nativo.

- El balance entre emisiones y absorciones de GEI de Chile (incluyendo *FOLU*) alcanzó los 70.054,4 Gg CO_2 eq.

RE.1. INTRODUCCIÓN

El presente es el *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, serie 1990-2013*, que contiene el Cuarto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile (INGEI de Chile) presentado por el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en cumplimiento del artículo 4, párrafo 1(a), y del artículo 12, párrafo 1(a), de dicha Convención, y de la decisión 1 de la Conferencia de las Partes número 16 de Cancún, en 2010.

El INGEI de Chile abarca todo el territorio nacional e incluye las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO_2) y las emisiones de metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6) en una serie de tiempo que va desde 1990 a 2013. Las estimaciones de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) regionales hacen referencia al 2013 (último año del inventario), a menos que se especifique algo distinto.

RE.2. ANTECEDENTES

El 21 de marzo de 1994 entró en vigor la CMNUCC, ratificada por Chile el mismo año, con el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Para lograr dicho objetivo, todos los países miembros de la CMNUCC deben elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar inventarios nacionales de sus GEI (INGEI).

Los INGEI consisten en un listado numérico exhaustivo de la contabilización de cada uno de los GEI antropógenos liberados o absorbidos desde la atmósfera en un área y en un período específico, generalmente correspondiente a un año calendario. Los INGEI tienen por objetivo determinar la magnitud de las emisiones y absorciones de GEI nacionales que son atribuibles directamente a la actividad humana, así como la contribución específica del país al fenómeno del cambio climático.

Para los países en desarrollo, como Chile, los INGEI deben ser presentados ante la CMNUCC como parte de las comunicaciones nacionales (cada cuatro años) y de los informes bienales de actualización (cada dos años a partir del 2014).

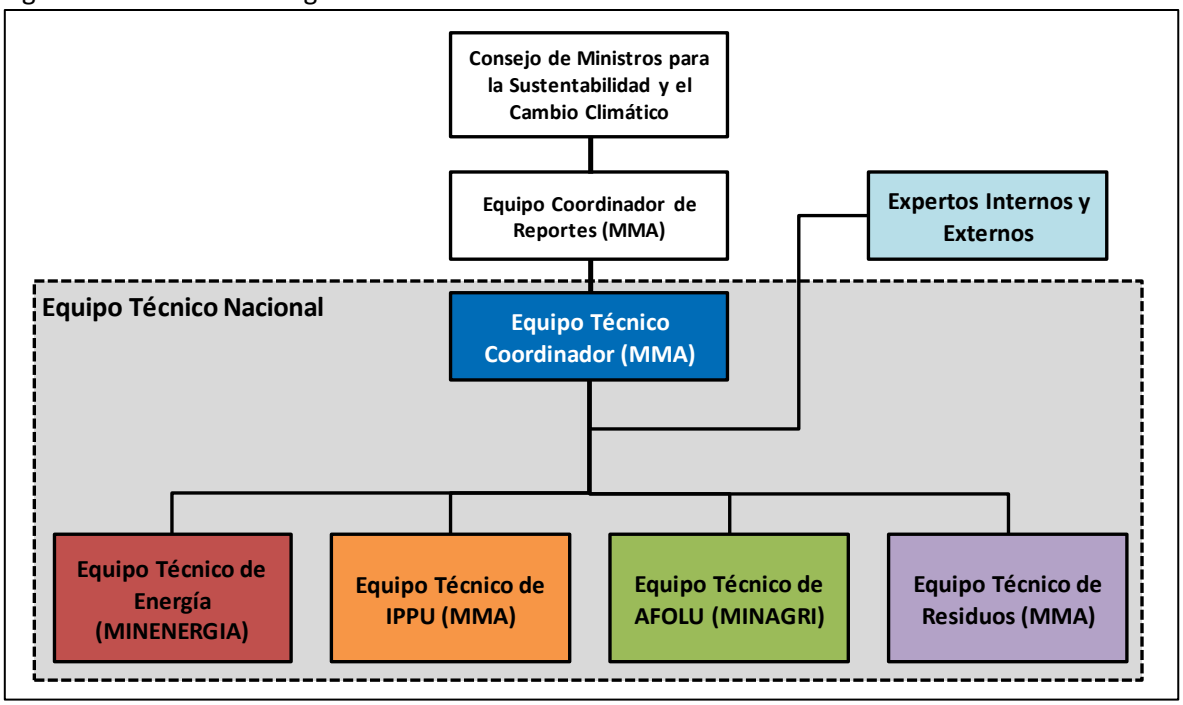
RE.3. ARREGLOS INSTITUCIONALES

Para el cumplimiento de los compromisos de reporte por parte de Chile, el Departamento de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos del Ministerio del Medio Ambiente diseñó, implementó y ha coordinador, desde 2012, el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE), el cual contiene las medidas institucionales, jurídicas y de procedimiento establecidas para la actualización bienal del INGEI de Chile.

El trabajo permanente del SNICHILE está dividido en cinco líneas de acción que cubren las áreas y actividades requeridas para la actualización del INGEI de Chile. Estas líneas de acción son:

Operación del SNICHILE: gestión permanente del SNICHILE mediante la mantención de una estructura organizacional descentralizada, internalizada en el aparato estatal e independiente de otros inventarios de contaminantes, de modo que los inventarios de GEI son el resultado del esfuerzo colectivo de los Ministerios de Agricultura, Energía y Medio Ambiente, los cuales poseen roles y responsabilidades definidas (Figura RE 1).

Figura RE 1. Estructura organizacional del SNICHILE



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Actualización del INGEI de Chile: implementación y mantención de un plan de trabajo bienal con actividades, plazos y presupuestos para el trabajo del Equipo Técnico Nacional. En general, en el primer año del ciclo se actualizan los inventarios de GEI de cada sector, mientras que en el segundo año se compilan y desarrollan los temas transversales del INGEI de Chile.

Sistema de garantía y control de calidad: mejoramiento de la calidad del INGEI de Chile mediante el establecimiento y la implementación de procedimientos de garantía de la calidad, control de la calidad y verificación. Además, para identificar y priorizar las potenciales mejoras del INGEI de Chile se elabora un plan de mejoramiento continuo.

Creación y mantención de capacidades: incremento de las capacidades técnicas de los profesionales del Equipo Técnico Nacional del SNICHILE para la generación de inventarios de GEI de calidad.

Archivo y difusión: gestión y resguardo de la información relacionada con el SNICHILE en el Sistema de Registro Tabular, de modo de asegurar la transparencia del INGEI de Chile. El principal medio de difusión es la plataforma www.snichile.cl

RE.4. ELABORACIÓN DEL INGEI DE CHILE

El INGEI de Chile fue elaborado siguiendo las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, en donde los sectores económicos de un país se agrupan en cuatro sectores que comparten características relativas a los procesos que generan emisiones o absorciones de GEI. Estos sectores son *Energía*; *Procesos industriales y uso de productos* (IPPU); *Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra* (AFOLU) y *Residuos*.

La elaboración del INGEI de Chile, durante el 2015 y 2016, es el resultado de la actualización de cada inventario sectorial de GEI (ISGEI) y la posterior compilación de los ISGEI.

La compilación del INGEI de Chile y el desarrollo de los temas transversales (categorías principales, incertidumbre, garantía y control de la calidad, evaluación de la exhaustividad) fue elaborado por el Departamento de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos (DMI) de la División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente. Siguiendo los lineamientos específicos de la CMNUCC para la presentación de INGEI.

El ISGEI de Energía fue elaborado por la División de Prospectiva y Política Energética del Ministerio de Energía. Para estimar las emisiones de GEI del sector se usaron datos de actividad provenientes, mayoritariamente, del Balance Nacional de Energía elaborado por el mismo equipo del MINENERGIA. Ante la ausencia de factores de emisión país específico se usaron factores de emisión por defecto obtenidos de las *Directrices del IPCC de 2006* para todas las categorías.

El ISGEI de IPPU fue elaborado por el DMI del MMA. Para estimar las emisiones de GEI del sector se usaron datos de actividad provenientes de los anuarios públicos de las empresas productivas y de las estadísticas oficiales de Chile del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Se usaron factores de emisión país específico para las producciones de cal, cemento y vidrio, mientras que para el resto de las categorías fueron usados factores de emisión por defecto obtenidos de las *Directrices del IPCC de 2006*.

El ISGEI de AFOLU fue elaborado por distintos servicios del Ministerio de Agricultura (MINAGRI), como la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Instituto Forestal (INFOR) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Para estimar las emisiones y absorciones de GEI del sector se usaron datos de actividad provenientes principalmente de los *Censos Agropecuarios y Forestales*, *Catastros Vegetacionales e Inventarios Forestales Continuos*. Se usaron factores de emisión país específicos para la fermentación entérica (ganado bovino), manejo del estiércol (ganado bovino y porcino) y tierras forestales, mientras que para los otros usos de la tierra se usaron factores de emisión por defecto obtenidos de las *Directrices del IPCC de 2006.*

El ISGEI de Residuos fue elaborado por la Oficina de Residuos y Riesgo Ambiental y el DMI, ambos del MMA. Para estimar las emisiones de GEI del sector se usaron datos de actividad provenientes de los *Censos* de población del INE, estadísticas de residuos sólidos del MMA y caudales de aguas residuales y lodos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Para todas las categorías se usaron factores de emisión por defecto obtenidos de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Cada inventario sectorial de GEI y el INGEI de Chile ha sido sujeto a un proceso permanente de control interno durante su elaboración para garantizar la calidad del proceso y sus resultados.

RE.5. TENDENCIAS DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI DE CHILE

En 2013, el balance de GEI[1] de Chile contabilizó 70.054,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 774,9 % desde 1990 y en un 43,8 % desde 2010 (Tabla RE 1 y Figura RE 2) mientras que las emisiones de GEI totales[2] del país contabilizaron 109.908,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 113,4 % desde 1990 y en un 19,3 % desde 2010. Los principales causantes de la tendencia del balance de GEI son las emisiones de CO_2 generadas por la quema de combustibles fósiles (contabilizadas en el sector *Energía*) y las absorciones de CO_2 de las tierras forestales (contabilizadas en el sector *AFOLU*). Los valores observados que escapan de la tendencia del balance de GEI (especialmente en 1998 y 2002) son consecuencias, principalmente, de las emisiones de GEI generadas por los incendios forestales (contabilizadas en el sector *AFOLU*).

Respecto al balance de GEI en términos absolutos[3] por sector (Figura RE 2), el sector *Energía* representó un 69,6 %, seguido del sector *AFOLU* (21,4 %), del sector *IPPU* (5,4 %), y por último del sector *Residuos* (3,7 %). Esto demuestra la relevancia significativa que tiene el sector *Energía* dentro del balance de GEI del país.

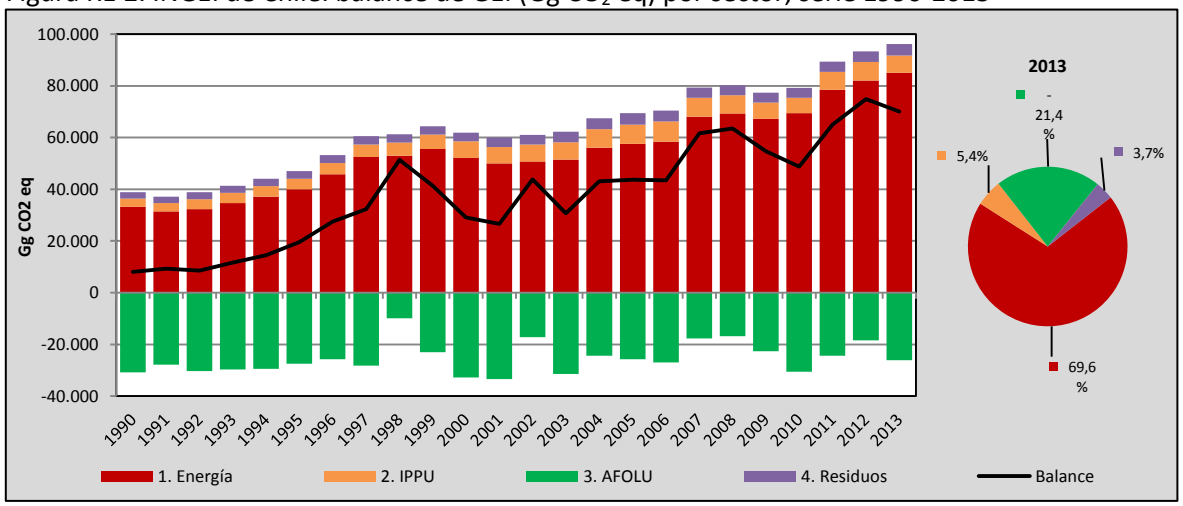
Tabla RE 1. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	33.219,5	52.122,9	69.423,7	78.527,0	82.076,6	85.075,4
2. IPPU	3.127,5	6.449,6	6.008,1	6.868,3	7.214,9	6.619,4
3. AFOLU	-30.866,3	-32.819,2	-30.514,4	-24.339,9	-18.410,7	-26.119,2
Agricultura	12.633,5	13.580,7	12.879,8	12.741,7	13.285,0	13.735,2
FOLU	-43.499,8	-46.399,9	-43.394,2	-37.081,6	-31.695,8	-39.854,4
4. Residuos	2.526,1	3.348,3	3.802,6	3.939,8	4.019,2	4.478,8
Balance (incluye FOLU)	**8.006,8**	**29.101,5**	**48.719,9**	**64.995,1**	**74.899,9**	**70.054,4**
Total (excluye FOLU)	**51.506,6**	**75.501,4**	**92.114,2**	**102.076,7**	**106.595,6**	**109.908,8**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

[1] El término «balance de GEI» o «emisiones netas» refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq). Este término incluye al sector *AFOLU* en su totalidad.
[2] En el presente informe, el término «emisiones de GEI totales» refiere solo a la sumatoria de las emisiones de GEI nacionales, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq). Este término excluye las fuentes de emisiones y sumideros de absorción de la silvicultura y otros usos de la tierra (*FOLU*) del sector *AFOLU*, pero incluye las emisiones de GEI correspondientes a la *Agricultura*.
[3] En el presente informe, el término «absoluto» refiere a la magnitud del valor. Su finalidad es comparar las magnitudes entre emisiones y absorciones de GEI.

Figura RE 2. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

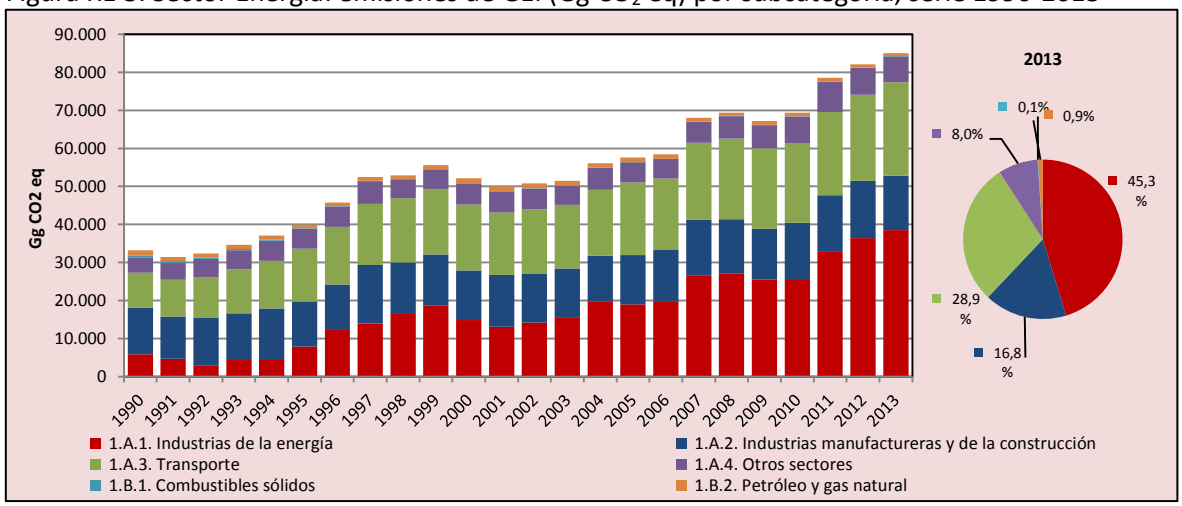
En 2013, el balance de GEI de Chile estuvo dominado por el CO_2, representando un 66,0 % en términos absolutos, seguido del CH_4 con un 16,9 %, del N_2O con un 15,7 % y de los Gases fluorados que contabilizan colectivamente el 1,4 %. Llama la atención que desde 1990 a 1994 el balance de CO_2 fue favorable a la absorción neta de este gas y que, de ahí en adelante, ha sido permanentemente favorable a la emisión.

RE.6. SECTOR ENERGÍA

El sector *Energía*, que incluye el consumo de combustibles fósiles en el país y sus emisiones fugitivas asociadas, es el principal sector emisor de GEI del país con un 69,6 % del balance de GEI en 2013. En el mismo año, sus emisiones alcanzaron los 85.075,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 156,1 % desde 1990 en un 22,5 % desde 2010, debido al aumento del consumo energético del país, incluyendo el consumo de carbón mineral y de gas natural para la generación eléctrica, así como el consumo de combustibles líquidos para transporte terrestre, mayormente diésel y gasolina (Figura RE 3).

Respecto a las subcategorías, *Industrias de la energía* (principalmente *Generación de electricidad como actividad principal*) es la de mayor importancia dentro del sector con un 45,3 % de participación en 2013, seguida de un 28,9 % de *Transporte* (principalmente el *Transporte terrestre*), 16,8 % de *Industrias manufactureras y de la construcción* y 8,0 % de *Otros sectores* (principalmente *Residencial*). La subcategoría *Petróleo y gas natural* contabilizó un 0,9 %, y *Combustibles sólidos* un 0,1 %. El principal GEI emitido por el sector fue el CO_2 (96,2 %), lo sigue el CH_4 (2,4 %) y el N_2O (1,4 %).

Figura RE 3. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

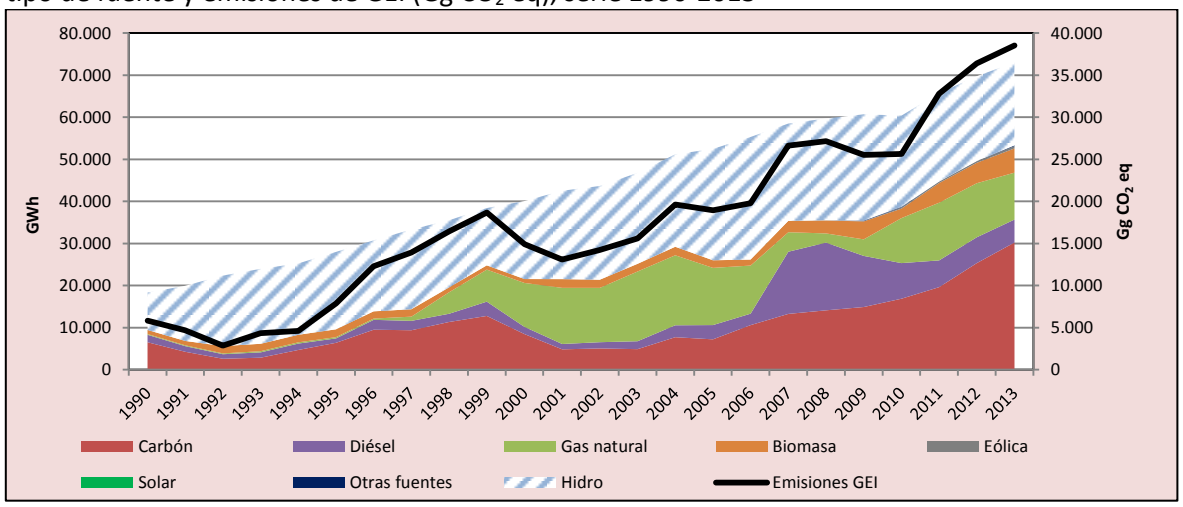
Industria de la energía

Esta subcategoría considera las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles debido a las industrias de producción energética y a las actividades de extracción de combustibles.

La subcategoría *Industria de la energía* es la principal emisora del sector *Energía* y, a su vez, es la principal fuente de emisiones a nivel nacional. En 2013, sus emisiones contabilizaron 38.518,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 559,1 % desde 1990 y en un 50,3 % desde 2010. Dentro de la subcategoría, la *Producción de electricidad y calor como actividad principal* es la de mayor importancia con un 89,4 %, seguido de 8,1 % de *Refinación del petróleo* y un 2,5 % de *Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía*. Lo último refleja que la generación eléctrica es la mayor fuente individual de GEI en el país, representando el 31,3 % de las emisiones GEI totales.

Al analizar las emisiones de GEI comparándolas con las curvas de generación eléctrica (GWh) de distintas fuentes (Figura RE 4), se aprecia que los máximos de emisión se presentan cuando decrece la generación por fuente hidráulica y aumenta el consumo de diésel y especialmente carbón, como se observa en 1999, 2008 y 2012-2013. En el período 1999-2005 se observa cómo disminuyen las emisiones de GEI debido al aumento del consumo de gas natural, que desplaza el consumo de carbón y diésel. Asimismo, desde 2007 se aprecia cómo el corte del suministro de gas natural, acompañado de una menor oferta hídrica debido a las sequías, produce un aumento en el consumo de diésel y carbón, lo que incrementa a su vez las emisiones de GEI, con lo que se retoma la tendencia al alza observada entre 1990 y 1998.

Figura RE 4. Producción de electricidad y calor como actividad principal: generación eléctrica por tipo de fuente y emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Industrias manufactureras y de la construcción

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en la industria, incluyendo la quema para generación de electricidad y calor para el uso propio de estas industrias.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 14.282,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 16,5 % desde 1990; sin embargo, han disminuido en un 3,5 % desde 2010, debido a que, en general, la actividad de la industria manufacturera en Chile no ha aumentado significativamente en los últimos veinte años. El crecimiento económico del país está más relacionado con actividades del comercio y los servicios. Dentro de la subcategoría, la *Minería y cantería* es el de mayor relevancia con un 41,5 %, seguido de un 33,5 % de *Industria no especificada*, 10,0 % *Pulpa, papel e imprenta*, 7,4 % de *Minerales no metálicos*, 5,6 % de *Sustancias químicas*, 2,0 % *Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco*, y *Hierro y acero* un 0,1 %. Dentro de *Minería y cantería*, el cobre es la minería de mayor importancia con un 81,5 %, seguido de 8,9 % de minas varias, 7,4 % de salitre y 2,1 de acero.

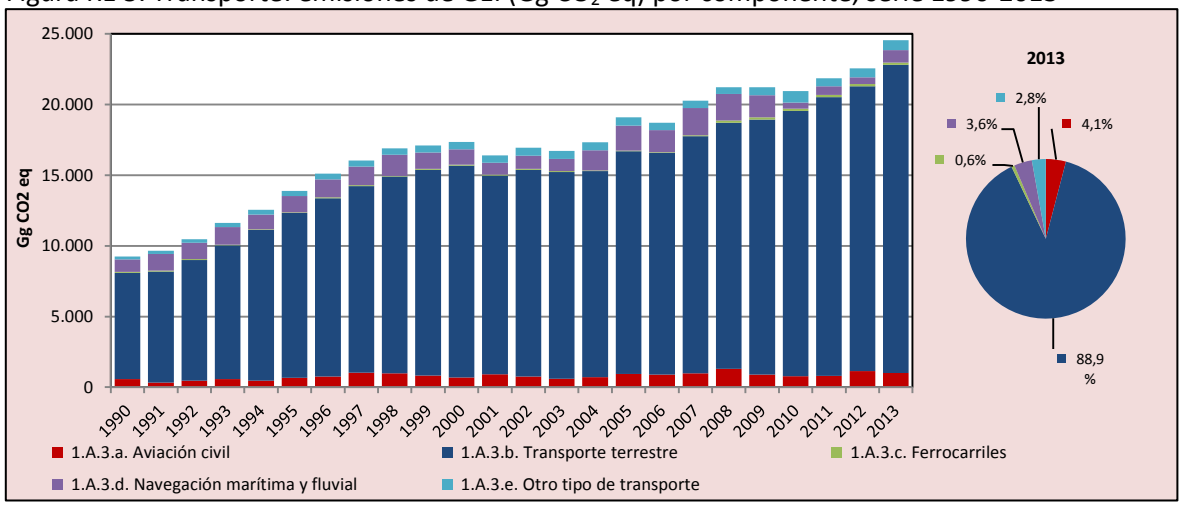
Transporte

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

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 24.545,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 165,4 % desde 1990 y en un 17,1 % desde 2010 (Figura RE 5), debido al crecimiento del parque automotor nacional inducido por la expansión de la población, el mayor poder adquisitivo y el mejoramiento de la infraestructura vial en el país. Dentro de la subcategoría, el *Transporte terrestre* es el de mayor relevancia con un 88,9 % de las emisiones de GEI, seguido de un 4,1 % de *Aviación nacional*, 3,6 % de *Navegación nacional*, 2,8 % de *Otro tipo de transporte* y un 0,6 % de *Ferrocarriles*. A nivel

de las emisiones por tipo de combustible del *Transporte terrestre*, el diésel es el de mayor importancia con un 60,1 %, seguido de 39,9 % de gasolina.

Figura RE 5. Transporte: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Otros sectores

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en edificios comerciales e institucionales, en los hogares y en actividades relacionadas con la agricultura, la silvicultura, la pesca y la industria pesquera.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 6.846,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 72,2 % desde 1990 y disminuyeron en un 2,6 % desde 2010. Dentro de la subcategoría, las emisiones de la componente *Residencial* es el de mayor relevancia con un 68,8 % de las emisiones de GEI, seguido de un 20,7 % de *Comercial/Institucional* y de un 10,4 % de *Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías*. Dentro de la componente *Residencial* por tipo de combustible, el *Gas licuado de petróleo* es el de mayor importancia con un 49,8 %, seguido de un 22,4 % de *Biomasa* (incluye solo emisiones de CH_4 y N_2O), 20,2 % de *Gas natural*, 6,3 % de *Queroseno* y un 1,2 % de *Otros combustibles*.

Emisiones fugitivas: Combustibles sólidos, Petróleo y gas natural

Se consideran emisiones fugitivas a todas las emisiones intencionales o no intencionales de GEI liberadas durante la extracción, el procesamiento, almacenamiento y la distribución de combustibles fósiles.

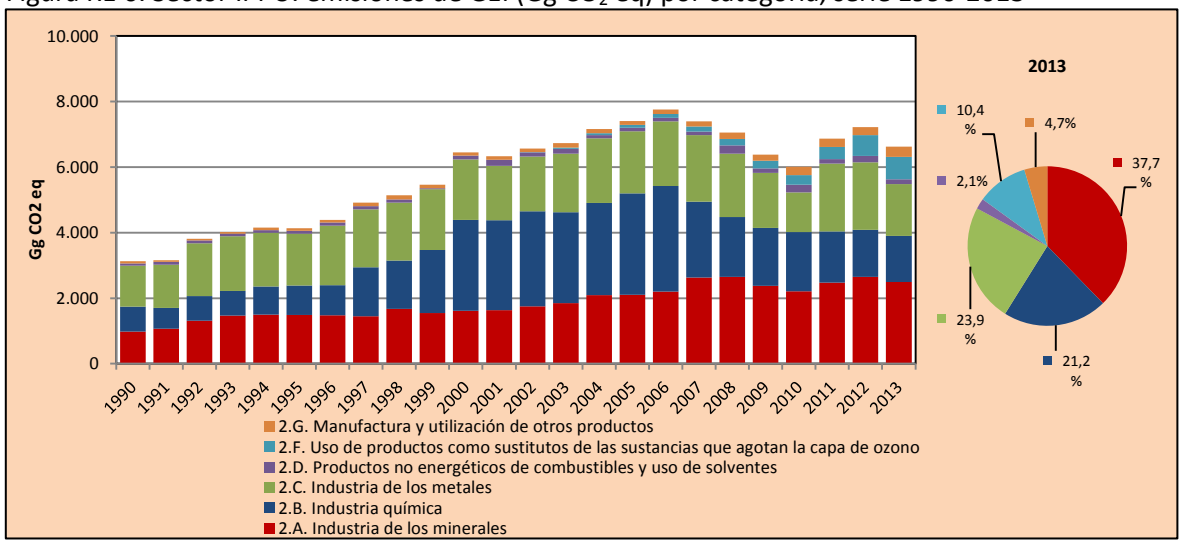
En 2013, las emisiones de GEI de ambas subcategorías contabilizaron 882,6 Gg CO_2 eq, disminuyendo en un 53,4 % desde 1990 y en un 13,3 % desde 2010, debido a la reducción de la producción de carbón de la minería subterránea y superficial, y la caída de la oferta de gas natural. Dentro de la categoría, el *Petróleo y gas natural* es la de mayor relevancia con un 89,6 %, seguido de *Combustibles sólidos* con un 10,4 % restante.

RE.7. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

El sector *IPPU*, que incluye las emisiones de GEI producidas por una gran variedad de actividades industriales que transforman materias primas por medios químicos o físicos, representó un 5,4 % del balance de GEI en 2013. En el mismo año, sus emisiones alcanzaron los 6.619,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 111,7 % desde 1990 y en un 10,2 % desde 2010, debido al aumento sostenido de las producciones de hierro y acero, cal, ácido nítrico y cemento (Figura RE 6).

Respecto a las categorías, el 37,7 % de las emisiones de GEI corresponden a *Industria de los minerales*, seguido de un 23,9 % de *Industria de los metales*, 21,2 % de *Industria química*, 10,4 % de *Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono*, un 4,7 % de *Manufactura y utilización de otros productos* y, finalmente, un 2,1 % de *Productos no energéticos de combustible y uso de solventes*. El principal GEI emitido por el sector fue el CO_2 (65,9 %), lo sigue el N_2O (18,9 %), los HFC (10,3 %), el SF_6 (4,7 %), el CH_4 (0,2 %) y los PFC (0,1 %).

Figura RE 6. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Industria de los minerales

Esta categoría incluye las emisiones de CO_2 relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 2.496,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 154,0 % desde 1990, y en un 12,7 % desde 2010, debido principalmente al aumento de la producción de cal. Dentro de la categoría, la *Producción de cal* es la de mayor relevancia con un 58,1 %, seguida de un 38,1 % de *Producción de cemento* y un 3,8 % de *Producción de vidrio*.

Industria química

Esta categoría incluye las emisiones de GEI que resultan de la producción de varios productos inorgánicos y orgánicos para los cuales la experiencia de varios países ha confirmado que contribuyen significativamente a los niveles de emisión mundial o nacional de GEI.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 1.400,9 Gg CO_2 eq (21,2 %), incrementándose en un 85,4 % desde 1990, debido al crecimiento sostenido de la *Producción de ácido nítrico, y* disminuyendo en un 22,1 % desde 2010, debido a la fuerte caída de la producción de metanol, asociada a la disminución de la oferta de gas natural, principal insumo de la industria. Dentro de la categoría, la *Producción de ácido nítrico* es la de mayor relevancia con un 89,5 %, seguida de un 10,5 % de la *Producción petroquímica y de negro de humo*.

Industria de metales

Esta categoría incluye las emisiones de GEI que resultan de la producción de metales como el hierro y acero, ferroaleaciones, plomo, cinc, aluminio, etcétera.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 1.584,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 26,8 % desde 1990 y en un 31,0 % desde 2010, debido al incremento de la producción de hierro y acero en el país. Dentro de la categoría, la *Producción de hierro y acero* es la de mayor importancia con casi un 100,0 %, seguido de la *Producción de ferroaleaciones* que tienden al 0,0 %.

Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes

La categoría incluye las emisiones de GEI que resultan de los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, excepto: i) la combustión con fines energéticos, y ii) el uso como sustancia de alimentación de procesos o como agente reductor.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 142,0 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 89,0 % desde 1990, pero disminuyendo en un 41,1 % desde 2010, debido a la disminución de este tipo de producto. Dentro de la categoría, el *Uso de lubricantes* es la de mayor relevancia con un 91,7 %, mientras que *Uso de la cera de parafina* aporta el 8,3 % restante.

Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono

Esta categoría incluye los gases de las familias de los hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) los cuales poseen un alto efecto invernadero. Los HFC y, en una medida muy limitada los PFC, sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) y que están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 686,9 Gg CO_2 eq, incrementándose abruptamente desde 2002 debido al aumento en el consumo de HFC para refrigeración y climatización. Dentro de la categoría, las emisiones de la subcategoría *Refrigeración y aire acondicionado* son la de mayor relevancia con un 89,1 %, seguida de un 8,0 % de *Aerosoles*, y de un 2,9 % de *Protección contra incendios*.

Manufactura y utilización de otros productos

Esta categoría incluye las emisiones de GEI por el uso de SF_6, PFC y N_2O en diferentes aplicaciones que se basan en las diferentes propiedades físicas de estas sustancias, como la elevada constante dieléctrica del SF_6, la estabilidad de los PFC y los efectos anestésicos del N_2O.

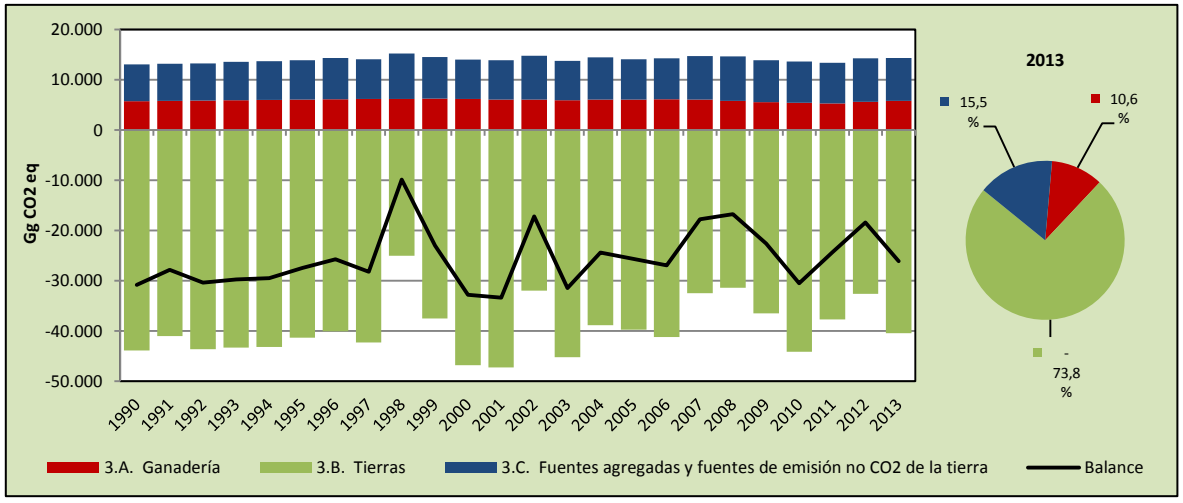
En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 308,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 380,3 % desde 1990 y en un 21,4 % desde 2010, debido al incremento de emisiones en *Equipos eléctricos*.

RE.8. SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

El sector *AFOLU*, que incluye las emisiones y absorciones de GEI asociadas a las actividades silvoagropecuarias y el cambio de uso de la tierra, es el único sector que consistentemente absorbe CO_2 en el país, lo que lo convierte en el más relevante por su potencial de mitigación. Este sector representó un 21,4 % del balance de GEI en 2013. En el mismo año, sus emisiones y absorciones alcanzaron los -26.119,2 Gg CO_2 eq, disminuyendo su condición de sumidero en un 15,4 % desde 1990 y en un 14,4 % desde 2010, debido a que las tierras forestales han disminuido su balance favorable a la absorción, mientras que las emisiones asociadas a la actividad agropecuaria, principalmente la ganadería, se han mantenido estables durante la serie 1990-2013 (Figura RE 7).

Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por categoría, el 73,8 % corresponde a *Tierras*, seguido de un 15,5 % de *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra* y, finalmente, un 10,6 % correspondiente a *Ganadería*. El principal GEI del sector fue el CO_2 (74,3 %), lo sigue el N_2O (15,2 %) y el CH_4 (10,5 %).

Figura RE 7. Sector AFOLU: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Ganadería

Esta categoría incluye las emisiones de GEI generadas por los sistemas de producción animal, en particular, la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los animales y de los sistemas y mecanismos para el almacenamiento y eliminación del estiércol.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 5.818,9 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 1,3 % desde 1990 y en un 8,1 % desde 2010, debido a los cambios experimentados por la población animal en el país. Dentro de la categoría, la *Fermentación entérica* es la de mayor importancia con un 73,6 %, debido principalmente al ganado vacuno. Le sigue la *Gestión del estiércol* con un 26,4 %, debido principalmente al crecimiento de la población de cerdos.

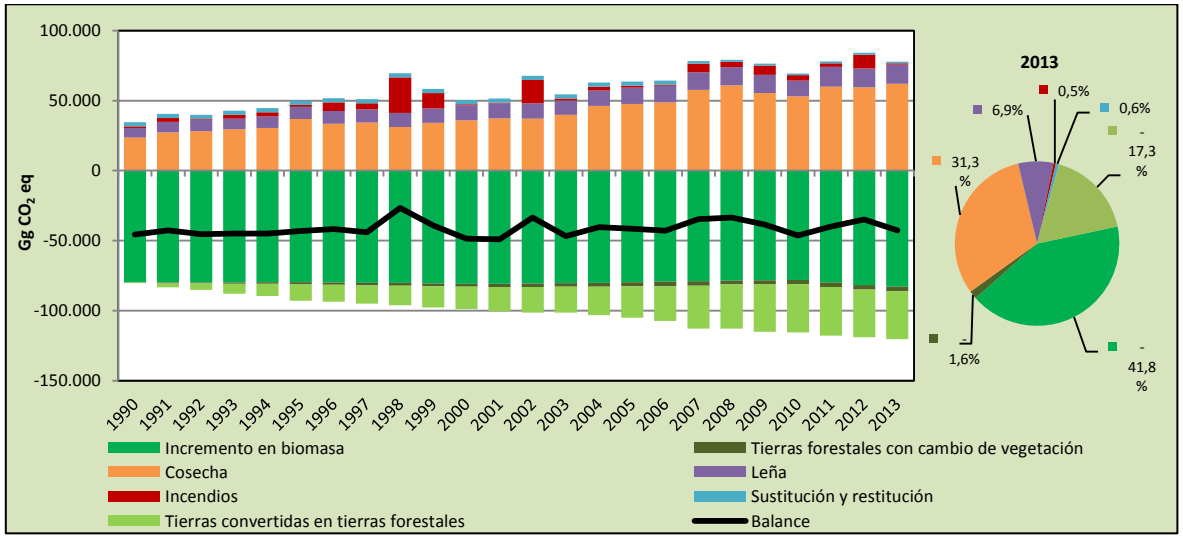
Tierras

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas como resultado del uso, gestión y cambio de uso de la tierra.

En 2013, el balance de GEI contabilizó una absorción de -40.448,8 Gg CO_2 eq. Durante toda la serie temporal el balance es favorable a la absorción, aunque ha disminuido un 7,9 % desde 1990, y un 8,3 % desde 2010, debido a actividades silvícolas como la cosecha y los incendios forestales. Dentro de la categoría, el 95,3 % corresponde a *Tierras forestales*, seguida de un 2,4 % de *Pastizales*, 1,3 % de *Otras tierras* y, finalmente, 1,1 % correspondiente al resto de usos (*Asentamientos*, *Tierras de cultivo* y *Humedales*).

Las *Tierras forestales* son el único uso de tierra que en su balance de GEI presenta la condición de sumidero, al analizar las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por componente (Figura RE 8), el *Incremento de biomasa* es el de mayor importancia con un 41,8 %, seguido de un 31,3 % de *Cosecha*, 17,3 % de *Tierras convertidas en tierras forestales*, 6,9 % de *Leña* (consumo), 1,6 % de *Tierras forestales con cambio de vegetación*, 0,6 % producto de la *Sustitución* y *Restitución*, y 0,5 % de *Incendios*.

Figura RE 8. Tierras forestales: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra

Esta categoría incluye las emisiones de GEI generadas por actividades silvoagropecuarias como las emisiones no CO_2 de la quema de biomasa, CO_2 del encalado de los suelos y aplicación de urea, N_2O directo e indirecto de la aplicación de nitrógeno a los suelos y gestión de tierras, y CH_4 del cultivo del arroz.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 8.510,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 16,4 % desde 1990 y en un 3,3 % desde 2010, debido principalmente a la aplicación de nitrógeno como fertilizante de suelos. Dentro de la categoría, el 70,4 % corresponden a *Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados*. Le siguen *Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados* con un 19,2 %, un 4,8 % de *Aplicación de urea*, 2,0 % de *Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del*

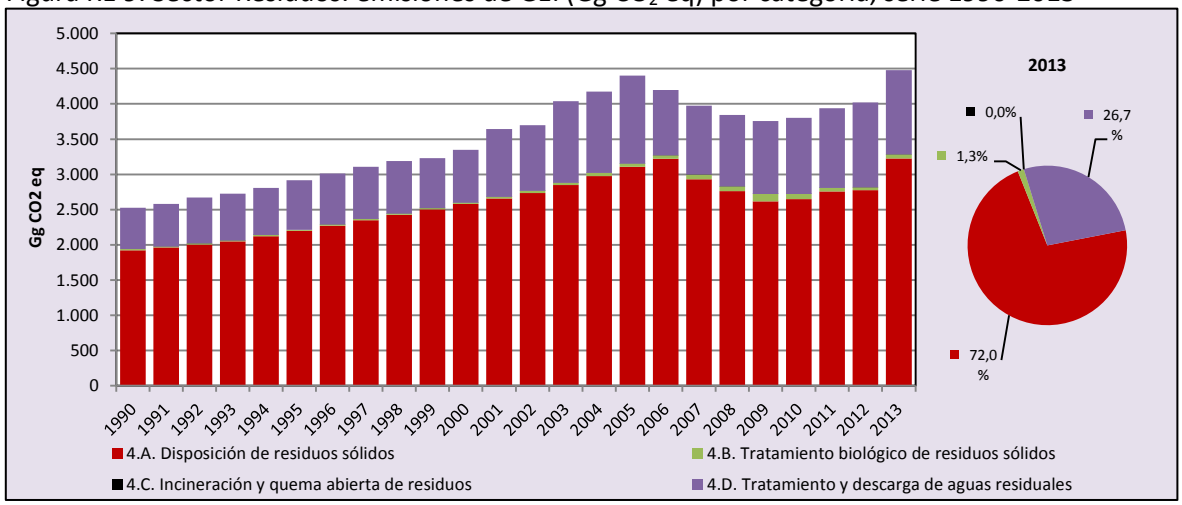
estiércol, 1,5 % de *Encalado*, 1,1 % de *Emisiones no CO_2 por quema de biomasa* y, finalmente, 1,0 % de *Cultivo del arroz*.

RE.9. SECTOR RESIDUOS

El sector *Residuos*, que incluye las emisiones de GEI resultantes de procesos microbiológicos que ocurren en la materia orgánica de residuos sólidos bajo degradación anaeróbica y del tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales, representó un 3,7 % del balance de GEI en 2013. En el mismo año, sus emisiones alcanzaron los 4.478,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 77,3 % desde 1990 y en un 17,8 % desde 2010, debido al aumento de la población y sus residuos generados (Figura RE 9).

Respecto a las categorías, el 72,0 % de las emisiones de GEI corresponden a *Disposición de residuos sólidos,* seguido de un 26,7 % de *Tratamiento y descarga de aguas residuales*, 1,3 % de *Tratamiento biológico de residuos sólidos* y, finalmente, un 0,01 % de *Incineración y quema abierta de residuos*. El principal GEI emitido por el sector fue el CH_4 (91,9 %), lo sigue el N_2O (8,1 %) y el CO_2 (0,01 %).

Figura RE 9. Sector Residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Disposición de residuos sólidos

Esta categoría incluye las emisiones de CH_4 del tratamiento y la eliminación de los residuos sólidos municipales, industriales y otros, y que son eliminados en sitios de disposición de residuos sólidos (SDRS).

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 3.225,5 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 67,8 % desde 1990 y en un 21,9 % desde 2010, debido al crecimiento sostenido de la población. Dentro de la categoría, los *Sitios de disposición de residuos gestionados* (rellenos sanitarios) es la de mayor importancia con un 71,0 %, seguido de 21,8 % de *Sitios de disposición de residuos no categorizados* (vertederos) y un 7,2 % de *Sitios de disposición de residuos no gestionados* (basurales). Desde 2006 a 2010 hay una reducción en la tendencia que se debe a la recuperación

de CH_4 en algunos rellenos sanitarios del país; sin embargo, el total de CH_4 que se recupera en Chile ha disminuido, atribuido a la baja en el precio de los créditos de carbono generados por los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Tratamiento biológico de residuos sólidos

Esta categoría incluye los GEI de los procesos que afectan la cantidad y composición de los residuos, como la fabricación de compost y la digestión anaeróbica de los residuos orgánicos. Dichos procesos permiten la reducción del volumen, estabilización del residuo, y destrucción de agentes patógenos presentes. Además, en el caso de la digestión, permiten la producción de biogás para uso energético. En el caso del compostaje el producto final puede usarse como fertilizante y abono en suelos, o bien, eliminarse en SDRS.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 57,0 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 258,1 % desde 1990 y disminuyendo en un 21,9 % desde 2010, debido al aumento de instalaciones dedicadas a esta actividad.

Incineración y quema abierta de residuos

Esta categoría incluye las emisiones de GEI que resultan de la combustión de residuos sólidos y líquidos sin recuperación de energía, mientras que la incineración abierta de residuos apunta a la combustión de materiales principalmente no deseados, de modo que el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire o a través de dispositivos de incineración que no controlan el aire de combustión.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 0,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 19.319,5 % desde 1990 y en un 26,8 % desde el 2010, debido al aumento creciente de la cantidad de residuos hospitalarios incinerados.

Tratamiento y descarga de aguas residuales

Esta categoría incluye las emisiones de GEI del tratamiento o eliminación de aguas residuales en un medio anaeróbico, como aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, y que pueden ser tratadas in situ (no recolectadas), transferidas por alcantarillado a una instalación central (recolectadas), o eliminadas sin tratamiento en las cercanías o por medio de desagües.

En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 1.195,9 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 103,5 % desde 1990 y en un 10,5 % desde 2010, debido al aumento de la población y la cobertura de la red de tratamiento de aguas domésticas. Dentro de la categoría, el *Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas* es la emisora casi única, con un 99,5 % de participación, mientras que el *Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales* alcanza solamente un 0,5 %.

RE.10. PARTIDAS INFORMATIVAS

En conformidad con los requerimientos de la CMNUCC y de las *Directrices del IPCC de 2006*, las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustible fósil en el transporte internacional aéreo y marítimo, y las emisiones de CO_2 de la biomasa que se quema con fines energéticos fueron cuantificadas y reportadas como *partidas informativas*, pero se excluyeron del balance de emisiones y absorciones de GEI del país.

Combustibles del transporte aéreo y marítimo internacional

En 2013, las emisiones de GEI de la *Aviación internacional* contabilizaron 1.711,9 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 407,1 % desde 1990, y en un 27,0 % desde 2010. Este crecimiento se debe directamente al incremento de uso de combustible debido a una mayor cantidad de pasajeros transportados al año, de acuerdo con datos del Banco Mundial.

Las emisiones de GEI de *Navegación internacional* contabilizaron 1.234,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 107,4 % desde 1990 y disminuyendo en un 46,8 % con respecto 2010. Se observa una tendencia a la disminución desde 2008, debida a la baja del comercio internacional por la crisis económica de este período.

Emisiones de CO_2 de la biomasa

En 2013, las emisiones de CO_2 de la biomasa quemada con fines energéticos contabilizaron 43.876,5 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 265,6 % desde 1990 y en un 101,7 % desde 2010. El principal causante del aumento en el consumo de leña es la sostenida expansión de la demanda del sector residencial, sumada a un cambio en la metodología de recopilación de datos de actividad a partir de 2012 en el BNE.

En 2013, las emisiones de CO_2 de la biomasa quemada con fines energéticos contabilizaron 43.876,5 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 265,6 % desde 1990 y en un 101,7 % desde 2010, debido a la sostenida expansión de la demanda del sector residencial, sumada a un cambio en la metodología de recopilación de datos de actividad a partir de 2012 en el BNE.

1. INTRODUCCIÓN

El presente es el *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile, serie 1990-2013*, que contiene el Cuarto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile (INGEI de Chile) presentado por el país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en cumplimiento del artículo 4, párrafo 1(a), y del artículo 12, párrafo 1(a), de dicha Convención, y de la decisión 1 de la Conferencia de las Partes número 16 de Cancún, en 2010.

El INGEI de Chile, que se elaboró siguiendo las *Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, abarca todo el territorio nacional e incluye las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropógeno no controlados por el Protocolo de Montreal en una serie de tiempo que va desde 1990 a 2013. Las estimaciones de las emisiones y absorciones de GEI hacen referencia al último año del inventario (2013), a menos que se especifique algo distinto.

En este capítulo se presentan los antecedentes generales sobre el INGEI de Chile, arreglos institucionales, proceso de actualización, metodología, categorías claves, incertidumbre y exhaustividad.

En el capítulo 2 se detalla la tendencia de las emisiones y absorciones de GEI de Chile e indicadores de intensidad de GEI.

En los capítulos 3 al 6 se presenta información detallada de los cuatros sectores: *Energía*; *Procesos industriales y uso de productos*; *Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*; y *Residuos*.

En el capítulo 7 se resume la realización de recálculos.

En el capítulo 8 se presentan los inventarios regionales de GEI de Chile para sus 15 regiones administrativas.

Por último, en el capítulo 9 se presenta otra información pertinente respecto al INGEI de Chile

1.1. Antecedentes generales

1.1.1. Circunstancias nacionales

A continuación, se presenta el perfil geográfico, social y económico de Chile –esta sección ha sido extraída de la *Tercera Comunicación Nacional de Chile sobre Cambio Climático* (MMA, 2016)– con la intención de contextualizar los flujos de GEI en el país.

1.1.1.1. Territorio y división administrativa

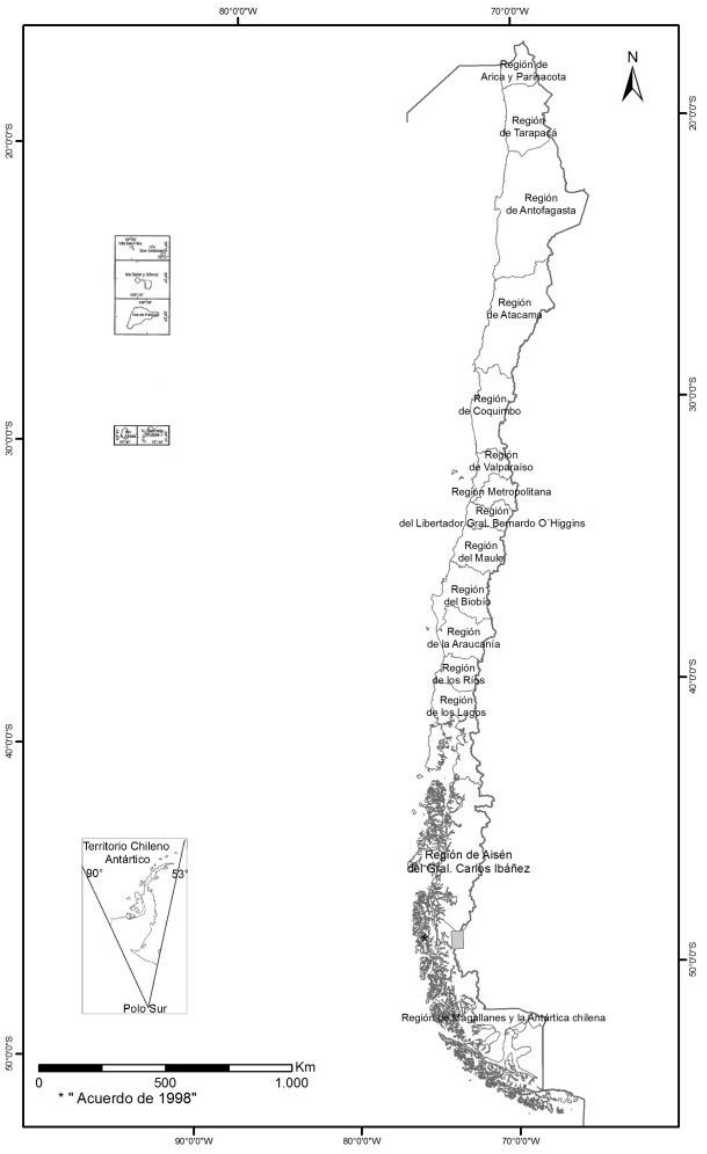
Chile es un país tricontinental, cuyo territorio se asienta en la parte occidental y meridional de América del Sur, entre los 17° 30’ y 56° 30’ de latitud sur, alcanzando hasta la Isla de Pascua en Oceanía y se prolonga por el sur en la Antártica, en un área comprendida entre los meridianos 53° y 90° de longitud oeste y hasta el polo sur. Su superficie total es de 2.006.096 km^2, sin considerar

su mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental, y se distribuye en 755.915 km^2 que corresponde a América del Sur, 1.250.000 km^2 a la Antártica y 181 km^2 a Oceanía, según las cartografías realizadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM) en el año 2005. También forman parte del territorio nacional, el archipiélago de Juan Fernández y las islas Salas y Gómez, San Félix y San Ambrosio.

Chile es una república unitaria cuyo marco político-administrativo se estructura en tres niveles territoriales de gobierno, a saber: regiones administrativas (15), provincias (54) y comunas (346). La región administrativa corresponde a una unidad territorial con características geográficas propias y con condiciones sociales, económicas y culturales en rangos afines y con superficies dispares (Figura 1).

Figura 1. Superficie (km^2) de las regiones administrativas de Chile

Región	Superficie (km^2)
Región de Arica y Parinacota	16.873,3
Región de Tarapacá	42.225,8
Región de Antofagasta	126.049,1
Región de Atacama	75.176,2
Región de Coquimbo	40.579,9
Región de Valparaíso	16.396,1
Región Metropolitana de Santiago	15.403,2
Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	16.387,0
Región del Maule	30.296,1
Región del Biobío	37.068,7
Región de La Araucanía	31.842,3
Región de Los Ríos	18.429,5
Región de Los Lagos	48.583,6
Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	108.494,4
Región de Magallanes y de la Antártica Chilena	132.291,1
Total	**756.096,3**

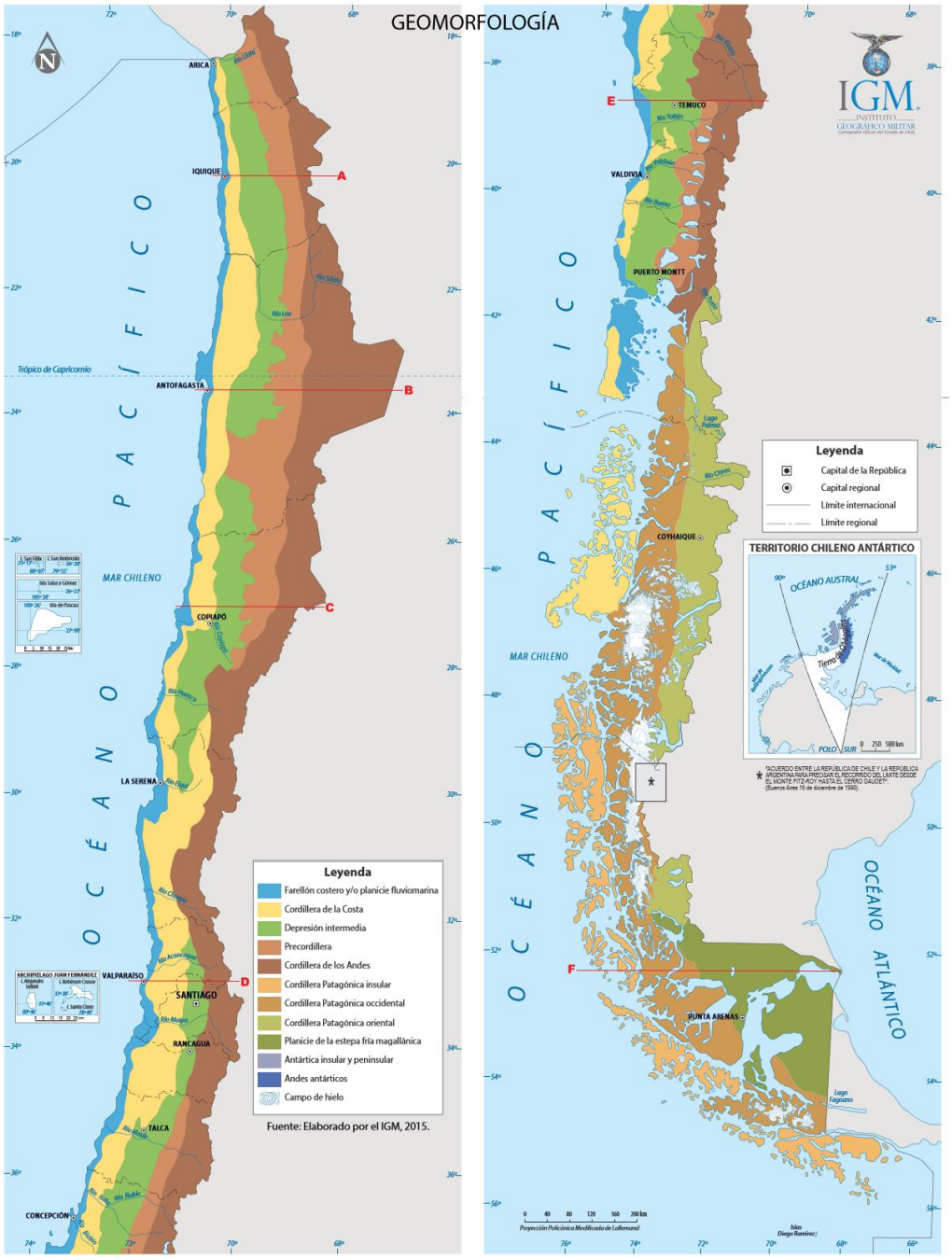


* Se incluye solo la superficie de América del Sur y Oceanía
Fuente: Tercera Comunicación Nacional de Chile sobre Cambio Climático (MMA, 2016)

1.1.1.2. Geografía y morfología

El relieve del país, en el territorio sudamericano, se ve determinado principalmente por las siguientes tres unidades morfológicas: Cordillera de los Andes, al este; Cordillera de la Costa, al oeste; y Depresión Intermedia, ubicada entre ambos sistemas montañosos (Figura 2). Existen otras unidades de relieve, de menor magnitud, como son las Planicies Litorales, el Altiplano y la Estepa Magallánica. Estos elementos hacen de Chile un país muy accidentado donde las áreas planas no superan el 20 % del territorio continental.

Figura 2. Mapa geomorfológico de Chile

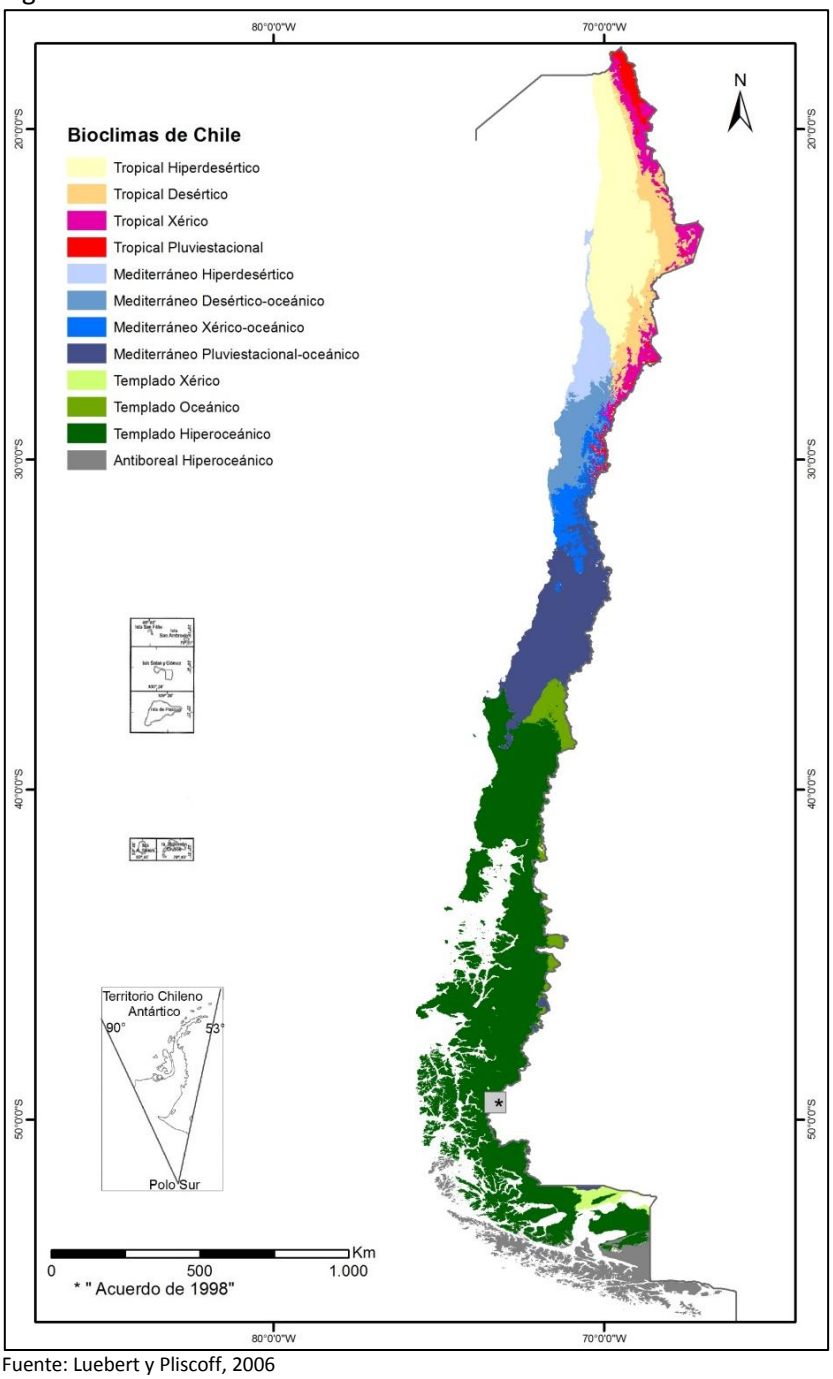


Fuente: Instituto Geográfico Militar

1.1.1.3. Clima

El territorio sudamericano de Chile posee una multiplicidad de climas, alterados por numerosos factores ambientales, lo que imprime al país características muy peculiares (Figura 3). En términos generales, el territorio chileno sudamericano presenta rasgos de clima templado, con algunas variaciones esenciales que se producen fundamentalmente por la latitud y la altitud, dando origen a los sistemas climáticos desértico, tropical, mediterráneo, templado y polar, principalmente.

Figura 3. Macrobioclimas de Chile



Fuente: Luebert y Pliscoff, 2006

1.1.1.4. Población

La población chilena experimentó un importante crecimiento durante el siglo XX, pero la tasa de crecimiento se redujo en la primera década del siglo XXI y se proyecta que disminuirá aún más hacia el 2050. La población total de Chile estimada al 2016 es de 18.191.884 habitantes, de la cual un 49,5 % de la población sería masculina y un 50,5 % femenina (INE, 2012). Para el 2020, se estima que el país llegaría a una población de 18.896.684 habitantes, manteniendo no solo la proporcionalidad entre hombres y mujeres sino que también la tendencia a la estabilización.

1.1.1.5. Perfil económico

Chile posee un modelo económico abierto y estable, que favorece el comercio y la inversión. En gran medida, el crecimiento económico del país está regido por la actividad minera, cuyas exportaciones al 2014, correspondieron al 54,2 % del total exportado por el país (DIRECON, 2015).

En los últimos veinte años, Chile ha experimentado un rápido crecimiento económico, liderado por las exportaciones de materia primas. Durante los últimos años, la política económica chilena se ha enfocado en instrumentos que favorezcan el crecimiento económico y mantengan la inflación controlada y estable. En particular, se destaca que la política fiscal, enmarcada en la política de balance estructural, ha continuado jugando un papel estabilizador del ciclo económico chileno.

A continuación, se presenta una breve descripción de seis sectores económicos del país: Energía, Agricultura y silvicultura, Acuicultura y pesca y Minería.

1.1.1.5.1. Energía

En Chile, las actividades de generación, transmisión y distribución de suministro eléctrico son desarrolladas por empresas privadas, reguladas y fiscalizadas por el Estado. Además, el Estado contribuye con estudios que permiten dimensionar la demanda futura y, por lo tanto, estimar la necesidad de inversiones en generación y transmisión.

La generación de energía eléctrica en el país comprende dos fuentes principales: la hidráulica y la térmica. Las condiciones geográficas han determinado un sistema de transmisión de energía eléctrica que contempla cuatro sistemas independientes, a saber: Sistemas Interconectados del Norte Grande (SING) y Central (SIC), Aisén y Magallanes. Por su parte, la demanda energética en Chile está determinada por el consumo final de tres grandes grupos de sectores: transporte, industrial y minero, y comercial, público y residencial (MINENERGIA, 2015).

1.1.1.5.2. Agricultura y silvicultura

El sector silvoagropecuario ha experimentado profundas transformaciones en las últimas décadas. Desde los años 80, el sector ha consolidado una exitosa internacionalización, en el marco de una estrategia de desarrollo fundada en una plena apertura de la economía al exterior y en el ordenamiento de la actividad productiva sobre la base de sus ventajas comparativas y el desarrollo de ventajas competitivas (ODEPA, 2005). Como resultado de estas transformaciones, el sector agroalimentario se ha constituido en uno de los pilares del desarrollo económico y, en muchos rubros, tiene importancia internacional.

1.1.1.5.3. Acuicultura y pesca

La costa le otorga a Chile una condición privilegiada desde el punto de vista pesquero. Dependiendo del origen de la materia prima, el sector se subdivide en extractivo (industrial y artesanal) y acuicultor. En la zona económica exclusiva y Mar Territorial, se encuentran ecosistemas altamente productivos, que otorgan ventajas prácticamente únicas en el mundo para la extracción de recursos pesqueros altamente valorados y demandados en los mercados mundiales.

1.1.1.5.4. Minería

Chile es un país con grandes reservas de minerales, a tal punto que es el primer productor mundial de cobre. En la minería metálica, destaca la producción de cobre, hierro, molibdeno, plomo y zinc; de estos, los de mayor interés económico son el cobre y molibdeno, siendo este último un subproducto de la obtención de cobre. Como resultado de esta abundancia, la minería ha sido por varias décadas la principal actividad económica del país. Por otro lado, en la producción de productos no metálicos, destacan el cloruro de sodio, el carbonato de calcio y los compuestos de azufre.

1.1.2. Cambio climático

Fueron los científicos quienes llamaron la atención internacional sobre las amenazas planteadas por el efecto invernadero. La historia del descubrimiento científico del cambio climático comenzó a principios del siglo XIX cuando se sospechó por primera vez que hubo cambios naturales en el paleoclima y se identificó por primera vez el efecto invernadero natural. En los decenios de 1950-60, 1960-70 y 1970-80 se recogieron datos que demostraron que las concentraciones de CO_2 en la atmósfera estaban aumentando muy rápidamente.

En 1988 se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En 1990 este grupo presentó un *Primer Informe de Evaluación* en el que se reflejaban las investigaciones de 400 científicos. En él se afirmaba que el calentamiento atmosférico de la Tierra era real y se pedía a la comunidad internacional que tomara cartas en el asunto para evitarlo.

En 2014, el IPCC concluye y afirma, en su *Quinto Informe de Evaluación*, que las emisiones antropógenas de GEI han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en por lo menos los últimos 800.000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es ***sumamente probable*** que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX.

1.1.2.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Las conclusiones del IPCC alentaron a los gobiernos a aprobar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); la cual entró en vigor el 21 de marzo de 1994, ratificada por Chile el mismo año.

La CMNUCC define al cambio climático como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. En respuesta a esta definición, la CMNUCC se plantea con el objetivo último de lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Para lograr dicho objetivo, todos los países miembros de la CMNUCC deben elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar inventarios nacionales de sus GEI (INGEI) a dicha Convención (Párrafo 1(a); Artículo 4).

1.1.2.2. Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Los INGEI consisten en un listado numérico exhaustivo de la contabilización de cada uno de los GEI antropógenos liberados o absorbidos desde la atmósfera en un área y en un período específico, generalmente correspondiente a un año calendario.

Los INGEI tienen por objetivo determinar la magnitud de las emisiones y absorciones de GEI nacionales que son atribuibles directamente a la actividad humana, así como la contribución específica del país al fenómeno del cambio climático.

Además, según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2005), la preparación y presentación de los INGEI pueden proporcionar una serie de otros beneficios para un país, entre ellos:

- Identificar los sectores económicos que más contribuyen al cambio climático y sus aportes específicos;
- Proporcionar información útil para la planificación y evaluación del desarrollo económico;
- Proporcionar información útil para abordar otros problemas ambientales (por ejemplo, la calidad del aire, el uso de la tierra o la gestión de residuos);
- Identificar brechas en las estadísticas nacionales;
- Evaluar opciones de mitigación de GEI, colaborando en las orientaciones para una estrategia de desarrollo bajas en emisiones y, por consiguiente, hacia un uso más eficiente de los recursos naturales y financieros; y
- Proporcionar la base para esquemas de comercio de emisiones.

Los GEI incluidos en los INGEI de países en desarrollo, como Chile, son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6).

En los INGEI, los sectores económicos de los países se agrupan en cuatro sectores definidos por las *Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (en adelante *Directrices del IPCC de 2006*), que comparten características relativas a los procesos que generan emisiones o absorciones de GEI. Estos sectores son *Energía*; *Procesos*

industriales y uso de productos (IPPU); *Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)* y *Residuos*.

1.1.2.3. Reporte y presentación de los INGEI ante las Naciones Unidas

Con la finalidad de informar de los avances en la implementación de los objetivos de la CMNUCC, en la COP16 de 2010 se definió que «*los países en desarrollo deberán presentar a la Convención informes bienales de actualización, que contengan información actualizada sobre los INGEI*»[4]. Además, en la COP17 de 2011 se agregó que «*los países en desarrollo deberían presentar su primer IBA a más tardar en diciembre de 2014 […] abarcando, como mínimo, un año civil anterior en no más de cuatro años a la fecha de presentación*»[5].

Los reportes clave para presentar los INGEI ante las Naciones Unidas son las comunicaciones nacionales (CN) y, a partir de 2014, los informes bienales de actualización (IBA), que deben ser presentados cada dos años y cuyo principal contenido es el INGEI.

El primer INGEI oficial de Chile, elaborado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), fue presentado en 2000 ante las Naciones Unidas como parte de la *Primera Comunicación Nacional de Chile* con información de las emisiones de GEI de 1993 y 1994.

El segundo INGEI oficial, elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), fue presentado en 2011 ante las Naciones Unidas como parte de la *Segunda Comunicación Nacional de Chile*, abarcando la serie 1984-2006.

El tercer INGEI oficial, elaborado por el MMA, fue presentado en 2014 ante las Naciones Unidas como parte del *Primer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático*. Adicionalmente, el país presenta su primer *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990-2010*. Este INGEI tiene la característica de ser el primero elaborado en el marco del trabajo colaborativo del Sistema Nacional de Inventarios de GEI de Chile (SNICHILE).

El cuarto INGEI oficial, elaborado por el MMA en el marco del SNICHILE, fue presentado en 2016 ante las Naciones Unidas como parte del *Segundo Informe Bienal de Chile sobre Cambio Climático* y la *Tercera Comunicación Nacional*. El presente informe corresponder al segundo *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, serie 1990-2013*.

1.2. Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI de Chile

En respuesta ante los nuevos compromisos adquiridos por el país en materia de reporte y presentación de sus INGEI ante las Naciones Unidas es que el Departamento de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos de la División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente de Chile diseñó, implementó y ha mantenido, desde 2012, el **Sistema Nacional**

[4] Decisión 1, párrafo 60(c) del Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 16º período de sesiones, celebrado en Cancún del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010.
[5] Decisión 1, párrafo 41(a) del Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 17º período de sesiones, celebrado en Durban del 28 de noviembre al 11 de diciembre de 2011.

de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE), el cual contiene las medidas institucionales, jurídicas y de procedimiento establecidas para la actualización bienal del INGEI de Chile.

La implementación y mantención del SNICHILE tiene por objetivos:

- Garantizar la sostenibilidad de la preparación de los INGEI en el país;
- Mantener la coherencia de los flujos de GEI notificados; y
- Mantener la calidad de los resultados.

El trabajo permanente del SNICHILE está dividido en cinco líneas de acción que cubren las áreas y actividades requeridas para el cumplimiento de los objetivos. Estas líneas de acción son:

- Operación del SNICHILE
- Actualización del INGEI de Chile
- Sistema de garantía y control de la calidad
- Creación y mantención de capacidades
- Archivo y difusión

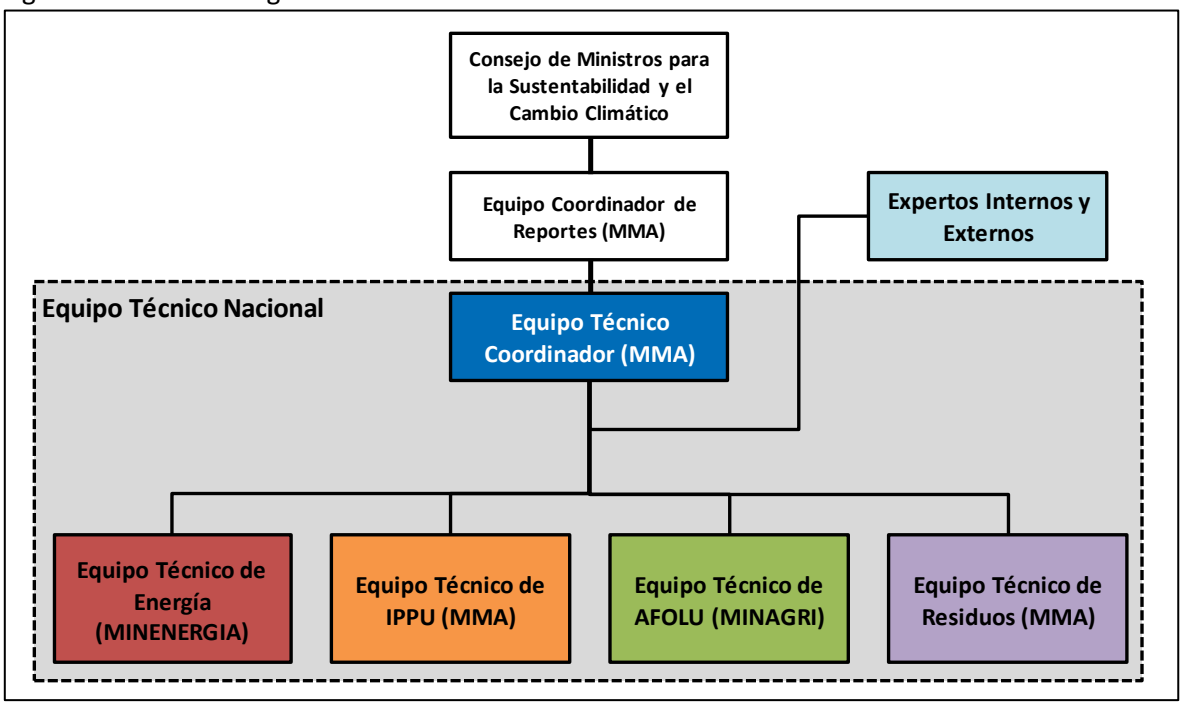
Las líneas de acción son descritas en detalle a continuación.

1.2.1. Operación del SNICHILE

Línea de acción enfocada en la operación del SNICHILE mediante la mantención de una estructura orgánica con roles y responsabilidades definidas.

El SNICHILE posee una estructura organizacional descentralizada, internalizada en el aparato estatal e independiente de otros inventarios de contaminantes, de modo que el INGEI de Chile es el resultado del esfuerzo colectivo y permanente de los Ministerios de Agricultura, Energía y Medio Ambiente, que han trabajado coordinadamente en el marco del SNICHILE, labor que ha robustecido la elaboración del INGEI de Chile al sumar el saber experto de los diferentes Ministerios sectoriales participantes (Figura 4).

Figura 4. Estructura organizacional del SNICHILE



MMA = Ministerio del Medio Ambiente; MINENERGIA = Ministerio de Energía; MINAGRI = Ministerio de Agricultura
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

En general, el SNICHILE está compuesto por el Equipo Técnico Nacional, el Equipo Coordinador de Reportes, el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, y Expertos Internos y Externos.

1.2.1.1. Equipo Técnico Nacional

Este equipo está conformado por el Equipo Técnico Coordinador y los Equipos Técnicos Sectoriales los cuales tienen por responsabilidad la elaboración misma del INGEI de Chile, incluyendo todas las decisiones metodológicas y de elaboración de los reportes.

1.2.1.1.1. Equipo Técnico Coordinador

El ET-Coordinador cumple la función de entidad nacional única y se encuentra establecido en el Departamento de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos de la División del Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) de Chile.

Este equipo ha asumido el liderazgo de la preparación de los INGEI de Chile mediante las atribuciones que legalmente le asigna al MMA la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en la cual se señala que corresponderá especialmente a este ministerio *"Proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático. En ejercicio de esta competencia deberá colaborar con los diferentes órganos de la Administración del Estado a nivel nacional, regional y local con el objeto de poder determinar sus efectos, así como el establecimiento de las medidas necesarias de adaptación y mitigación"* (Art. 70; letra h).

En la práctica, los roles y responsabilidades del ET-Coordinador del SNICHILE son:

a) Ejecutar el trabajo del SNICHILE y coordinar a los ET-Sectoriales;
b) Coordinar y desarrollar reuniones de trabajo semestrales del SNICHILE;
c) Establecer un plan de trabajo permanente, a nivel nacional, del SNICHILE para la elaboración del INGEI de Chile (plan de trabajo SNICHILE);
d) Elaborar y actualizar el manual de procedimiento nacional para la elaboración bienal del INGEI de Chile, con base en los insumos de los ET-Sectoriales;
e) Coordinar el Sistema de Garantía y Control de la Calidad (SGCC) y colaborar con los ET-Sectoriales en la implementación de sus propios controles de calidad;
f) Compilar los Inventarios Sectoriales de Gases de Efecto Invernadero (ISGEI) de Energía; Procesos industriales y uso de productos; Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; y Residuos;
g) Desarrollar los temas transversales del INGEI de Chile (incertidumbre, análisis de categorías claves, evaluación de la exhaustividad, entre otros);
h) Elaborar el *Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile* (IIN de Chile);
i) Colaborar con los ET-Sectoriales en el fomento, la creación y la mantención de sus capacidades técnicas para la elaboración de sus ISGEI;
j) Colaborar con los ET-Sectoriales en el mejoramiento continuo de sus ISGEI;
k) Desarrollar, administrar y coordinar la difusión pública de los resultados del INGEI de Chile y las actividades del SNICHILE; y
l) Documentar y archivar las actividades y resultados del trabajo realizado en el marco del SNICHILE.

1.2.1.1.2. Equipos Técnicos Sectoriales

Los ET-Sectoriales son los encargados de desarrollar y elaboran sus respectivos ISGEI. Han sido seleccionados por la Entidad Nacional tomando como base su competencia legal en los respectivos sectores y el acceso que estos poseen a la información necesaria para la elaboración del INGEI de Chile, con el fin de facilitar los procesos de levantamiento de datos. Es así como los equipos técnicos están establecidos de la siguiente forma:

- **Equipo Técnico de Energía:** está encargado de la elaboración del ISGEI de Energía, se encuentra establecido en la División de Prospectiva y Política Energética del Ministerio de Energía (MINENERGÍA).

- **Equipo Técnico de IPPU:** está encargado de la elaboración del ISGEI de IPPU, se encuentra establecido en el Departamento de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos de la División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente.

- **Equipos Técnico de AFOLU:** está encargado de la elaboración del ISGEI de AFOLU, se encuentra establecido en distintos servicios del Ministerio de Agricultura (MINAGRI), como la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Instituto Forestal (INFOR) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

- **Equipo Técnico de Residuos:** está encargado de la elaboración del ISGEI de Residuos, se encuentra establecido en la Oficina de Residuos y Riesgo Ambiental y en el Departamento

de Mitigación e Inventarios de Contaminantes Climáticos de la División de Cambio Climático, ambos pertenecientes al Ministerio del Medio Ambiente.

A la fecha no existen acuerdos vinculantes de trabajo entre las diferentes instituciones participantes del SNICHILE, por lo que todo el trabajo realizado desde 2012 se ha desarrollado en el marco de un trabajo cooperativo y voluntario. Pese a lo anterior, los roles y responsabilidades implícitas de estas instituciones gubernamentales son los siguientes:

a) Establecer y mantener un equipo técnico encargado del ISGEI respectivo, lo que incluye nominar formalmente un responsable y punto de contacto para participar de las reuniones semestrales del SNICHILE y de otras actividades cooperativas según sea necesario. En caso de impedimento de este último, designar un reemplazante;
b) Establecer un plan de trabajo sectorial para la elaboración del ISGEI respectivo, de acuerdo al plan de trabajo del SNICHILE;
c) Elaborar y actualizar un manual de procedimiento sectorial para la elaboración del ISGEI respectivo;
d) Elaborar el ISGEI respectivo, de acuerdo a su propio plan de trabajo sectorial y manual de procedimiento sectorial, y en coordinación con el plan de trabajo del INGEI de Chile;
e) Desarrollar los temas transversales del ISGEI respectivo;
f) Crear y mantener capacidades técnicas para la elaboración del ISGEI respectivo;
g) Ejecutar acciones para el mejoramiento continuo del ISGEI respectivo, y
h) Poner a disposición del coordinador del SNICHILE el informe del ISGEI respectivo, así como toda la información pertinente, en los plazos señalados por el plan de trabajo del SNICHILE.

Es importante señalar que, si bien no existen acuerdos vinculantes entre las instituciones participantes del SNICHILE, muchas de ellas han incluido dentro de sus propias funciones (ya sea dentro del plan de trabajo anual o perfiles de cargo de sus profesionales) la elaboración del ISGEI respectivo. Esto demuestra una voluntad proactiva en la materia, lo que en sí ha sostenido el trabajo del SNICHILE durante estos años.

Para la coordinación general del SNICHILE, el ET-Coordinador ha desarrollado reuniones semestrales con el ET-Nacional desde 2013. Además, periódicamente se desarrollan reuniones bilaterales con los ET-Sectoriales para abordar temas técnicos específicos de cada uno de los sectores.

1.2.1.2. Equipo Coordinador de Reportes

Este ECR, establecido en la División de Cambio Climático del MMA, se crea en respuesta a los requerimientos de presentación de los reportes por parte del Chile ante la CMNUCC. Tiene por objetivo la coordinación de la elaboración de dichos reportes, principalmente las *Comunicaciones Nacionales* (NATCOM) y los *Informes Bienales de Actualización* (IBA) de Chile para dar cumplimientos a los plazos comprometidos por el país ante las Naciones Unidas.

En el contexto del INGEI de Chile, el ECR interactúa y colabora con el SNICHILE en los siguientes aspectos:

- Coordina un plan de trabajo en común para ajustar los plazos de elaboración, revisión y entrega del INGEI de Chile para que sea parte de las NATCOM o de los IBA respectivos.

- Asegura que los productos entregados por el SNICHILE cumplan las *Directrices de la CMNUCC para la elaboración de NATCOM e IBA*.
- Coordina la revisión del INGEI de Chile (dentro de la NATCOM o IBA) por parte de los puntos focales de cambio climático en los diferentes organismos nacionales con competencia ambiental.
- Coordina la participación de los profesionales involucrados en el ET-Nacional de SNICHILE en el proceso de Análisis y Consulta Internacional (ICA) de los IBA de Chile.

La interacción del SNICHILE con el ECR es crucial, ya que colabora en el incremento de la calidad del INGEI de Chile.

1.2.1.3. Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático

En su artículo 71, la Ley Nº 20.417 que creó el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, también creó el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, presidido por el MMA e integrado por sus pares de Agricultura; Hacienda; Salud; Economía, Fomento y Turismo; Energía; Obras Públicas; Vivienda y Urbanismo; Transportes y Telecomunicaciones; Minería y de Desarrollo Social. Su objetivo principal es impulsar políticas y regulaciones con eje en la sustentabilidad.

Dada la importancia que ha tomado el cambio climático en todo el mundo y en Chile en particular, se está gestionando que el Consejo pase a constituirse como "Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático", incorporando al Ministro de Relaciones Exteriores.

En el contexto del SNICHILE, el Consejo es la entidad de más alto nivel que revisa y aprueba los reportes de Chile (NATCOM e IBA principalmente) que serán enviados a la Secretaría de la CMNUCC. El Consejo no participar en la elaboración misma del INGEI o de los reportes.

1.2.1.4. Expertos Internos y Externos

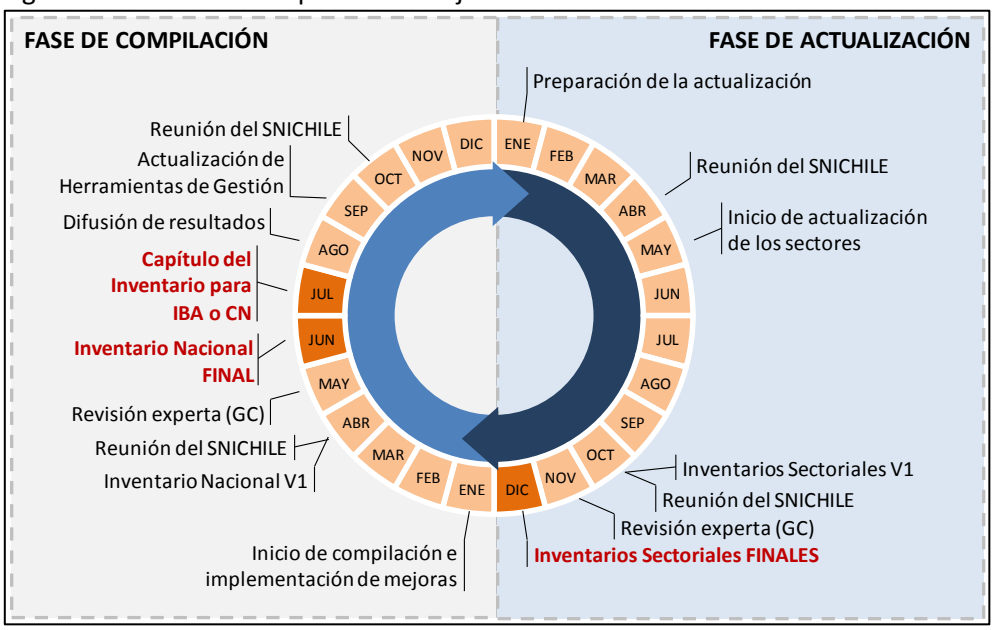
Estos Expertos Internos (puntos focales ministeriales) y Externos (suelen ser expertos internacionales contratados por el SNICHILE según su propio requerimiento) colaboran aportando con sus experticias pertinente para la revisión y garantía de la calidad de los INGEI de Chile, aunque no participan directamente en los ET-Sectoriales.

La coordinación del SNICHILE evaluar periódicamente a aquellos expertos que podrían colaborar con el SNICHILE, la participación de estos expertos está determinada principalmente por los requerimientos que los ET-Sectoriales soliciten a la Entidad Coordinadora, por lo que sus experticias pueden variar considerablemente y no estar ligado directamente a la elaboración del INGEI de Chile. Por ejemplo, se ha gestionado el apoyo de expertos estadísticos para la superación de la brecha de información en la serie de residuos sólidos municipales; se ha gestionado apoyo de expertos en el mercado forestal para consensuar juicios de expertos en los porcentajes de residuos de cosecha *in situ*, etc.

1.2.2. Actualización del INGEI de Chile

Línea de acción enfocada en la actualización del INGEI de Chile mediante la implementación y mantención de un plan de trabajo consistente en un ciclo bienal de actividades, y en plazos y presupuestos que guían el trabajo permanente del ET-Nacional (Figura 5).

Figura 5. Ciclo bienal del plan de trabajo del SNICHILE



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El plan de trabajo fue elaborado mediante un proceso en donde el ET-Coordinador propone a los ET-Sectoriales una serie de actividades, plazos y productos. Posteriormente, en la primera reunión de coordinación del ciclo (usualmente mayo), se discute esta propuesta de plan de trabajo, sus actividades, plazos productos y la disponibilidad de financiamientos. Una vez aprobado, el ET-Coordinador se encarga de hacer seguimiento de este.

En general, en el primer año del ciclo (fase de actualización) se actualizan los ISGEI de cada sector, mientras que en el segundo año (fase de compilación) se compilan y desarrollan los temas transversales del INGEI de Chile y se elabora el IIN de Chile.

Los ISGEI, según el plan de trabajo, deben estar finalizados en diciembre del primer año del ciclo, incluyendo su revisión externa, de modo que el INGEI de Chile se elabora en los primeros seis meses del segundo año del ciclo. Además, el ET-Nacional se reúne al menos dos veces al año.

Es importante mencionar que el plan de trabajo del SNICHILE es flexible y se adapta a las circunstancias y contingencias que puedan presentarse en todos los niveles.

1.2.3. Sistema de garantía y control de calidad

Línea de acción enfocada en la mantención y mejoramiento de la calidad del INGEI de Chile (transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud) mediante el establecimiento y la implementación de procedimientos de control de la calidad, de garantía de la calidad, y de verificación. Además, para identificar y priorizar las potenciales mejoras del INGEI de Chile se elabora un plan de mejoramiento continuo (PMC).

Desde el 2015, el SNICHILE implementó un Sistema de Garantía y Control de la Calidad (SGCC) acorde con las buenas prácticas del IPCC para la elaboración del INGEI. La responsabilidad general del SGCC recae en el ET-Coordinador; tanto en la implementación de controles de calidad al INGEI

final, como la coordinación del proceso de garantía de la calidad de todos los ISGEI. Los ET-Sectorial tiene la responsabilidad de aplicar procedimientos de control de la calidad a sus ISGEI respectivos.

Todas las actividades y procedimientos del SGCC son listadas para que los profesionales elaboradores de los inventarios de GEI puedan catalogarlas como «implementadas» o «no implementadas», y además puedan agregar comentarios para que otros profesionales hagan un debido seguimiento.

Lo esperado por el SNICHILE es contar con la mayor cantidad posible de profesionales permanentes y competentes, contratados por el Estado, que constituyan equipos técnicos estables que garanticen la sostenibilidad del sistema y la calidad de las estimaciones de GEI. Además, se espera contar con la mayor cantidad de factores de emisión país específico para reflejar de forma más exacta la realidad nacional en cuanto a sus emisiones y absorciones de GEI, particularmente en las categorías principales identificadas.

1.2.3.1. Control de la calidad:

Se documenta y registra un conjunto de actividades y procedimientos técnicos rutinarios destinados a evaluar y mantener la calidad del INGEI a medida que los ET-Sectoriales elaboran sus ISGEI y que el ET-Coordinador compila y elabora el INGEI de Chile.

Las actividades y procedimientos rutinarios para el control de la calidad están listados en archivos que permite realizar una lista de chequeo del estado de su implementación, las cuales están divididas en listas específicas para el ET-Coordinador y listas específicas para los ET-Sectoriales. A continuación, se presentan las diferentes listas que son parte del control de calidad. El listado completo de estas actividades se encuentra en el ANEXO 04.01.

1.2.3.2. Garantía de la calidad

Se documenta y registra los comentarios, sugerencias, recomendaciones y observaciones resultantes de las revisiones de profesionales externos independientes, que no participan directamente en el ET-Nacional. Estas revisiones de terceros son de los ISGEI y el INGEI terminados.

La Tabla 1 presenta los distintos procesos de revisión experta al cual fue sometido el INGEI de Chile serie 1990-2010, se incluye nombre de los expertos, sector revisado, modalidad y fecha de la revisión.

Tabla 1. Proceso de garantía de la calidad del INGEI de Chile serie 1990-2010

Sector	Nombre	Apellido	Área de experiencia	Modalidad	Fecha de revisión
Nacional	Agencia Federal de Medio Ambiente (UBA) de Alemania		Equipo de INGEI de Alemania	A distancia	oct-14
Nacional	ICA-TTE		Revisores de IBA	A distancia	may-15
Energía	Darío	GOMEZ	Revisor líder de Energía	A distancia	jun-14
IPPU	Ingrid	PERSON	Revisor líder de Procesos industriales	Otro	abr-14
Agricultura	Miguel Ángel	TABOADA	Revisor Agricultura	En terreno	abr-14
LULUCF	Walter	OYHANTCABAL	Revisor líder de LULUCF	En terreno	abr-14
Residuos	Eduardo	CALVO	Revisor Residuos	A distancia	jun-14

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Destaca que, por primera vez, se han incluido las observaciones levantadas durante el proceso de Análisis y Consulta Internacional al cual fue sometido el *Primer IBA de Chille* durante el 2015. Dicho proceso contó con una semana de análisis técnico que se desarrolló entre el 18 y el 22 de mayo de 2015 en Bonn, Alemania, donde participaron expertos pertenecientes al Grupo Consultivo de Expertos y a la Secretaría de la CMNUCC, además de expertos de cinco países entre anexo I y no anexo I. El reporte de dicho proceso fue finalizado en noviembre de 2015.

El proceso de ICA del *Primer IBA de Chile* concluyó con el primer taller de "Intercambio de Opiniones con Fines de Facilitación" (FSV), que se desarrolló el día 20 de mayo de 2016 en Bonn, Alemania, en el marco de la sesión número 44 del Cuerpo Subsidiario de Implementación de la CMNUCC (SBI). Durante dicho taller, el coordinador del SNICHILE presentó el documento del IBA además de compartir la experiencia y lecciones aprendidas durante su elaboración y proceso de análisis técnico.

Mayor información sobre las conclusiones del proceso de análisis internacional, específicamente en lo que respecta a las necesidades de creación de capacidades en materia de INGEI, pueden ser encontradas en el capítulo 9 del presente informe.

El listado completo de las observaciones levantadas y el estado de implementación de cada una de ellas se encuentran en el ANEXO 04.02.

1.2.3.3. Verificación

Se documenta y registra un conjunto de actividades de comparación entre las estimaciones de los GEI del ET-Nacional y aquellas elaboradas por organismos externos. Se comparan las estimaciones de GEI, datos de actividad estadísticos y paramétricos, y los factores de emisión. Cada ET-Sectorial aplica sus propias fuentes de comparación usando los criterios de las *Directrices del IPCC de 2006*. Algunos ejemplos son la aplicación del *Método de referencia* con el *Método sectorial* en el sector *Energía*; la comparación de las estimaciones de GEI de la Agencia Internacional de Energía (AIE) con las estimaciones propias del ET-Energía; y la comparación de las estimaciones de GEI de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) con las estimaciones propias realizadas por el Equipo Técnico de AFOLU.

El detalle de cada procedimiento de verificación se detalla en cada sección respectiva a subcategoría durante el documento.

1.2.3.4. Plan de mejoramiento continuo

Se documenta y registra un conjunto de actividades y procedimientos para identificar posibles áreas de mejoras, su implementación y presupuesto. Estos temas son abordados por el ET-Nacional durante las reuniones semestrales del SNICHILE, o bilateralmente entre los ET-Sectoriales y el ET-Coordinador.

A continuación, se presenta un resumen de las actividades de mejoras posibles identificadas por cada ET-Sectorial (Tabla 2). El detalle de cada actividad identificada se encuentra en cada subcategoría.

Tabla 2. Actividades de mejora detectada por los equipos técnicos del SNICHILE

Categoría	Mejoras detectadas por el país	Estatus	Responsable
1. Energía	Auditorías periódicas adicionales al chequeo de los datos de la Asociación de la Industria Eléctrica- Electrónica (AIE).	N/A	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Coordinación con el INE para la definición y desagregación de algunas industrias.	No implementado	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Desagregación regional de la demanda.	Por implementar	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Mejoramiento de la representatividad en cuanto al levantamiento de información.	N/A	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Mejoramiento de inconsistencias en el levantamiento de información con el fin de distinguir consumos sin fines energéticos.	Implementado	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Inclusión de sectores prioritarios y que no están siendo representados, como el sector sanitario entre otros.	N/A	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Establecimiento de arreglos institucionales con organismos que disponen de información que pudiese ser relevante (Cochilco, Aduana, etc.)	Pendiente	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Mejorar información faltante relativa al contenido de carbono de los combustibles empleados en el país para generar factores de emisión país específico.	Pendiente	Equipo Técnico Energía
1. Energía	Definir e implementar un control y garantía de calidad de los datos, en lo posible con revisión externa y con la comparación de las tendencias con los años anteriores.	No implementado	Equipo Técnico Energía/Encargado BNE
1. Energía	Un período de “marcha blanca” de los resultados para recibir comentarios de los usuarios del Balance.	No implementado	Equipo Técnico Energía/Encargado BNE
1. Energía	Publicación de guía metodológica del balance en que se definan los sectores, subsectores, los energéticos del balance y además el proceso de elaboración y todos los supuestos involucrados.	En implementación	Equipo Técnico Energía/Encargado BNE
1. Energía	Revisión de Balances anteriores para homologar metodología utilizada actualmente y así mantener coherencia de datos.	No implementado	Equipo Técnico Energía/Encargado BNE
1. Energía	Incorporar en el BNE un cálculo de incertidumbre de los resultados basados en representatividad de los datos, diferencia estadística y error en los datos entregados por las empresas.	No implementado	Equipo Técnico Energía/Encargado BNE
1. Energía	Enfocar capacidades en obtener el contenido de carbono de los combustibles empleados en el país para generar factores de emisión país específico. Utilizar informe elaborado por el Programa de Estudios e Investigaciones en Energía en el 2013 "Actualización de factores de emisiones de gases de efecto invernadero para los combustibles fósiles usados en Chile, para ser utilizados en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero"	No implementado	Equipo Técnico Energía
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Comparación de reportes de empresas con, por ejemplo, reportes de consumo energético que se realizan al Ministerio de Medio Ambiente de manera obligatoria por emisiones.	No implementado	Equipo Técnico Energía/Encargado BNE
1.A.3.b. Transporte terrestre	Disposición de información relacionada a los combustibles de transporte terrestre desagregada por modo de transporte (autos, buses, camiones, etc.).	Implementado	Equipo Técnico Energía

Categoría	Mejoras detectadas por el país	Estatus	Responsable
1.A.3.b. Transporte terrestre	Mejorar desagregación de transporte terrestre: En el inventario actual se realizaron varias simplificaciones al proceso de desagregación del transporte terrestre, las que se pueden seguir mejorando	No implementado	Equipo Técnico Energía
1.B.2. Petróleo y gas natural	Mejorar y revisar datos de actividad y factores de emisión de categoría Emisiones fugitivas.	No implementado	Equipo Técnico Energía
2. Procesos industriales y uso de productos	Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales, que tengan participación en las principales fuentes emisoras (cemento, cal, hierro y acero, ácido nítrico, metanol), para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país.	No implementado	Equipo Técnico IPPU
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	Trabajo coordinado con equipo del sector Energía quienes utilizan el BNE, ante cambios en los datos de actividad	No implementado	Equipo Técnico IPPU
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	Conformación de mesas de trabajo con el INE para mejorar los datos de producción de lubricantes.	No implementado	Equipo Técnico IPPU
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	Elaboración de un inventario de HFC nacional serie 1990 - 2015 a nivel regional en conjunto con el área de Ozono del MMA, con información a nivel de subaplicación	En implementación	Equipo Técnico IPPU/área de Ozono del MMA
3.A.1. Fermentación entérica	Mejoramiento de la coordinación; mesa de trabajo para levantar información de productores; mejorar factores de emisión para las especies claves	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.A.2. Gestión del estiércol	Mejoramiento de la coordinación; mesa de trabajo para levantar información de productores; mejorar factores de emisión para las especies claves; mejora en la caracterización de SGE	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.B.1. Tierras forestales	Mejoramiento a la matriz de uso de la tierra; actualizar factores de emisión país específico; incluir COS	En implementación	Equipo Técnico de AFOLU
3.B.2. Tierras de cultivo	Mejoramiento a la matriz de uso de la tierra; incluir COS; Desarrollo de factores de emisión país específico	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.B.3. Pastizales	Mejoramiento a la matriz de uso de la tierra; incluir COS; Desarrollo de factores de emisión país específico	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.B.4. Humedales	Mejoramiento a la matriz de uso de la tierra; incluir COS; Desarrollo de factores de emisión país específico; Aplicar el nuevo Suplemento de Humedales de 2013 para las Directrices del IPCC de 2006 que incluyen mayor información sobre los cálculos	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.B.5. Asentamientos	Mejoramiento a la matriz de uso de la tierra; incluir COS; Desarrollo de factores de emisión país específico	En implementación	Equipo Técnico de AFOLU
3.B.6. Otras tierras	Mejoramiento a la matriz de uso de la tierra; incluir COS; Desarrollo de factores de emisión país específico	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa	Mejorar estadísticas de incendios	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.C.2. Encalado	Levantar información desde los productores	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.C.3. Aplicación de urea	Separar el consumo de urea para fines no agrícolas	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos	Mejorar la asignación de SGE; Separar el consumo de fertilizantes para fines no agrícolas	En implementación	Equipo Técnico de AFOLU

Categoría	Mejoras detectadas por el país	Estatus	Responsable
gestionados			
3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	Mejorar la asignación de SGE; Separar el consumo de fertilizantes para fines no agrícolas	En implementación	Equipo Técnico de AFOLU
3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol	Mejorar la asignación de SGE; desarrollar factores de emisión país específico	En implementación	Equipo Técnico de AFOLU
3.C.7. Cultivo del arroz	Mejorar las estadísticas regionalizadas	No implementado	Equipo Técnico de AFOLU
4.A. Disposición de residuos sólidos	Mejorar datos de la composición de RSM eliminados en sitios de disposición final.	No implementado	Equipo Técnico Residuos
4.A. Disposición de residuos sólidos	Obtener cantidades de ciertos tipos de residuos eliminados en sitios de disposición final, por ejemplo, residuos agroindustriales, residuos de la construcción y demolición, etc.	No implementado	Equipo Técnico Residuos
4.A. Disposición de residuos sólidos	Utilización de información del Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) del D.S N°1 *Reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes*, respecto a información anual que declaran generadores y destinatarios de residuos.	No implementado	Equipo Técnico Residuos
4.A. Disposición de residuos sólidos	Mejorar la información del sector residuos a partir de la entrada en vigencia de la Ley N° 20.920 de Fomento al Reciclaje y Responsabilidad Extendida del Productor, recientemente aprobada.	Por implementar	Equipo Técnico Residuos
4.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	Conformar una mesa de trabajo con la SISS para facilitar la entrega de la información en un formato más adecuado a las necesidades del inventario, así como también revisar los métodos y supuestos usados para la completitud de vacíos de la serie temporal.	No implementado	Equipo Técnico Residuos

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

1.2.4. Creación y mantención de capacidades

Línea de acción enfocada en la creación, mantención e incremento de las capacidades técnicas de los profesionales del ET-Nacional del SNICHILE para la generación de los INGEI.

Para identificar las necesidades de capacitación, el ET-Coordinador realiza un diagnóstico de necesidades mediante la identificación de brechas, barreras y obstáculos, para luego priorizar las necesidades (ver identificación de necesidades en capítulo 9 del presente documento). La superación de brechas se ha realizado, usualmente, mediante talleres de capacitación durante las reuniones del SNICHILE.

A lo menos un profesional de cada equipo técnico del SNICHILE ha participado en talleres internacionales e intercambios de experiencias para la creación de capacidades en materia de INGEI. Esto sin lugar a dudas ha sido útil para incrementar la capacidad de los equipos técnicos. De todos modos, se requiere robustecer las capacidades de los profesionales del SNICHILE que son investigadores, con el objetivo de fomentar la investigación científica en materia de INGEI y desarrollar factores de emisión país específico que incrementen la exactitud de las estimaciones del INGEI de Chile

A la fecha se han efectuado talleres específicos para abordar temas técnicos como la evaluación de la incertidumbre, el acortamiento de brechas de la información y generalidades de los INGEI.

Un tema relevante para el SNICHILE es que, a julio de 2016, se cuenta con siete profesionales cualificados como revisores expertos de INGEI de las Partes anexo I de la Convención, quienes participan activa y permanentemente del trabajo del SNICHILE (Tabla 3). Estos profesionales aportan con sus conocimientos específicos en diferentes etapas del proceso de INGEI de Chile, colaborando así con el aseguramiento de su calidad.

Tabla 3. Profesionales del SNICHILE cualificados como revisores expertos de INGEI de las Partes anexo I de la Convención

Nombre	Institución	Cualificación	Participación en el SNICHILE
Aquiles Neuenschwander A.	Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura	Revisor líder y experto del sector Uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura	Asesor del Equipo Técnico de AFOLU
Sergio González M.	Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional	Revisor líder y experto del sector Agricultura	Asesor y coordinador del Equipo Técnico de AFOLU
Fernando Farías E.	Departamento de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente	Revisor experto del sector Energía	Asesor y supervisor del Equipo Técnico Coordinador
Jenny Mager S.	Departamento de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente	Revisora experta del sector Procesos industriales	Líder del Equipo Técnico de IPPU
Paulo Cornejo G.	Departamento de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente	Revisor experto del sector Agricultura	Coordinador del SNICHILE
Marta Alfaro V.	Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura	Revisora experta del sector Agricultura	Sublíder del Equipo Técnico de AFOLU, encargada de *Ganadería* y actividades relacionadas
Yasna Rojas P.	Instituto Forestal del Ministerio de Agricultura	Revisora experta del sector Uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura	Sublíder del Equipo Técnico de AFOLU, encargada de *Tierras forestales* y actividades relacionadas

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Otra iniciativa relevante del SNICHILE para esta línea de acción es la creación e implementación, desde 2013, de la Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (RedINGEI), cuyo objetivo principal es mantener una red de cooperación sur-sur en materia de inventarios nacionales de GEI entre países latinoamericanos de habla hispana[6], para facilitar el desarrollo de capacidades técnicas e institucionales a través del intercambio de experiencias y la adopción de las mejores prácticas. Actualmente, la coordinación general de la RedINGEI ha sido delegada al coordinador del SNICHILE.

En esta instancia de cooperación se han desarrollado actividades relevantes de creación de capacidades, como acceso de dos profesionales del SNICHILE a los cursos de INGEI del Greenhouse Gas Management Institute (GHGMI) y acceso a talleres mediante Webinar.

1.2.5. Archivo y difusión

Línea de acción enfocada en la documentación y el archivo de la información relacionada con el INGEI de Chile y con la difusión de dicha información, de modo de asegurar la gestión y la transparencia del INGEI de Chile.

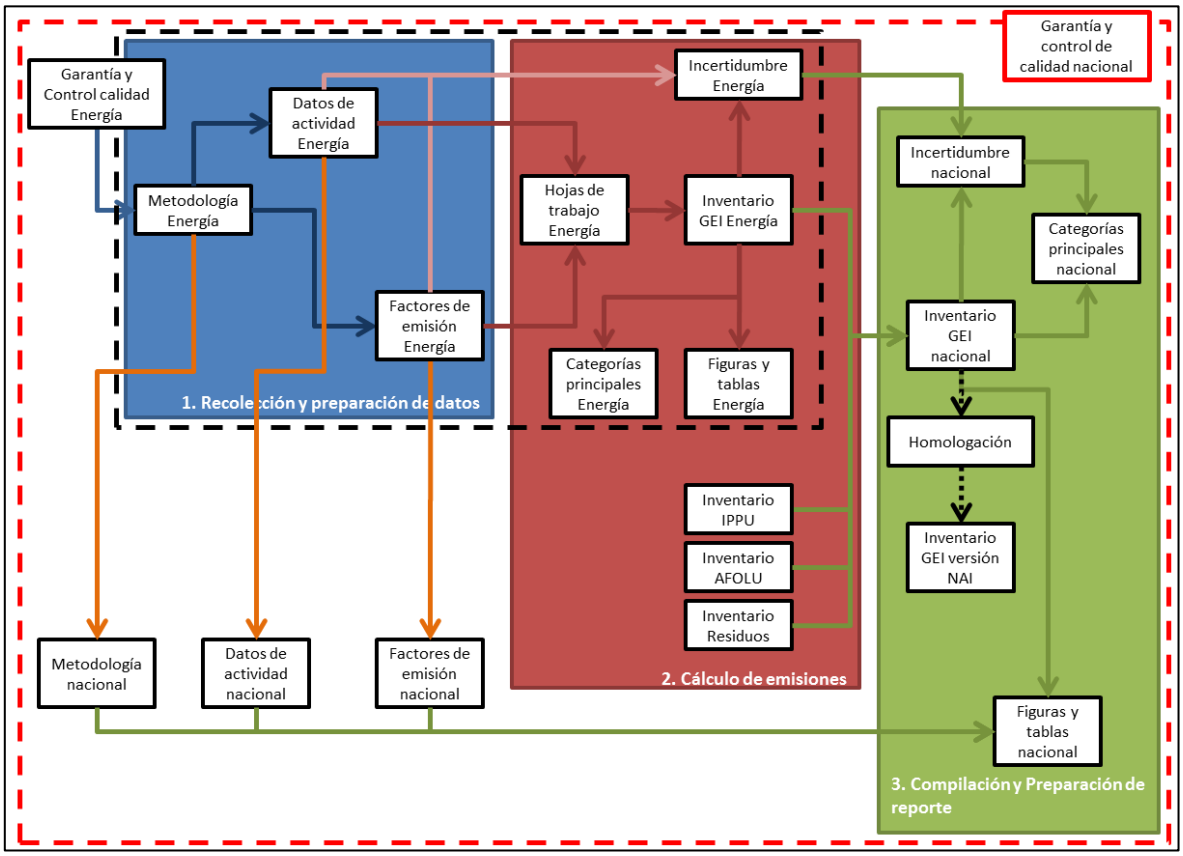
1.2.5.1. Archivo: Sistema de Registro Tabular

Desde 2015, el ET-Coordinador ha implementado un sistema de archivo y documentación para el archivo del INGEI de Chile adecuado a las circunstancias nacionales, denominado Sistema de Registro Tabular (SRT), el cual consiste en un conjunto de carpetas y archivos (documentos y libros de cálculo) estandarizados con el fin de facilitar la gestión de los datos, la estimación de GEI y el tratamiento de los temas transversales relacionados con los INGEI del país. El SRT se encuentra alojado en una nube virtual administrada por el Equipo Técnico Coordinador y operada por la compañía Dropbox. El servicio permite a los usuarios almacenar, compartir y sincronizar carpetas y archivos en línea, entre computadores y otros usuarios. El SRT cuenta con un manual propio que incluye las instrucciones necesarias para la implementación y gestión de los libros de cálculo.

Para comprender el SRT del SNICHILE es necesario entender el proceso de elaboración de los ISGEI y la compilación y elaboración del INGEI de Chile. Esto se presenta de manera simplificada en la Figura 6, en donde se describe el proceso considerando la elaboración del ISGEI de Energía a modo de ejemplo.

[6] A julio de 2016, los países miembros de la Red son: Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay.

Figura 6. Mapa de proceso para la actualización del ISGEI de Energía y la compilación del INGEI de Chile



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Como se muestra en la figura anterior, el proceso de elaboración del INGEI de Chile consta de tres etapas:

1) **Recolección y preparación de datos**: en esta primera etapa los ET-Sectoriales definen el nivel del método para el cálculo de GEI de cada categoría de su respectivo sector. En función de esto se determinan los datos de actividad y paramétricos que serán necesarios. También se determinan los factores de emisión a usar. Toda esta información debe ser reportada por cada ET-Sectorial al ET-Coordinador con fines de documentación.

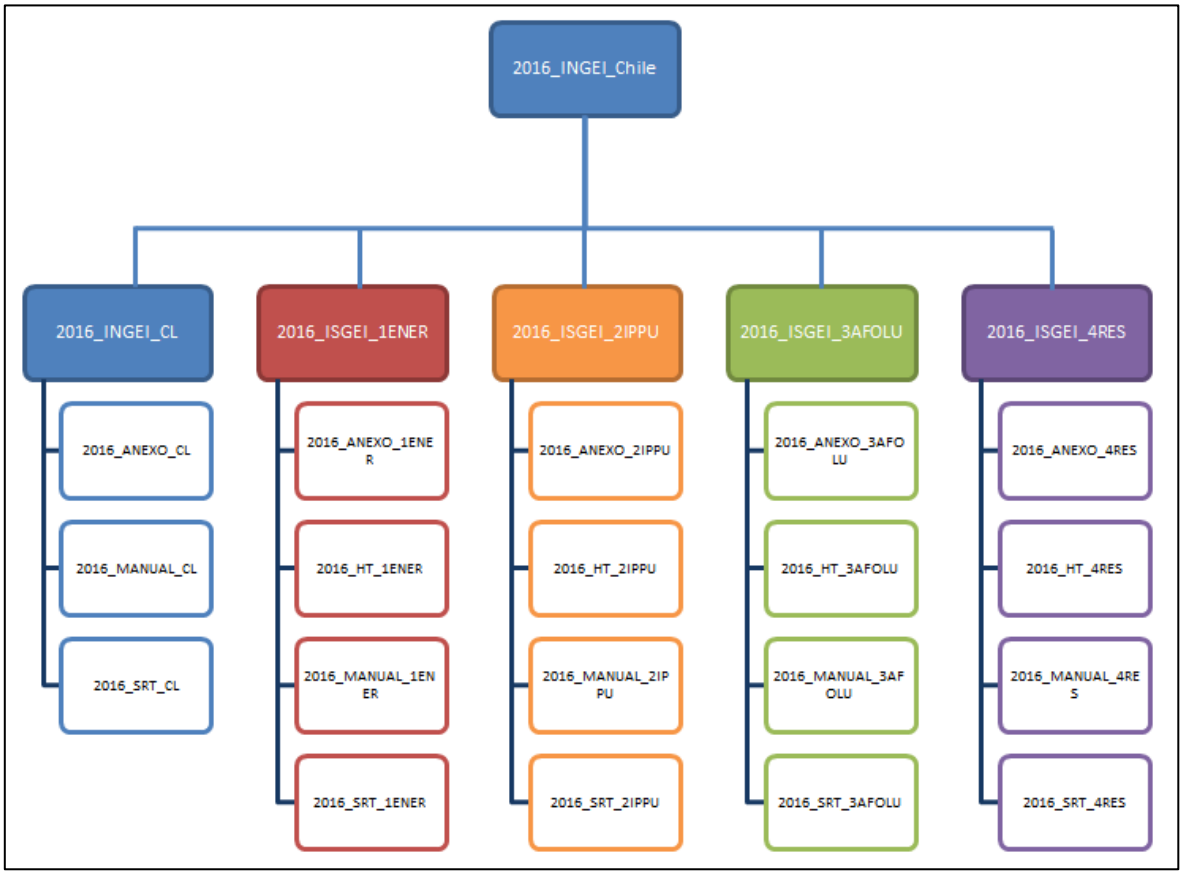
2) **Cálculo de GEI:** los datos recolectados en la etapa anterior son usados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI a lo largo de toda la serie temporal, las cuales conformarán los ISGEI respectivos. Adicionalmente se deberán estimar las incertidumbres y las categorías principales a nivel sectorial. Con todo esto cada ET-Sectorial debe elaborar un *Informe del Inventario* Sectorial de GEI con base en la estructura del documento propuesta por la ET-Coordinadora, el que permitirá compilar y elaborar el IIN de Chile.

3) **Compilación y preparación de reporte:** el ET-Coordinador reúne la información generada por los equipos sectoriales y compila la estimación de emisiones y absorciones de GEI de los ISGEI. Además, debe determinarse la incertidumbre total del INGEI de Chile, así como las categorías principales. Adicionalmente, para efectos de cumplimiento de los requisitos

de reporte de la CMNUCC para países en desarrollo, el INGEI de Chile debe someterse a un proceso de homologación (tarea que es responsabilidad del ET-Coordinador), de modo de presentar el INGEI de Chile en formato país no anexo I (NAI).

El SRT es ordenando de acuerdo a la Figura 7, en donde se muestra la estructura de archivo establecida. Para cada sector se plantea una carpeta (2016_ISGEI_XYYY) que a su vez contiene cuatro subcarpetas: 2016_ ANEXO_XYYY, que contiene todos los documentos de respaldos de los datos de actividades y otra información relevante para el sector; 2016_HT_XYYY, que contiene los documentos referidos exclusivamente a la estimación de GEI, como libros de cálculo o bases de datos del software del IPCC; 2016_MANUAL_XYYY, que contiene el manual de procedimiento sectorial y el manual de usuario del SRT de cada sector; y la subcarpeta 2016_SRT_XYYY contiene los libros de cálculo para el reporte de datos de actividad, factores de emisión, emisiones y otra información estipulada de antemano por la entidad nacional coordinadora. La carpeta referida a información propia del INGEI, 2016_INGEI_CL, no contiene la subcarpeta HT debido a que la estimación de GEI es tarea de los ET-Sectoriales.

Figura 7. Mapa de proceso del SRT del sector Energía



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Para la formulación tanto de los nombres de las carpetas y el resto de los documentos se estableció una estructura de nomenclatura, que indicara el año de presentación del documento o sufijo (2016 en este caso), el objetivo del documento o raíz y el sector asociado al documento (1ENER para *Energía*, 2IPPU para *IPPU*, 3AFOLU para *AFOLU*, 4RES para *Residuos* y CL en el caso del INGEI). La Tabla 4 presenta el listado de los códigos de libros de cálculo incluidos en la subcarpeta

2016_SRT_XYYY de todos los sectores, incluyendo el nombre, una breve descripción y el usuario o encargado de cada una de ellas.

Tabla 4. Descripción de documentos de SRT

Código	Tipo	Nombre	Descripción	Usuario
2016_AI_ XYYY	Libro de cálculo	Arreglos Institucionales Sector XYYY	Archivo que contiene información base del equipo técnico sectorial respectivo, responsabilidades, acuerdos de trabajo, planificación sectorial, etc.	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_CP_ XYYY	Libro de cálculo	Categorías Principales Sector XYYY	Archivo que contiene los cálculos y reporte de categorías principales del sector respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_DA_ XYYY	Libro de cálculo	Datos de Actividad Sector XYYY	Archivo que contiene datos de actividad estadísticos y paramétricos para todas las categorías del sector respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_EFDB_ XYYY	Libro de cálculo	Base de Datos FE Nivel 2 Sector XYYY	Archivo que contiene los detalles de información necesaria de factores de emisión Nivel 2 del sector respectivo para ser ingresadas a la EFDB del IPCC	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_FE_ XYYY	Libro de cálculo	Factores de Emisión Sector XYYY	Archivo que contiene todos los factores de emisión utilizados por el sector respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_GCCC_ XYYY	Libro de cálculo	Garantía y Control de Calidad Sector XYYY	Archivo que contiene todas las medidas de control y garantía de la calidad, responsables, plan de mejoramiento, mejoras realizadas y actividades de creación y mantención de actividades aplicadas o por aplicar del sector respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_INC_ XYYY	Libro de cálculo	Incertidumbre Sector XYYY	Archivo que contiene el cálculo y reporte de la incertidumbre del sector respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_ISGEI_ XYYY	Libro de cálculo	Inventario Sectorial de GEI de XYYY	Archivo que contiene todas las tablas de resúmenes por año y en serie de tiempo del ISGEI de respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_METOD_ XYYY	Libro de cálculo	Métodos Sector XYYY	Archivo que contiene información sobre los métodos utilizado (incluyendo las claves de notación) para la estimación de GEI del sector Energía	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_MSRT_ XYYY	Libro de cálculo	Manual de Uso del SRT Sector XYYY	Archivo que contiene información sobre el SRT (como definiciones y nomenclaturas) y la estructura del sistema de archivo (Dropbox) del sector respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_TABS_ XYYY	Libro de cálculo	Tablas y Gráficos ISGEI de XYYY	Archivo que contiene las tablas y gráficos claves para el informe del ISGEI de respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_IIS_XYYY	Documento	Informe ISGEI de XYYY	Documento que contiene el informe del inventario sectorial respectivo, el cual será utilizado para elaborar el Informe del Inventario Nacional de Chile	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_MPS_ XYYY	Documento	Manual de Procedimiento Sector XYYY	Documento que contiene el detalle de los procedimientos para la elaboración del ISGEI respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial
2016_MSRT_ XYYY	Documento	Manual de Uso del SRT Sector XYYY	Documento que contiene el detalle para la utilización del SRT del sector respectivo	Líder Equipo Técnico sectorial

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Adicionalmente se han dispuesto algunos documentos únicamente disponibles para la entidad a cargo de la compilación del INGEI, incluidos en la carpeta 2016_SRT_CL. La Tabla 5 describe estos documentos.

Tabla 5. Descripción de documentos de SRT exclusivos de entidad coordinadora

Código	Tipo	Nombre	Descripción	Usuario
2016_HLOG_CL	Excel	Homologación	Archivo que contiene el proceso de homologación de categorías desde la versión GL2006 a la versión NAI	Coordinador SNICHILE
2016_INGEI_CL	Excel	Inventario Nacional de GEI de Chile	Archivo que contiene todas las tablas de resumen por año y en serie de tiempo del INGEI de Chile en versión GL2006	Coordinador SNICHILE
2016_INGEINAI_CL	Excel	Inventario Nacional	Archivo que contiene todas las tablas de resumen por año	Coordinador

Código	Tipo	Nombre	Descripción	Usuario
		de GEI de Chile versión NAI	y en serie de tiempo del INGEI de Chile en versión no anexo I (NAI)	SNICHILE
2016_PLAT2006_CL	Excel	Plataforma Web Versión GL2006	Archivo que contiene la base de datos de emisiones y absorciones de GEI, datos de actividad y factores de emisiones implícitos del INGEI de Chile (versión GL2006) para ser cargada en la plataforma web del SNICHILE	Coordinador SNICHILE
2016_PLATNAI_CL	Excel	Plataforma Web Versión NAI	Archivo que contiene la base de datos de emisiones y absorciones de GEI, datos de actividad y factores de emisiones implícitos del INGEI de Chile (versión NAI) para ser cargada en la plataforma web del SNICHILE	Coordinador SNICHILE

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

1.2.5.2. Difusión

Para la difusión del INGEI de Chile, desde 2015 el ET-Coordinador mantiene una plataforma virtual del SNICHILE (www.snichile.cl) para informar a la ciudadanía sobre las emisiones y absorciones nacionales de GEI. El objetivo último de la plataforma es difundir el INGEI de Chile, ser el reservorio centralizado de información para el SNICHILE y acercar a la población de manera interactiva al tema del cambio climático. La principal característica de la web es contar con una herramienta de visualización de las emisiones y absorciones de GEI del país, en la cual el usuario puede hacer consultas personalizada mediante los siguientes pasos:

a) **Versión:** selecciona entre las versiones GL2006 o NAI. El INGEI de Chile fue elaborado con las *Directrices del IPCC de 2006* (GL2006), las cuales dividen los inventarios en cuatro sectores: Energía; IPPU; AFOLU; y Residuos. El SNICHILE homologó los sectores de las GL2006 para el cumplimiento de los requisitos de reporte por las Partes no anexo I de la CMNUCC, presentando seis sectores: Energía; Procesos industriales; Uso de disolventes y otros productos; Agricultura; UTCUTS; y Residuos. Por lo tanto, la información numérica del INGEI de Chile podrá ser consultada en sus dos versiones (GL2006 y NAI).

b) **Estructura:** selecciona las actividades a visualizar. Puedes seleccionar desde el nivel más agregado (nacional) hasta categorías o subcategorías específicas, sus componentes y, en algunos casos específicos, combustibles o subtipo de especie.

c) **Detalle:** selecciona el detalle de la visualización. Por defecto la herramienta generará un gráfico en donde se ven las categorías seleccionadas desagregadas por sus constituyentes directos. En algunos casos particulares se puede escoger visualizar la categoría seleccionada por tipo de combustible o subtipo de especie que la compone.

d) **GEI:** selecciona el GEI a visualizar. Se puede visualizar cada GEI individualmente (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC y SF_6) o agregados en CO_2 eq.

e) **Periodo:** selecciona un año específico o una serie temporal personalizado entre 1990 y 2013.

f) **Consulta:** añade o elimina visualizaciones a voluntad. Se pueden realizar consultas en paralelo.

Además de la plataforma del SNICHILE, se han publicado materiales impresos como un resumen ejecutivo y un tríptico del INGEI de Chile, junto con material audiovisual complementario.

A continuación, se lista una serie de productos de difusión relacionados con el actual INGEI de Chile:

- Librillo del Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero 1990-2013
  http://www.snichile.cl/sites/default/files/documentos/2016_reirgei_reg_web_0.pdf

- Tríptico: INGEI de Chile 1990-2013
  http://www.snichile.cl/sites/default/files/documentos/2016_triptico_cl.pdf

- Resumen Extendido: INGEI de Chile 1990-2013
  http://www.snichile.cl/sites/default/files/documentos/2016_reingei_cl_web.pdf

- Segundo Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático
  http://www.snichile.cl/sites/default/files/documentos/2016_2iba_chile.pdf

- Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la CMNUCC
  http://www.snichile.cl/sites/default/files/documentos/2016_3cn_chile.pdf

Por último, los profesionales del ET-Nacional participan activamente en seminarios y talleres nacionales e internacionales en donde realizan difusión de INGEI de Chile con presentaciones estandarizadas, generadas por e ET-Coordinador.

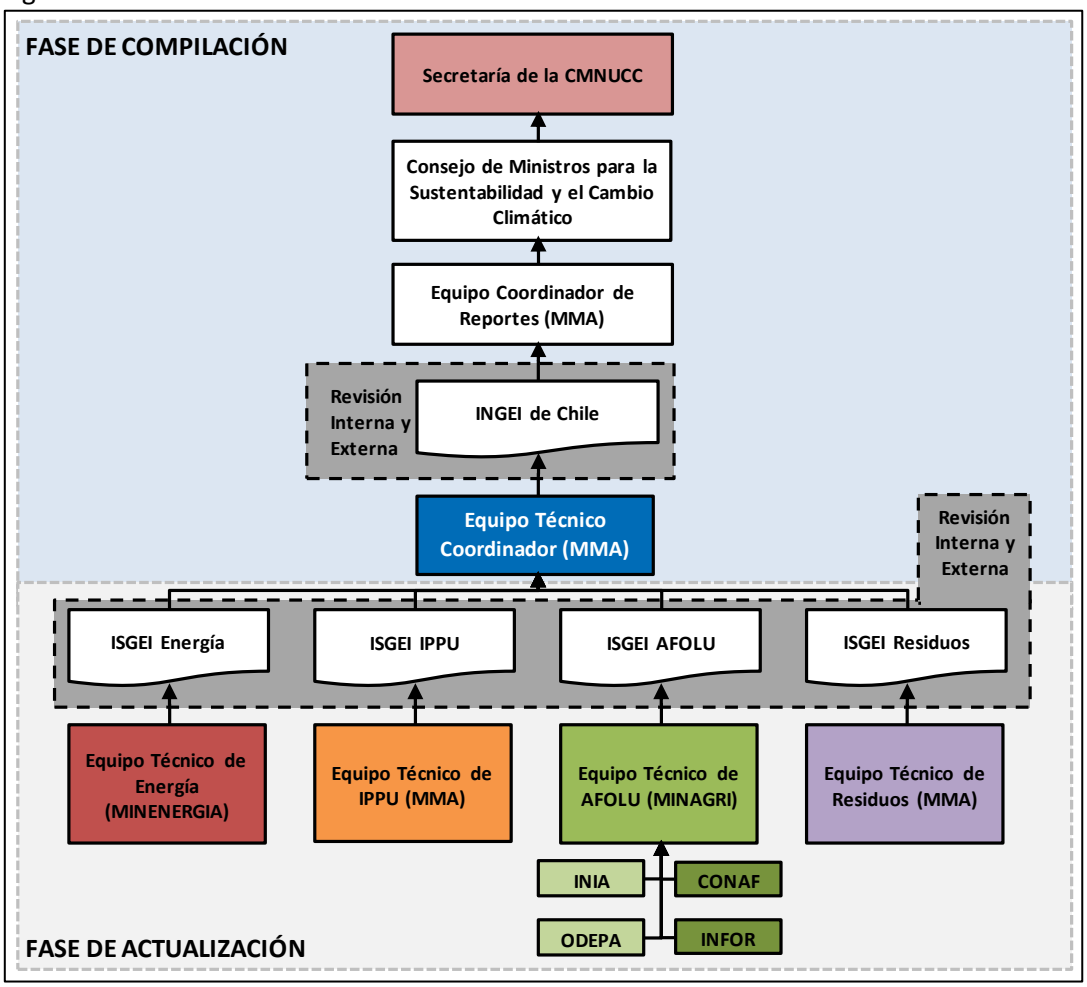
1.3. Proceso de actualización del INGEI de Chile

En resumen, el proceso de elaboración del presente INGEI de Chile comenzó el primer semestre de 2015 y concluyó a mediados de 2016. Como se observa en la Figura 8, cada ET-Sectorial elabora el inventario de GEI de su propio sector, lo que implica el levantamiento de la información, el cálculo de las emisiones y absorciones de GEI y la elaboración del informe del ISGEI. Luego el ET-Coordinador compila los ISGEI y desarrolla los temas transversales, con ese material elabora el INGEI de Chile y su respectivo informe.

El siguiente paso es un proceso de revisión internacional (correspondiente a una garantía de la calidad). En esta oportunidad se contó con la revisión de expertos de la Agencia Federal de Medio Ambiente de Alemania, a quienes se les agradece su contribución, así como también al proyecto Information Matter de la Sociedad Alemana Para la Cooperación Internacional (GIZ) por la coordinación y al proyecto Low Emission Capacity Building (LECB-Chile) del PNUD que financió parcialmente este proceso.

Por último, el capítulo del INGEI de Chile (que es un resumen del *Informe del Inventario Nacional de GEI de Chile*) se entrega al Equipo Coordinador de Reportes para su inclusión en la *Tercera Comunicación Nacional de Chile* y en el *Segundo Informe Bienal de Actualización*.

Figura 8. Proceso de actualización del INGEI de Chile



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Durante el proceso de actualización 2015-2016, la capacidad técnica del SNICHILE tuvo un importante avance debido a la experiencia adquirida en la elaboración del anterior INGEI de Chile presentado por el país en su *Primer IBA*.

Respecto de los recursos financieros, durante 2015-2016, el SNICHILE fue financiado mediante presupuesto nacional del gobierno de Chile y fondos provenientes de proyectos internacionales, como LECB-Chile y Biennial Update Report.

En cuanto a los profesionales de los equipos técnicos, los líderes de equipo fueron profesionales permanentes del gobierno de Chile, por lo tanto, son financiados con presupuesto nacional. Por otro lado, los profesionales encargados de las tareas cotidianas de la elaboración de los ISGEI fueron financiados de forma mixta, algunos de ellos son trabajadores del Estado, mientras que otros fueron consultores externos contratados específicamente para la elaboración del INGEI de Chile con financiamiento de proyectos internacionales. En los últimos años, han existido importantes avances en la materia, ya que varios de los ET-Sectoriales han contratado, como personal, permanente a sus consultores externos o han internalizado, dentro del perfil de cargo de sus profesionales, la función de elaborar INGEI de Chile.

Las actividades y productos del plan de trabajo ejecutado durante 2015 y 2016, por línea de acción del SNICHILE, se encuentran en el ANEXO 04.03.

1.4. Metodología y fuentes de información

1.4.1. Metodología y métodos

Para una cuantificación que asegure credibilidad, consistencia y comparabilidad entre los inventarios de los países, la CMNUCC propone las directrices metodológicas elaboradas por el IPCC para la elaboración o actualización de sus inventarios.

El presente INGEI de Chile, serie 1990-2013, es el resultado de la compilación de los ISGEI elaborados siguiendo las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*[7] y aplicando el software del IPCC[8] (con excepción del sector *AFOLU* en donde se aplican hojas de trabajo específicas), incluyendo el análisis de categorías claves y evaluación de la incertidumbre. El ET-Nacional ha decidido implementar, desde el inicio del SNICHILE y del proceso de actualización permanente, las *Directrices del IPCC de 2006* por las razones siguientes:

- Las *Directrices del IPCC de 2006* constituyen los mejores métodos de aplicación global actuales, ya que reflejan los últimos avances científicos para la cuantificación de emisiones y absorciones de GEI;
- El uso de las *Directrices del IPCC de 2006* y el software del IPCC permiten al país reportar sus emisiones en el formato requerido por la CMNUCC;
- Reducción de costos asociados a futuras actualizaciones metodológicas del INGEI de Chile, ya que la tendencia internacional, tanto de países desarrollados y países en desarrollo, es hacia mejorar las metodologías para la elaboración de sus INGEI implementando las *Directrices del IPCC de 2006*; y
- Compatibilizar las metodologías de contabilización de GEI entre diferentes iniciativas desarrolladas por los equipos sectoriales.

Además, el INGEI de Chile ha sido elaborado cumpliendo los requisitos de información de las *Directrices de la Convención para la presentación de los informes bienales de actualización de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención*[9] y de las *Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención*[10].

Para estimar las emisiones y absorciones de GEI, el abordaje metodológico general consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana (denominados datos de la actividad o DA, los cuales pueden ser estadísticos y/o paramétricos) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria. Se los denomina factores de emisión (FE). Por consiguiente, la ecuación básica es:

[7] Recuperado de www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html
[8] Recuperado de www.ipcc-nggip.iges.or.jp/software/index.html
[9] Anexo de la Decisión 17/COP8. Recuperado de http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop8/cp807a02s.pdf#page=2
[10] Anexo III de la Decisión 2/COP17. Recuperado de http://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/spa/09a01s.pdf#page=

Emisiones de GEI = Datos de actividad (DA) × Factores de emisión (FE)

Aunque esta sencilla ecuación es muy usada, las *Directrices del IPCC de 2006* también contienen métodos de equilibrio de masa (principalmente para la categoría *Tierras* del sector *AFOLU*) y métodos más complejos, divididos generalmente en tres niveles. El método Nivel 1 es el "método por defecto", la instancia metodológica más simple, aplicable cuando no se cuenta con datos de actividad propios o factores de emisión país específicos. Si bien el método Nivel 1 permite hacer el cálculo, tiene el riesgo de que las circunstancias nacionales no sean debidamente reflejadas. El método Nivel 2 se basa en el mismo procedimiento metodológico del Nivel 1, pero con factores de emisión o datos de actividad paramétricos propios del país o de una región. En estas circunstancias, es altamente probable que las estimaciones de absorciones y emisiones de GEI sean más precisas, por lo cual esta opción debiera aplicarse a las categorías principales. El método Nivel 3 corresponde a métodos específicos de un país (modelos, censos y otros), cuya aplicación se recomienda siempre que hayan sido debidamente validados y, en el caso de los modelos, se hayan publicado en revistas científicas con comité editorial.

En la Tabla 6 se presenta un resumen de los métodos y niveles aplicados en el INGEI de Chile. En la sección 3 a la sección 6 del presente capítulo hay información relativa a las metodologías y los métodos aplicados en cada sector. Destaca la aplicación de métodos Nivel 2 y factores de emisión país específico. Para mayor detalle de la información, se alienta al lector a revisar los capítulos de cada sector en específico.

Por último, las *Directrices del IPCC de 2006* proporcionan orientaciones sobre buenas prácticas para elaborar INGEI de calidad. Los indicadores de la calidad en los INGEI son:

- **Transparencia:** debe existir documentación clara y suficiente para que las personas o los grupos que no sean los elaboradores del inventario entiendan cómo fue elaborado.

- **Exhaustividad:** se deben declarar las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de GEI, en la totalidad de la cobertura territorial del país.

- **Coherencia:** se deben realizar las estimaciones para diferentes años, gases y categorías, de tal forma que las diferencias entre años y categorías reflejen las diferencias reales en el balance de emisiones. Las tendencias anuales de los inventarios, en la medida de lo posible, deben calcularse por el mismo método y las mismas fuentes de datos en todos los años, y deben tener por objeto reflejar las fluctuaciones anuales reales de emisiones o absorciones, sin estar sujetas a los cambios resultantes de las diferencias metodológicas.

- **Comparabilidad:** se debe reportar el INGEI de forma tal que permite su comparación con los INGEI correspondientes a otros países.

- **Exactitud:** no debe contener estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida en la que pueda juzgarse. Esto significa invertir todo el esfuerzo necesario para eliminar el sesgo en las estimaciones.

En conclusión, los elaboradores de inventarios deben utilizar métodos de buenas prácticas para garantizar que los INGEI lleguen a ser lo más transparentes, exhaustivos, coherentes, comparables

y exactos posibles, así como para garantizar el mejoramiento continuo con el transcurso del tiempo.

Tabla 6. Métodos aplicados en el INGEI de Chile, serie 1990-2013

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1. Energía	T1, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, NO	T1, T2, IE, NA, NE, NO	D, IE, NA, NE, NO	T1, T2, IE, NA, NE	D, IE, NA, NE						
1.A. Actividades de quema de combustible (método sectorial)	T1, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE						
1.A.1. Industrias de la energía	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
1.A.3. Transporte	T1, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE						
1.A.4. Otros sectores	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE						
1.A.5. No especificado	IE, NE	IE, NE	IE, NE	IE, NE	IE, NE	IE, NE						
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NA, NE	NA, NE						
1.B.1. Combustibles sólidos	NA, NE	NA, NE	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NA	NA						
1.B.2. Petróleo y gas natural	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NE	NA, NE						
1.B.3. Otras emisiones provenientes de la producción de energía	NE	NE	NE	NE	NE	NE						
1.C. Transporte y almacenamiento de CO_2	NO	NO	NO	NO	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	NO	NO	NO	NO						
2. Procesos industriales y uso de productos	T1, T2, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
2.A. Industria de los minerales	T2, NE, NO	D, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO						
2.B. Industria química	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Industria de los metales	T1, NO	D, NO	IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, NO	D, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO						
2.E. Industria electrónica	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NO	NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO		
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NO	NO	NA, NO	NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
2.H. Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA						
3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	T1, T2, NA, NE, NO	CS, D, NA, NE, NO	T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO						
3.A. Ganadería			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO						
3.A.1. Fermentación entérica			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO								
3.A.2. Gestión del estiércol			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO						
3.B. Tierras	T1, T2, NA, NE	CS, D, NA, NE										
3.B.1. Tierras forestales	T1, T2, NE	CS, D, NE										

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.2. Tierras de cultivo	T1, T2, NE	CS, D, NE										
3.B.3. Pastizales	T1, T2, NA, NE	CS, D, NA, NE										
3.B.4. Humedales	T1, T2, NE	CS, D, NE										
3.B.5. Asentamientos	T1, T2, NE	CS, D, NE										
3.B.6. Otras tierras	T1, T2, NE	D, NE										
3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO						
3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa	NA	NA	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE						
3.C.2. Encalado	T1	D										
3.C.3. Aplicación de urea	T1	D										
3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados					T1	D						
3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados					T1	D						
3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol					T1	D						
3.C.7. Cultivo del arroz			T1	D	NA	NA						
3.C.8. Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
3.D. Otros	NE, NO	NE, NO	NO	NO	NO	NO						
3.D.1. Productos de madera recolectada	NE	NE										
3.D.2. Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
4. Residuos	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO						
4.A. Disposición de residuos sólidos			T1	D	NA	NA						
4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos			T1	D	T1	D						
4.C. Incineración y quema abierta de residuos	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO						
4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales			T1	D	T1, NA	D, NA						
4.E. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO						
Anx. Partidas informativas												
Anx.1. Tanque internacional	T1	D	T1	D	T1	D						
Anx.1.a. Aviación internacional	T1	D	T1	D	T1	D						
Anx.1.b. Navegación internacional	T1	D	T1	D	T1	D						
Anx.2. Operaciones multilaterales	IE	IE	IE	IE	IE	IE						
Anx.3. Emisiones de CO_2 de la biomasa	T1	D										

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
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Tras estimar las emisiones y absorciones de cada uno de los GEI, y para el reporte de los valores de GEI en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq), los países en desarrollo deben usar los potenciales de calentamiento global (PCG) proporcionados por el IPCC en su *Segundo Informe de Evaluación* (SAR), que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de cien años. Los PCG usados para los principales GEI se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Potenciales de calentamiento global usados en el INGEI de Chile

GEI	PCG
CO_2	1
CH_4	21
N_2O	310
HFC-32	650
HFC-125	2.800
HFC-134a	1.300
HFC-152a	140
HFC-143a	3.800
HFC-227ea	2.900
HFC-236fa	6.300
CF_4	6.500
SF_6	23.900

Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en IPCC, 1995

1.4.2. Principales fuentes de Información

En cuanto a la información necesaria para la elaboración del INGEI de Chile, se ha avanzado en la mejora de estadísticas nacionales, financiadas principalmente con fondos nacionales, y en el desarrollo de nuevos factores de emisión país específico por parte de profesionales permanentes y consultores externos; en esta línea destaca el trabajo de los investigadores del Equipo Técnico de AFOLU que, en conjunto con la academia y fuentes de financiamiento internacional, han avanzado notablemente en esta materia.

En la Tabla 8 se resumen las principales fuentes de información (datos de actividad) utilizadas por cada sector en el INGEI de Chile. En cada capítulo sectorial y en la sección de Referencias se podrá encontrar mayor detalle sobre las fuentes de información utilizadas.

Tabla 8. Principales fuentes de información del INGEI de Chile, serie 1990-2013

Sector	Fuente
1. Energía	*Balance Nacional de Energía* (Ministerio de Energía) *Anuarios de estadísticas del cobre y otros minerales* (COCHILCO) Estadísticas de consumo de combustible internacional (Servicio Nacional de Aduanas)
2. IPPU	Producción de cemento (Bio Bio, Polpaico, Melón) Importaciones y exportaciones de clínker (Servicio Nacional de Aduanas) Producción de cal (Inacesa, Soprocal, CMPC y Arauco) Producción de vidrio (Cristalerías Toro, Verallia, Cristalerías Chile, Lirquén) Producción de ácido nítrico (POCH y Deuman) *Balance Nacional de Energía* (Ministerio de Energía) Producción de metanol (Methanex) Producción de hierro (COCHILCO, SERNAGEOMIN) Producción de acero (CAP, Gerdau Aza) Producción de ferroaleaciones (USGS) Producción, importación y exportación de sustitos de SAO (INE, Servicio Nacional de Aduanas) Producción, importación y exportación de SF_6 (SF6Chile) Producción, importación y exportación de lubricantes y ceras de parafina (INE, Servicio Nacional de Aduanas)
3. AFOLU	*Censos Agropecuarios y Forestales* (INE) Estadísticas anuales (ODEPA)

Sector	Fuente
	Estadísticas de población animal, cultivos y fertilizantes (INE, ODEPA)
	Inventario Forestal Continuo (INFOR)
	Estadísticas Forestales (INFOR)
	Catastros Vegetacionales (CONAF)
	Estadísticas históricas de incendios forestales (CONAF)
4. Residuos	*Censo de población y vivienda* (INE)
	Catastro ajustado de Residuos Sólidos Municipales (MMA)
	Estadística de aguas residuales domésticas e industriales (SISS)

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Se aprecia que la información más relevante del INGEI de Chile la generan las mismas instituciones a las cuales pertenecen los ET-Sectoriales, y en muchos casos son los mismos equipos los que también están a cargo de su elaboración. Esto es una ventaja por la disponibilidad de los datos y el uso eficiente de los recursos financieros.

1.5. Categorías principales

El concepto de categoría principal permite identificar las categorías que repercuten significativamente en los INGEI de un país en términos del nivel absoluto, tendencias o incertidumbre de las emisiones y absorciones de GEI. Según las *Directrices del IPCC de 2006*, las categorías principales deben ser la prioridad para los países durante la asignación de recursos para la recopilación de datos, compilación, garantía y control de calidad, y generación de informes. En consecuencia, es una buena práctica usar los resultados del análisis de categorías principales como base para la opción metodológica. Ese proceso se traduce en una mejor calidad del inventario, así como en una mayor confianza en las estimaciones desarrolladas.

El ET-Coordinador del SNICHILE ha identificado las categorías principales del INGEI de Chile para 1990 y 2013 de acuerdo con los criterios de nivel y tendencia, aplicando el Método 1 y el Método 2. La inclusión del Método 2 constituye una mejora respecto de la actualización anterior, que solo consideró el Método 1.

El Método 1 evalúa la influencia que ejercen diversas categorías de emisión y absorción sobre el nivel y la tendencia del INGEI. Por lo tanto, las categorías principales según el Método 1, son aquellas que, al sumarse acumuladas en orden de magnitud descendente, totalizan 95 % de la suma total de todas las emisiones y absorciones de GEI del país en términos absolutos.

El Método 2 incluye el análisis de la incertidumbre asociada a la emisión o absorción de GEI de cada categoría, ponderando los resultados de la evaluación de nivel y tendencia del Método 1. Por lo tanto, las categorías principales según el Método 2, son aquellas que, al sumarse acumuladas en orden de magnitud descendente, totalizan 90 % de la suma total de todas las emisiones y absorciones de GEI del país en términos absolutos.

En la Tabla 9 se resumen las fuentes de emisión y sumideros de absorción identificados como categorías principales, marcadas con «X» en celda de color gris, mientras que las columnas indican el criterio de identificación. Algunas categorías cumplen los seis criterios evaluados, por ejemplo, las emisiones de CO_2 de *Transporte terrestre* del sector *Energía* o la absorción de CO_2 por parte de *Renovales* del sector *AFOLU*. Este resumen constituye la base para las discusiones con los equipos

sectoriales sobre la calidad de las estimaciones y las posibles mejoras. Las categorías principales del INGEI de Chile son también objeto de una documentación más detallada y un control de calidad más exhaustivo.

Mayor información respecto al procedimiento realizado para el análisis de las categorías claves se encuentra en el ANEXO 01.

Tabla 9. Resumen de las categorías principales del INGEI de Chile, serie 1990-2013, de acuerdo a las evaluaciones de nivel y tendencia, usando los Métodos 1 y 2

Código IPCC	Categoría IPCC	GEI	Criterio de Identificación					
			N1 1990	N1 2013	T1	N2 1990	N2 2013	T2
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles gaseosos	CO_2	X	X				
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles líquidos	CO_2	X	X	X			
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles sólidos	CO_2	X	X			X	
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N_2O					X	
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles gaseosos	CO_2		X				
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO_2	X	X	X		X	
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO_2	X	X	X	X		X
1.A.3.a.	Aviación civil	CO_2	X	X	X			
1.A.3.b.	Transporte Terrestre	CO_2	X	X	X	X	X	X
1.A.3.b.	Transporte Terrestre	N_2O					X	
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial - Combustibles líquidos	CO_2	X	X	X			
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH_4	X	X	X	X	X	X
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles gaseosos	CO_2		X				
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO_2	X	X	X			
1.B.1.	Combustibles sólidos	CH_4	X		X	X		X
1.B.2.a.	Petróleo	CH_4	X		X	X		X
1.B.2.b.	Gas natural	CH_4	X		X	X	X	X
2.A.1.	Producción de cemento	CO_2	X	X	X			
2.A.2.	Producción de cal	CO_2		X				
2.B.2.	Producción de ácido nítrico	N_2O		X				
2.B.8.a.	Metanol	CO_2	X		X			
2.C.1.	Producción de hierro y acero	CO_2	X	X	X			
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC			X		X	X
3.A.1.a.i.	Vacas lecheras	CH_4	X	X	X			
3.A.1.a.ii.	Otros vacunos	CH_4	X	X	X	X	X	X
3.A.1.c.	Ovinos	CH_4	X		X			
3.A.2.h.	Porcinos	CH_4	X	X	X			
3.A.2.h.	Porcinos	N_2O					X	
3.B.1.a.i.1.	Renovales	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.a.i.2.	Bosque nativo incendiado	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.a.i.3.	Bosque nativo manejado	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.a.i.4.a.	Pinus radiata	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.a.i.4.b.	Eucalyptus globulus	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.a.i.4.g.	Otras especies	CO_2	X	X	X			
3.B.1.a.ii.2.	Tierras en transición a plantación forestal	CO_2		X	X		X	
3.B.1.a.iii.1.	Trozas P. radiata	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.a.iii.2.	Trozas Eucalyptus spp.	CO_2	X	X	X	X	X	
3.B.1.a.iii.3.	Trozas otras exóticas	CO_2		X				

Código IPCC	Categoría IPCC	GEI	Criterio de Identificación					
			N1 1990	N1 2013	T1	N2 1990	N2 2013	T2
3.B.1.a.iii.4.	Trozas especies nativas	CO_2	X		X	X		X
3.B.1.a.iv.	Leña	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.a.v.1.	Bosque nativo incendiado	CO_2	X		X	X		X
3.B.1.a.v.2.	Plantaciones forestales incendiadas	CO_2	X		X			
3.B.1.a.v.3.	Substitución	CO_2	X	X	X	X		X
3.B.1.b.i.	Tierras de cultivo	CO_2	X		X			
3.B.1.b.ii.	Pastizales	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.1.c.	Tierras en transición a tierras forestales	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.3.b.	Tierras convertidas en pastizales	CO_2	X	X	X	X	X	X
3.B.6.b.i.	Tierras forestales	CO_2					X	
3.C.1.b.	Emisiones por quemado de biomasa en Tierras de cultivo	CH_4, N_2O				X		X
3.C.4.a.	Fertilizante sintético	N_2O	X	X	X	X	X	X
3.C.4.b.	Estiércol animal, compost, lodos y otros	N_2O				X	X	X
3.C.4.c.	Residuos de cosechas	N_2O			X	X	X	X
3.C.4.d.	Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	N_2O	X	X	X	X	X	X
3.C.5.a.	Fertilizante sintético	N_2O				X	X	X
3.C.5.b.	Estiércol animal, compost, lodos y otros	N_2O				X	X	X
3.C.5.d.	Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	N_2O	X	X	X	X	X	X
4.A.1.	Sitios de disposición de residuos gestionados	CH_4		X			X	
4.A.2.	Sitios de disposición de residuos no gestionados	CH_4	X		X	X		X
4.A.3.	Sitios de disposición de residuos no categorizados	CH_4	X	X	X	X	X	X
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	CH_4		X		X	X	X
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	N_2O				X	X	

N1 1990: análisis de 1990 Método 1; N1 2013: análisis de 2013 Método 1; T1: análisis de tendencia 1990-2013 Método 1; N2 1990: análisis de 1990 Método 2; N2 2013: análisis de 2013 Método 2; T2: análisis de tendencia 1990-2013 Método 2.
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

1.6. Evaluación general de la incertidumbre

Según las *Directrices del IPCC de 2006*, las estimaciones de incertidumbre son parte esencial de un inventario exhaustivo de emisiones y absorciones de GEI. El análisis de la incertidumbre se debe considerar un medio para priorizar los esfuerzos nacionales destinados a reducirla de los inventarios en el futuro y para guiar las decisiones sobre la elección metodológica.

Para el análisis de la incertidumbre del INGEI de Chile, el Equipo Técnico Coordinador compiló las incertidumbres de cada ISGEI y desarrolló un análisis usando el Método 1: Propagación del error de las *Directrices del IPCC de 2006*, que sirve para estimar la incertidumbre en las categorías individuales (factores de emisión, datos de actividad y otros parámetros de estimación) en todo el inventario, y en las tendencias entre un año de interés y el año de base.

El balance de emisiones y absorciones de GEI de Chile tiene una incertidumbre combinada de -43,8 % y +46,7 %. En términos generales, los sectores que más aportan a la incertidumbre (contribución a la varianza) del 2013, considerando además la ponderación de emisiones y absorciones, son el sector *AFOLU*, seguido del sector *Energía*, el sector *Residuos* y por último el sector *IPPU*.

En el sector *Energía*, la incertidumbre combinada total fue de -3,0 % y +4,5 % en 2013. Las fuentes de incertidumbre que en mayor medida contribuyen a la varianza se encuentran en las emisiones fugitivas de CH_4 de la extracción de gas natural y combustibles sólidos, seguidas de las emisiones de CO_2 en los combustibles líquidos usados en los automóviles, y las emisiones de CO_2 de los combustibles sólidos en la producción de electricidad. En general, la incertidumbre del sector se explica por el uso de factores de emisión por defecto, más que por los datos de actividad levantados en el Balance Nacional de Energía.

En el sector *IPPU*, la incertidumbre combinada total fue de ±16,3 % en 2013. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyen a la varianza están en las emisiones de HFC de las aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado, seguidas de las emisiones de N_2O en la producción de ácido nítrico, las emisiones de CO_2 en la producción de cal, y emisiones de CO_2 en la producción de metanol. La incertidumbre del sector también se debe principalmente al uso de factores de emisión por defecto.

En el sector *AFOLU*, la incertidumbre combinada total fue de -116,6 % y +123,8 % en 2013. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyen a la varianza se hallan en las emisiones y absorciones de CO_2 en las tierras forestales que permanecen como tales, seguidas de las absorciones de CO_2 en las tierras en transición a tierras forestales, de las emisiones de CO_2 de las trozas de *Pinus radiata* y de *Eucalyptus spp.*, de las emisiones de CO_2 producto de la extracción de leña y de las absorciones de CO_2 asociadas a *Pinus radiata*. En general, la incertidumbre del sector se debe a la combinatoria de los numerosos datos paramétricos país específico que se usan para determinar los factores de emisión país específico.

En el sector *Residuos*, la incertidumbre combinada total fue de -54,6 % y 57,5 % en 2013. Las fuentes que más contribuyen a la varianza están en las emisiones de CH_4 en la disposición de residuos sólidos en los diferentes sitios, seguidas de las emisiones de CH_4 y N_2O en el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas. En general, la incertidumbre del sector se debe al

uso de factores de emisión por defecto, salvo en las emisiones de CH_4 desde el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, caso en que la incertidumbre se relaciona mayoritariamente con los datos de actividad usados.

Mayor información respecto al procedimiento realizado para la evaluación general de la incertidumbre se encuentra en el ANEXO 02.

1.7. Evaluación general de la exhaustividad

El INGEI de Chile abarca todo el territorio nacional (continental, insular y antártico) e incluye emisiones y absorciones de GEI en una serie de tiempo completa que va desde 1990 a 2013.

Los GEI incluidos en el INGEI de Chile son: CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC y el recientemente incorporado SF_6. Se incluyen parcialmente los precursores CO, NO_x, COVDM y SO_2, que solo se calcularon para en el sector *Energía* y las categorías relacionadas con quema de biomasa en el sector *AFOLU*. Además, el INGEI de Chile incluye la casi totalidad de las fuentes de emisiones y absorciones por los sumideros para casi todas las categorías y subcategorías que componen los sectores.

Las categorías que no se han podido estimar, por falta de datos de actividad o de las metodologías apropiadas, se han reportado usando claves de notación[11] (ver Tabla 6 de la sección 1.4.1 y Tabla 10 del capítulo 2). En línea con las buenas prácticas de las *Directrices del IPCC de 2006*, y para mayor transparencia, en el ANEXO 04.04. se listan las categorías identificadas como no estimadas (NE) y aquellas incluidas en otro lugar (IE), las cuales deberán ser priorizadas —dependiendo de un análisis de costo/beneficio— en INGEI futuros con el objeto de avanzar en la exhaustividad.

Respecto de los depósitos de carbono del sector *AFOLU*, en el presente INGEI de Chile se incluyó la biomasa viva (aérea y subterránea) y parte de la biomasa muerta (entre las Regiones del Libertador Bernardo O'Higgins, y de Magallanes y la Antártica Chilena), al igual que en la actualización anterior. Los depósitos correspondientes a hojarasca y materia orgánica del suelo no se incluyeron por carecerse de datos de actividad.

En conformidad con los requerimientos de la Convención y de las *Directrices del IPCC de 2006*, las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustibles fósiles para el transporte internacional aéreo y marítimo, y las emisiones de CO_2 de la biomasa quemada con fines energéticos han sido cuantificadas y reportadas como *Partidas informativas* (ver sección 7.), pero no se incluyeron en el balance de emisiones y absorciones de GEI del país.

Respecto a los gases precursores, hasta el momento, la estimación y reporte de estos gases no es competencia del SNICHILE, por lo que solo se han estimado e incluido parcialmente emisiones de CO, NO_x, COVDM y SO_2 del sector *Energía* y las categorías relacionadas con quema de biomasa en el sector *AFOLU*.

[11] Las claves de notación son: NE = No estimada; IE = Incluida en otro lugar; C = Confidencial; NA = No aplica; NO = No ocurre.

2. TENDENCIAS DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CHILE

En la Tabla 10 se presentan los resultados por categoría de fuentes y sumideros de todos los GEI en el país resultantes de la actividad humana en 2013. Se utiliza el gigagramo (Gg) como unidad de masa, a lo largo de todo el informe. Los números positivos representan emisiones de GEI, mientras que los negativos corresponden a absorciones de GEI.

En 2013, las emisiones a nivel nacional y por tipo de GEI fueron las siguientes: las emisiones netas[12] de CO_2 contabilizaron 46.268,6 Gg; las emisiones de CH_4 contabilizaron 562,9 Gg y las emisiones de N_2O contabilizaron 35,4 Gg. En el caso de los gases fluorados, las emisiones de HFC contabilizaron 681,4 Gg CO_2 eq; las emisiones de PFC contabilizaron 5,4 Gg CO_2 eq; y por último, las emisiones de SF_6 contabilizaron 308,7 Gg CO_2 eq. Se destaca la incorporación de este último GEI ya que antes no pudo incluirse por falta de información.

Respecto a los gases precursores, en 2013 las emisiones en todo el país fueron las siguientes: el NO_x contabilizó 165.619,4 Gg; el CO contabilizó 1.359,2 Gg; los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) contabilizaron 13.032,1 Gg; y por último, el SO_2 contabilizó 449,1 Gg.

Junto con la información presentada en la Tabla 10, y para dar cumplimiento a los requerimientos de información de las *Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención,* en el ANEXO 04.05 se incluyen las tablas con emisiones y absorciones de GEI del país para 1990, 1994, 2000, 2010 y 2013 en formato «Parte no incluida en el anexo I de la Convención».

[12] En el presente informe, el término «emisiones netas» refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI, también se entenderá como «balance de GEI»

Tabla 10. INGEI de Chile: emisiones antropógenas por las fuentes y absorción antropógena por los sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal y los precursores de los GEI. Año 2013

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_x	CO	COVDM	SO_2
	(Gg)			Equivalentes de CO_2 (Gg)			(Gg)			
Todas las emisiones y las absorciones nacionales	46.268,6	562,9	35,4	681,4	5,4	308,7	165.619,4	1.359,2	13.032,1	449,1
1. Energía	81.823,1	98,1	3,8				165.617,3	1.285,0	13.032,1	449,1
1.A. Actividades de quema de combustible (método sectorial)	81.821,6	56,2	3,8				165.615,4	1.270,9	13.025,7	449,1
1.A.1. Industrias de la energía	38.320,4	1,2	0,6				146,4	92,4	1,8	333,4
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	13.807,4	7,5	1,0				30,5	153,9	13,8	64,6
1.A.3. Transporte	23.924,7	4,8	1,7				165.410,9	274,5	12.871,9	6,9
1.A.4. Otros sectores	5.769,1	42,7	0,6				27,5	750,2	138,2	44,1
1.A.5. No especificado	IE, NE	IE, NE	IE, NE				NE	NE	NE	NE
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1,5	42,0	NA, NE				1,9	14,2	6,4	
1.B.1. Combustibles sólidos	NA, NE	4,4	NA						2,0	
1.B.2. Petróleo y gas natural	1,5	37,6	NA, NE				1,9	14,2	4,4	
1.B.3. Otras emisiones provenientes de la producción de energía	NE	NE	NE				NE	NE	NE	
1.C. Transporte y almacenamiento de CO_2	NO	NO	NO							
1.C.1. Transporte de CO_2	NO									
1.C.2. Inyección y almacenamiento	NO									
1.C.3. Otros	NO	NO	NO							
2. Procesos industriales y uso de productos	4.360,2	0,5	4,0	681,4	5,4	308,7	NE	NE	NE	NE
2.A. Industria de los minerales	2.496,7	NA, NO	NO				NE	NE	NE	NE
2.B. Industria química	137,3	0,5	4,0	NO	NO	NO	NE	NE	NE	NE
2.C. Industria de los metales	1.584,3	IE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NE	NE	NE	NE
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	142,0	NA, NO	NA, NO				NE	NE	NE	NE
2.E. Industria electrónica	NA, NO	NO	NA, NO	NO	NO	NO				
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NA, NO	NO	NO	681,4	5,4					
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NA, NE, NO	NO	NA, NO	308,7				
2.H. Otros	NA	NA	NA				NE	NE	NE	NE
3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	-39.915,0	268,2	26,3				2,1	74,1	NE	NE
3.A. Ganadería		261,3	1,1							
3.A.1. Fermentación entérica		204,0								
3.A.2. Gestión del estiércol		57,3	1,1							
3.B. Tierras	-40.448,8						NE	NE	NE	NE
3.B.1. Tierras forestales	-42.548,9						NE	NE	NE	NE
3.B.2. Tierras de cultivo	188,2						NE	NE	NE	NE

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_x	CO	COVDM	SO_2
	(Gg)			Equivalentes de CO_2 (Gg)			(Gg)			
3.B.3. Pastizales	1.066,7						NE	NE	NE	NE
3.B.4. Humedales	12,5						NE	NE	NE	NE
3.B.5. Asentamientos	269,2									
3.B.6. Otras tierras	563,6									
3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra	533,8	6,9	25,3				2,1	74,1		
3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa	NA	2,7	0,1				2,1	74,1		
3.C.2. Encalado	128,8									
3.C.3. Aplicación de urea	404,9									
3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados			19,3							
3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados			5,3							
3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol			0,5							
3.C.7. Cultivo del arroz		4,2	NA							
3.C.8. Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							
3.D. Otros	NE, NO	NO	NO							
3.D.1. Productos de madera recolectada	NE									
3.D.2. Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							
4. Residuos	0,3	196,1	1,2				NE	NE	NE	NE
4.A. Disposición de residuos sólidos		153,6	NA				NE	NE	NE	
4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos		1,3	0,1				NE	NE	NE	
4.C. Incineración y quema abierta de residuos	0,3	0,0	0,0				NE	NE	NE	
4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales		41,2	1,1				NE	NE	NE	
4.E. Otros	NO	NO	NO				NE	NE	NE	
Anx. Partidas informativas										
Anx.1. Tanque internacional	2.919,1	0,1	0,1				15,2	1,6	0,6	17,1
Anx.1.a. Aviación internacional	1.697,0	0,0	0,0				0,7	0,2	0,1	0,6
Anx.1.b. Navegación internacional	1.222,1	0,1	0,0				14,5	1,4	0,5	16,5
Anx.2. Operaciones multilaterales	IE	IE	IE				NE	NE	NE	NE
Anx.3. Emisiones de CO_2 de la biomasa	43.876,5									

C = Información confidencial; CS = País específico; D = Por defecto; IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.1. Tendencia del balance de GEI de Chile

El término «balance de emisiones y absorciones de GEI», «balance de GEI» o «emisiones netas» refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI nacionales, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq). Este término incluye todas las fuentes de emisiones y sumideros de absorción del sector *AFOLU*.

En 2013, el balance de GEI de Chile contabilizó 70.054,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 774,9 % desde 1990 y en un 43,8 % desde 2010 (Tabla 11 y Figura 9). Los principales causantes de esta tendencia en el balance de GEI son las emisiones de CO_2 generadas por la quema de combustibles fósiles (contabilizadas en el sector *Energía*) y las absorciones de CO_2 de las tierras forestales (contabilizadas en el sector *AFOLU*). Los valores observados que escapan de la tendencia del balance de GEI (especialmente en 1998 y 2002) son consecuencias, principalmente, de las emisiones de GEI generadas por los incendios forestales (contabilizadas en el sector *AFOLU*).

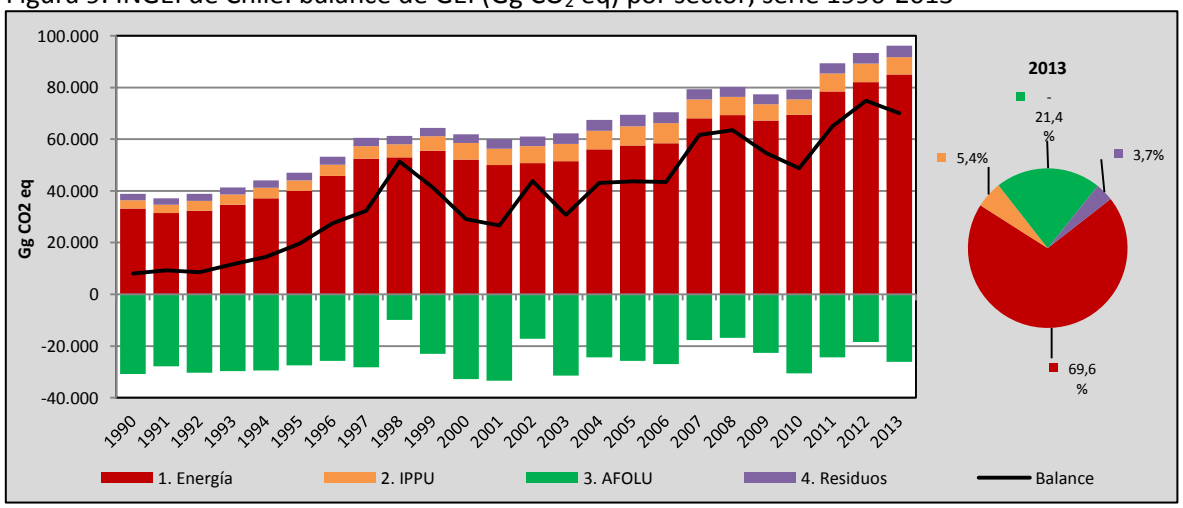
Respecto al balance de GEI en términos absolutos[13] por sector (Figura 9), el sector *Energía* representó un 69,6 %, seguido del sector *AFOLU* (21,4 %), del sector *IPPU* (5,4 %), y por último del sector *Residuos* (3,7 %). Esto demuestra la relevancia significativa que tiene el sector *Energía* dentro del balance de GEI del país.

Tabla 11. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	33.219,5	52.122,9	69.423,7	78.527,0	82.076,6	85.075,4
2. IPPU	3.127,5	6.449,6	6.008,1	6.868,3	7.214,9	6.619,4
3. AFOLU	-30.866,3	-32.819,2	-30.514,4	-24.339,9	-18.410,7	-26.119,2
4. Residuos	2.526,1	3.348,3	3.802,6	3.939,8	4.019,2	4.478,8
Balance	**8.006,8**	**29.101,5**	**48.719,9**	**64.995,1**	**74.899,9**	**70.054,4**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 9. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

[13] En el presente informe, el término «absoluto» refiere a la magnitud del valor. Su finalidad es comparar las magnitudes entre emisiones y absorciones de GEI.

2.1.1. Tendencias del balance de GEI por gas

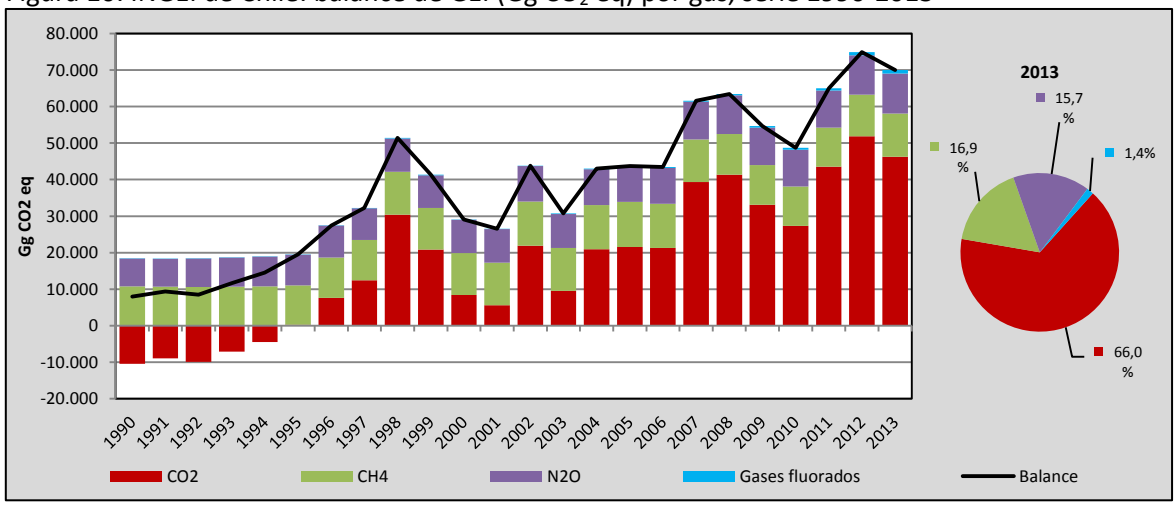
En 2013, el balance de GEI de Chile estuvo dominado por el CO_2, representando un 66,0 %, seguido del CH_4 con un 16,9 %, del N_2O con un 15,7 % y de los Gases fluorados que contabilizan colectivamente el 1,4 % (Tabla 12 y Figura 10). Llama la atención que desde 1990 a 1994 el balance de CO_2 fue favorable a la absorción neta de este gas y que, de ahí en adelante, ha sido permanentemente favorable a la emisión.

Tabla 12. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
CO_2	-10.444,0	8.416,8	27.310,9	43.514,3	51.908,0	46.268,6
CH_4	10.800,2	11.499,6	10.769,4	10.734,0	11.369,0	11.820,7
N_2O	7.586,4	9.086,5	10.094,9	10.117,5	10.744,7	10.969,5
Gases fluorados	64,3	98,6	544,7	629,3	878,2	995,6
Balance	**8.006,8**	**29.101,5**	**48.719,9**	**64.995,1**	**74.899,9**	**70.054,4**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 10. INGEI de Chile: balance de GEI (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.1.1.1. Dióxido de carbono (CO_2)

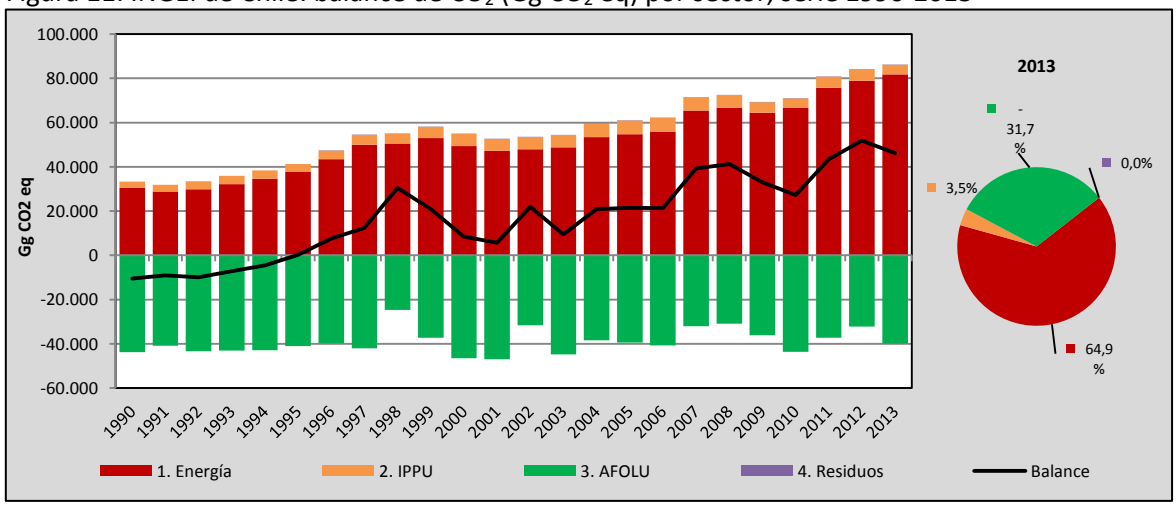
En 2013, el balance de CO_2 contabilizó 46.268,6 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 543,0 % desde 1990 y en un 69,4 % desde 2010 (Tabla 13 y Figura 11). En términos absolutos por sector, el sector de mayor relevancia es *Energía* con un 64,9 %, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles; lo sigue el sector *AFOLU* con un 31,7 %, el cual actúa como sumidero de CO_2 mediante el incremento de la biomasa en bosques nativos y exóticos; el sector *IPPU* con un 3,5 %, debido a la producción de hierro y acero; y el sector *Residuos*, con menos de un 0,01 % asociado a la quema de residuos hospitalarios.

Tabla 13. INGEI de Chile: balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	30.405,6	49.367,0	66.655,7	75.701,1	78.953,6	81.823,1
2. IPPU	2.880,6	5.535,0	4.293,2	5.044,4	5.110,7	4.360,2
3. AFOLU	-43.730,2	-46.485,3	-43.638,3	-37.231,5	-32.156,6	-39.915,0
4. Residuos	NO	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
Balance	**-10.444,0**	**8.416,8**	**27.310,9**	**43.514,3**	**51.908,0**	**46.268,6**

NO = No ocurre.
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 11. INGEI de Chile: balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.1.1.2. Metano (CH_4)

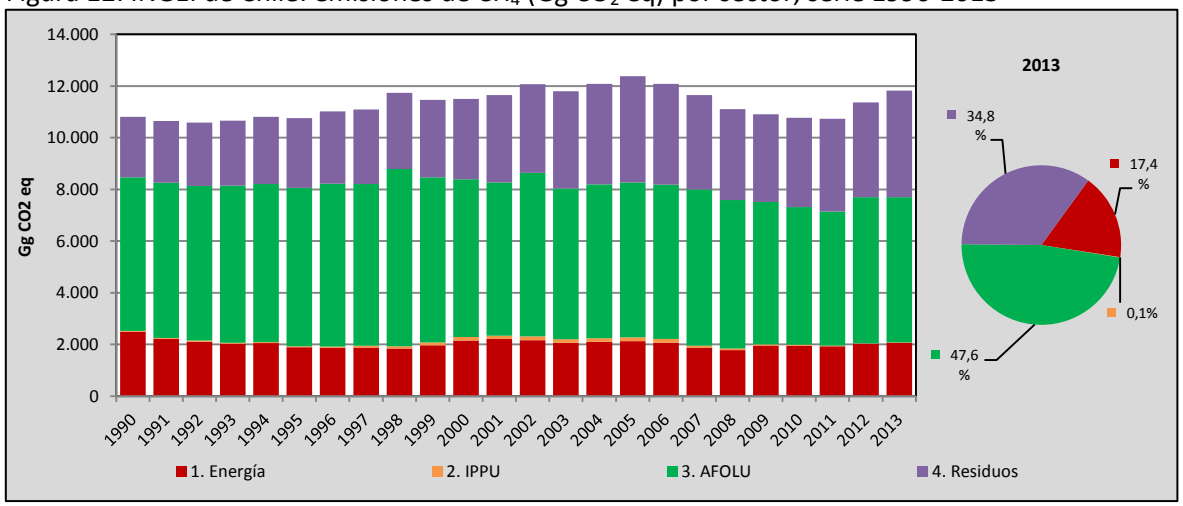
En 2013, las emisiones de CH_4 contabilizaron 11.820,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 9,4 % desde 1990 y en un 9,8 % desde 2010 (Tabla 14 y Figura 12). El sector de mayor relevancia respecto a las emisiones de CH_4 es *AFOLU* con un 47,6 %, debido principalmente a las actividades pecuarias asociadas con el proceso de fermentación entérica de los animales rumiantes; lo sigue el sector *Residuos* con un 34,8 %, debido a la eliminación de residuos sólidos en sitios de disposición final; el sector *Energía* aporta con un 17,4 %, asociado al uso de leña en el sector residencial; y el sector *IPPU* con un 0,1 %, generado por la producción de metanol.

Tabla 14. INGEI de Chile: emisiones de CH_4 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	2.479,8	2.149,2	1.942,5	1.929,7	2.026,9	2.060,8
2. IPPU	41,4	140,8	45,3	26,9	15,2	9,9
3. AFOLU	5.949,5	6.107,0	5.331,2	5.188,3	5.657,9	5.632,4
4. Residuos	2.329,4	3.102,6	3.450,5	3.589,2	3.668,9	4.117,6
Total	**10.800,2**	**11.499,6**	**10.769,4**	**10.734,0**	**11.369,0**	**11.820,7**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 12. INGEI de Chile: emisiones de CH_4 (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.1.1.3. Óxido nitroso (N_2O)

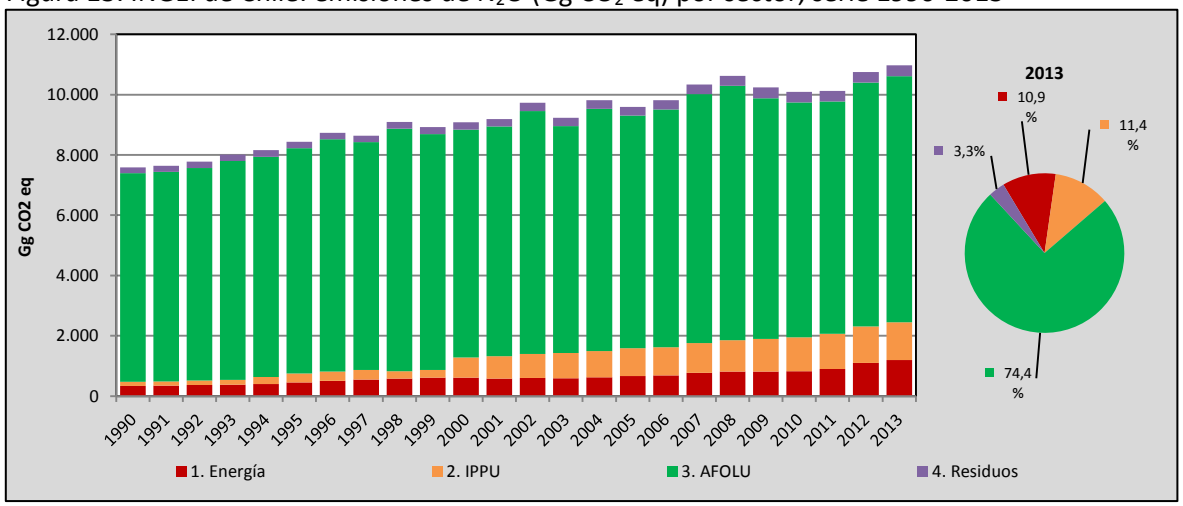
En 2013, las emisiones de N_2O contabilizaron 10.969,5 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 44,6 % desde 1990 y en un 8,7 % desde 2010 (Tabla 15 y Figura 13). El sector de mayor relevancia respecto a las emisiones de N_2O es *AFOLU* con un 74,4 %, debido principalmente a las actividades pecuarias asociadas con el estiércol y orina depositados directamente en el suelo; lo sigue el sector *IPPU* con un 11,4 %, debido a la producción de ácido nítrico; el sector *Energía* aporta con un 10,9 %, asociado con el uso de automóviles; y el sector *Residuos* con un 3,3 %, generado por el tratamiento de aguas servidas domiciliarias.

Tabla 15. INGEI de Chile: emisiones de N_2O (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	334,2	606,7	825,5	896,2	1.096,1	1.191,5
2. IPPU	141,2	675,2	1.124,9	1.167,8	1.210,7	1.253,7
3. AFOLU	6.914,4	7.559,0	7.792,7	7.703,2	8.087,9	8.163,4
4. Residuos	196,7	245,6	351,9	350,3	350,0	360,9
Total	**7.586,4**	**9.086,5**	**10.094,9**	**10.117,5**	**10.744,7**	**10.969,5**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 13. INGEI de Chile: emisiones de N_2O (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.1.1.4. Gases fluorados

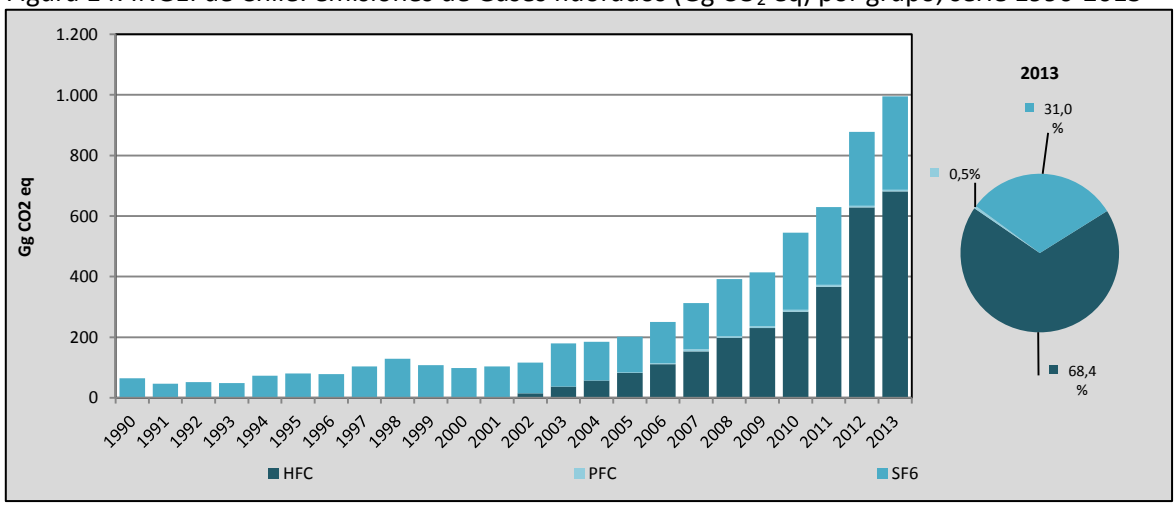
En 2013, las emisiones de Gases fluorados contabilizaron 995,6 Gg CO_2 eq. Si bien estos gases fluorados son los menos relevante en términos de las emisiones totales, destaca el incremento del 1.448,7 % desde 1990 y del 82,8 % desde 2010 (Tabla 16 y Figura 14), lo que refleja la creciente importancia de estos GEI. El sector IPPU es el único sector que genera emisiones por Gases fluorados en el país, principalmente por el *Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono*. Por otra parte, los principales Gases fluorados fueron los HFC (68,4 %), seguido del SF_6 (31,0 %) y de los PFC que aportaron solo el 0,5 %.

Tabla 16. INGEI de Chile: emisiones de Gases fluorados (Gg CO_2 eq) por grupo, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
HFC	0,0	0,0	284,2	366,7	628,2	681,4
PFC	0,0	0,0	6,1	5,9	5,7	5,4
SF_6	64,3	98,6	254,4	256,7	244,3	308,7
Total	**64,3**	**98,6**	**544,7**	**629,3**	**878,2**	**995,6**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 14. INGEI de Chile: emisiones de Gases fluorados (Gg CO_2 eq) por grupo, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.1.1.5. Gases precursores

Hasta el momento, la estimación y reporte de los gases precursores no es competencia del SNICHILE, por lo que solo se han estimado e incluido parcialmente emisiones de CO, NO_x, COVDM y SO_2 del sector *Energía* y las categorías relacionadas con quema de biomasa en el sector *AFOLU*.

2.2. Tendencia de las emisiones de GEI totales de Chile

El término «emisiones de GEI totales» refiere solo a la sumatoria de las emisiones de GEI nacionales, expresadas en CO_2 eq. Este término excluye todas las fuentes de emisiones y sumideros de absorción de la *silvicultura y otros usos de la tierra* (*FOLU*) del sector *AFOLU*, pero incluye las emisiones de GEI correspondientes a la *Agricultura*.

En 2013, las emisiones de GEI totales del país contabilizaron 109.908,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 113,4 % desde 1990 y en un 19,3 % desde 2010 (Tabla 17 y Figura 15). Los principales causantes de esta tendencia en las emisiones de GEI totales son las emisiones de CO_2 generadas por la quema de combustibles fósiles (contabilizadas en el sector *Energía*), las emisiones de N_2O generadas por la aplicación de nitrógeno en los suelos agrícolas y las emisiones de CH_4 generadas por el ganado (las últimas dos contabilizadas en el sector *AFOLU*).

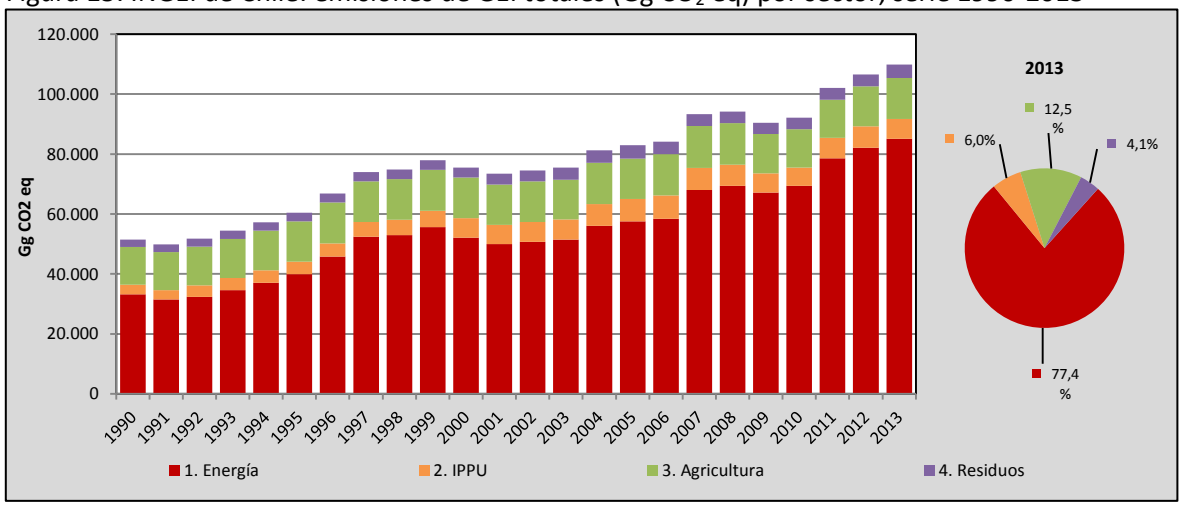
Respecto a las emisiones de GEI totales por sector (Figura 15), el sector *Energía* representó un 77,4 %, seguido del sector *Agricultura* (12,5 %), del sector *IPPU* (6,0 %), y finalmente del sector *Residuos* (4,1 %). Esto demuestra que, tanto en el balance de GEI como en las emisiones totales, el sector Energía es el de mayor relevancia.

Tabla 17. INGEI de Chile: emisiones de GEI totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	33.219,5	52.122,9	69.423,7	78.527,0	82.076,6	85.075,4
2. IPPU	3.127,5	6.449,6	6.008,1	6.868,3	7.214,9	6.619,4
3. Agricultura	12.633,5	13.580,7	12.879,8	12.741,7	13.285,0	13.735,2
4. Residuos	2.526,1	3.348,3	3.802,6	3.939,8	4.019,2	4.478,8
Total	**51.506,6**	**75.501,4**	**92.114,2**	**102.076,7**	**106.595,6**	**109.908,8**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 15. INGEI de Chile: emisiones de GEI totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.2.1. Tendencias de las emisiones de GEI totales por gas

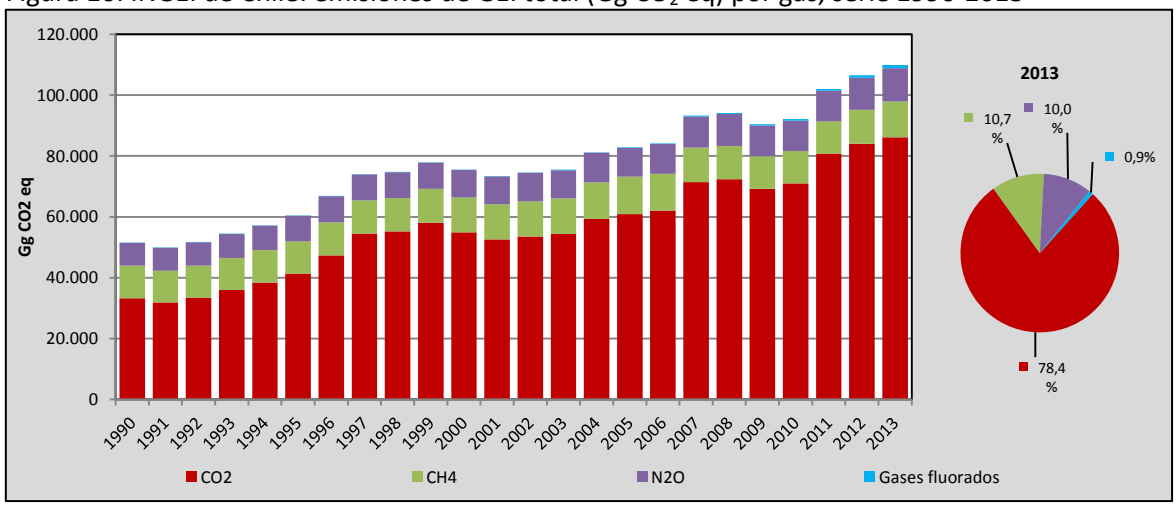
En 2013, las emisiones de GEI totales estuvieron dominadas por el CO_2, representando un 78,4 %, seguido del CH_4 con un 10,7 %, del N_2O con un 10,0 % y de los Gases fluorados que contabilizan colectivamente un 0,9 % (Tabla 18 y Figura 16).

Tabla 18. INGEI de Chile: emisiones de GEI total (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
CO_2	33.286,2	54.902,1	70.949,2	80.745,7	84.064,6	86.183,6
CH_4	10.673,8	11.453,0	10.636,1	10.652,5	11.116,4	11.787,7
N_2O	7.482,3	9.047,8	9.984,1	10.049,3	10.536,4	10.941,8
Gases fluorados	64,3	98,6	544,7	629,3	878,2	995,6
Total	**51.506,6**	**75.501,4**	**92.114,2**	**102.076,7**	**106.595,6**	**109.908,8**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 16. INGEI de Chile: emisiones de GEI total (Gg CO_2 eq) por gas, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.2.1.1. Dióxido de carbono (CO_2)

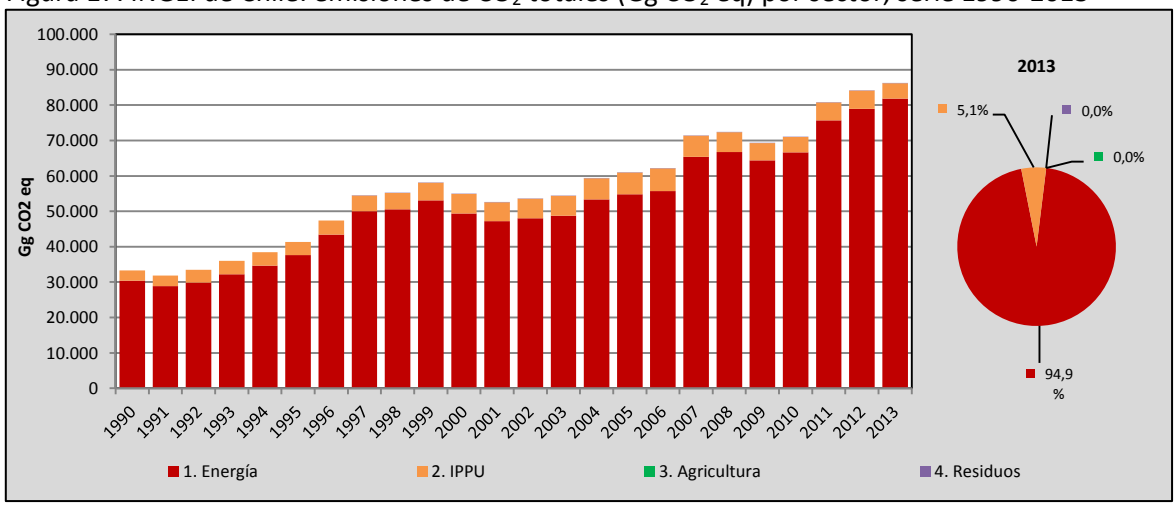
En 2013, las emisiones de CO_2 totales contabilizaron 86.183,6 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 158,9 % desde 1990 y en un 21,5 % desde 2010 (Tabla 19 y Figura 17). El sector de mayor relevancia es *Energía* con un 94,9 %, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles; lo sigue el sector *IPPU* con un 5,1 %, debido a la producción de hierro y acero; y el sector *Residuos*, con menos de un 0,01 % asociado a la quema de residuos hospitalarios.

Tabla 19. INGEI de Chile: emisiones de CO_2 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	30.405,6	49.367,0	66.655,7	75.701,1	78.953,6	81.823,1
2. IPPU	2.880,6	5.535,0	4.293,2	5.044,4	5.110,7	4.360,2
3. Agricultura	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4. Residuos	NO	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
Total	**33.286,2**	**54.902,1**	**70.949,2**	**80.745,7**	**84.064,6**	**86.183,6**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 17. INGEI de Chile: emisiones de CO_2 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.2.1.2. Metano (CH_4)

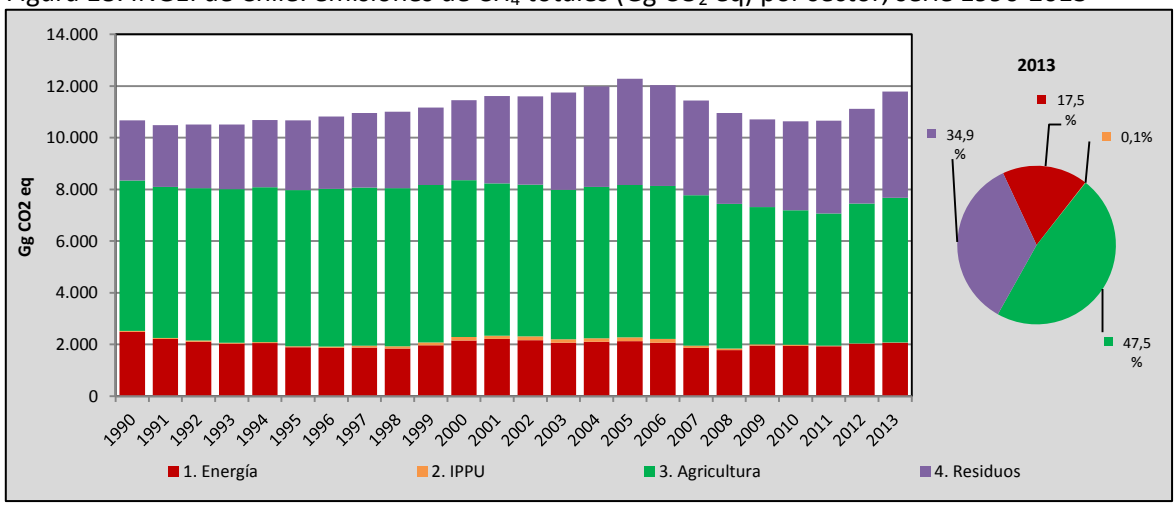
En 2013, las emisiones de CH_4 totales contabilizaron 11.787,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 10,4 % desde 1990 y en un 10,8 % desde 2010 (Tabla 20 y Figura 18). El sector de mayor relevancia respecto a las emisiones de CH_4 es *Agricultura* con un 47,5 %, debido principalmente a las actividades pecuarias asociadas con el proceso de fermentación entérica de los animales rumiantes; lo sigue el sector *Residuos* con un 34,9 %, debido a la eliminación de residuos sólidos en sitios de disposición final; el sector *Energía* aporta con un 17,5 %, asociado al uso de leña en el sector residencial; y el sector *IPPU* con un 0,1 %, generado por la producción de metanol.

Tabla 20. INGEI de Chile: emisiones de CH_4 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	2.479,8	2.149,2	1.942,5	1.929,7	2.026,9	2.060,8
2. IPPU	41,4	140,8	45,3	26,9	15,2	9,9
3. Agricultura	5.823,2	6.060,4	5.197,9	5.106,7	5.405,4	5.599,4
4. Residuos	2.329,4	3.102,6	3.450,5	3.589,2	3.668,9	4.117,6
Total	**10.673,8**	**11.453,0**	**10.636,1**	**10.652,5**	**11.116,4**	**11.787,7**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 18. INGEI de Chile: emisiones de CH_4 totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.2.1.3. Óxido nitroso (N_2O)

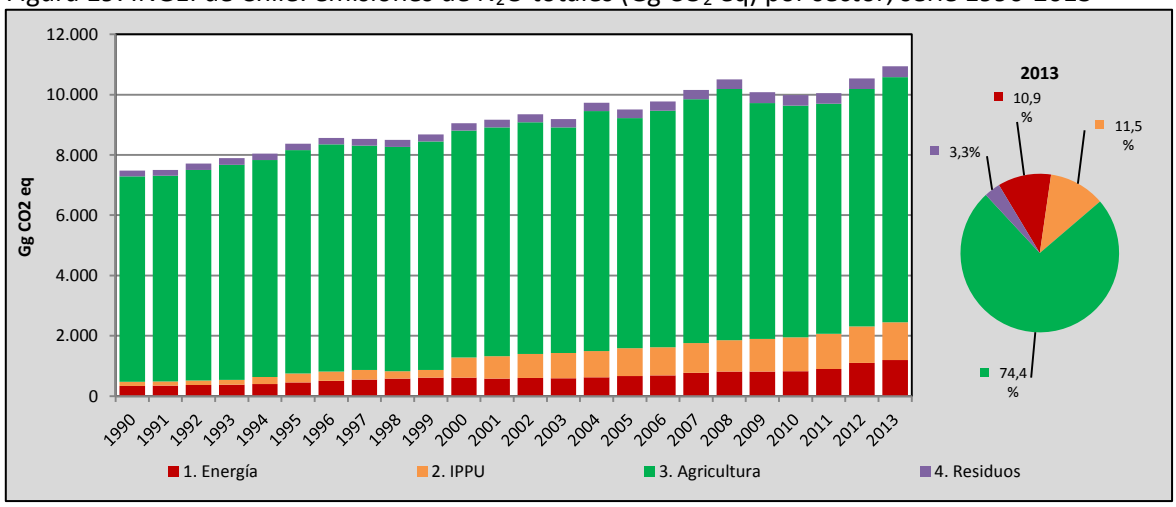
En 2013, las emisiones de N_2O totales contabilizaron 10.941,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 46,2 % desde 1990 y en un 9,6 % desde 2010 (Tabla 21 y Figura 19). El sector de mayor relevancia respecto a las emisiones de N_2O es *Agricultura* con un 74,4 %, debido principalmente a las actividades pecuarias asociadas con el estiércol y orina depositados directamente en el suelo; lo sigue el sector *IPPU* con un 11,5 %, debido a la producción de ácido nítrico; el sector *Energía* aporta con un 10,9 %, asociado con el uso de automóviles; y el sector *Residuos* con un 3,3 %, generado por el tratamiento de aguas servidas domiciliarias.

Tabla 21. INGEI de Chile: emisiones de N_2O totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

Sector	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1. Energía	334,2	606,7	825,5	896,2	1.096,1	1.191,5
2. IPPU	141,2	675,2	1.124,9	1.167,8	1.210,7	1.253,7
3. Agricultura	6.810,3	7.520,3	7.681,9	7.635,0	7.879,7	8.135,8
4. Residuos	196,7	245,6	351,9	350,3	350,0	360,9
Total	**7.482,3**	**9.047,8**	**9.984,1**	**10.049,3**	**10.536,4**	**10.941,8**

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 19. INGEI de Chile: emisiones de N_2O totales (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

2.2.1.4. Gases fluorados

Las emisiones de GEI generadas por los Gases fluorados no se ven afectadas por la inclusión o exclusión de *FOLU*; por lo tanto, el análisis de la participación de los Gases fluorados en el balance de GEI (sección 2.1.1.4.) es el mismo para las emisiones de GEI totales.

2.3. Indicadores de intensidad de GEI de Chile

Para el Equipo Técnico Nacional del SNICHILE es importante gestionar la información del INGEI de Chile con el objetivo de comprender la evolución de las emisiones de GEI del país un contexto amplio. Para ello, se ha definido dos indicadores económicos de intensidad: Producto Interno Bruto (PIB) y per cápita. Esta sección entrega información al respecto.

2.3.1. Emisiones y absorciones de GEI de Chile por Producto Interno Bruto

Chile ha expresado su contribución determinada a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés) de mitigación en términos de emisiones de GEI totales por unidad de Producto Interno Bruto (PIB), expresado en toneladas de CO_2 equivalente por millones de pesos chilenos al 2011 (t CO_2 eq/MMCLP). Para las emisiones de GEI del país se evalúa el balance de GEI y las emisiones de GEI totales.

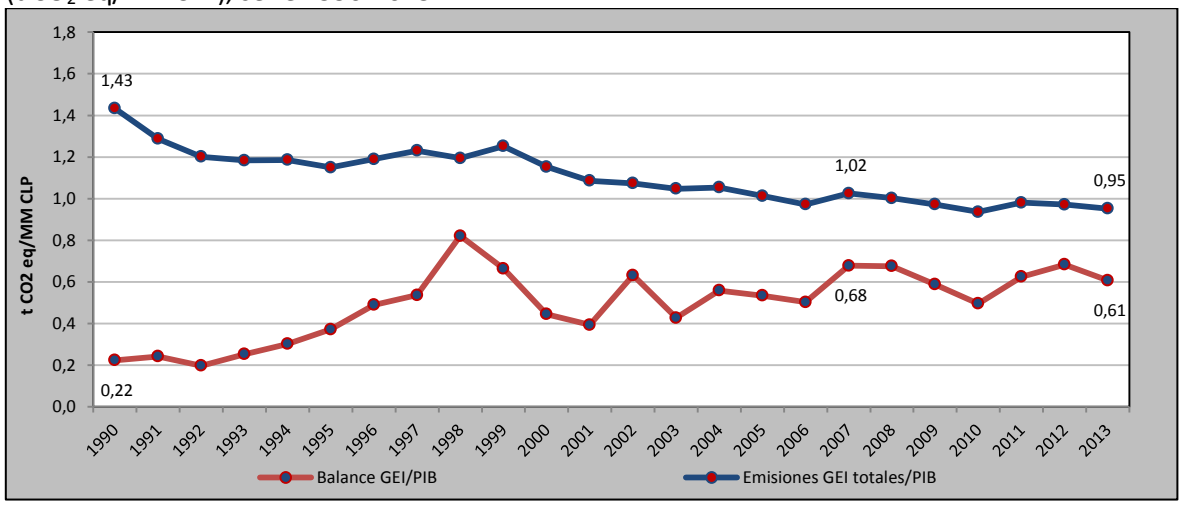
En 2013, el indicador balance de GEI/PIB fue de 0,61 t CO_2 eq/MMCLP, incrementándose en un 172,3 % desde 1990, pero disminuyendo en un 10,4 % desde 2007, año base de Chile en su NDC. La variación interanual observada, con máximas en 1998 y 2002, se debe principalmente a la influencia de los incendios forestales en el balance de GEI del país. Por otro lado, el indicador emisiones de GEI totales/PIB fue de 0,95 t CO_2 eq/MMCLP, disminuyendo en un 33,6 % desde 1990 y en un 7,1 % desde 2007; la tendencia se ve influenciada por las emisiones del sector *Energía* que domina las emisiones de GEI totales del país (Tabla 22 y Figura 20).

Tabla 22. INGEI de Chile: balance de GEI por PIB y emisiones de GEI totales por PIB (t CO_2 eq/MMCLP), serie 1990-2013

Indicador	1990	2000	2007	2010	2011	2012	2013
Balance GEI/PIB	**0,22**	0,44	**0,68**	0,50	0,62	0,68	**0,61**
Emisiones GEI totales/PIB	**1,43**	1,15	**1,02**	0,94	0,98	0,97	**0,95**

Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en información del Banco Central de Chile

Figura 20. INGEI de Chile: balance de GEI por PIB y emisiones de GEI totales por PIB (t CO_2 eq/MMCLP), serie 1990-2013



Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en información del Banco Central de Chile

2.3.2. Emisiones y absorciones de GEI de Chile per cápita

Este indicador relaciona las emisiones de GEI del país con sus habitantes (per cápita), y expresado esa relación en toneladas de CO_2 equivalente per cápita (t CO_2 eq per cápita). Para las emisiones de GEI del país se evalúa el balance de GEI y las emisiones de GEI totales.

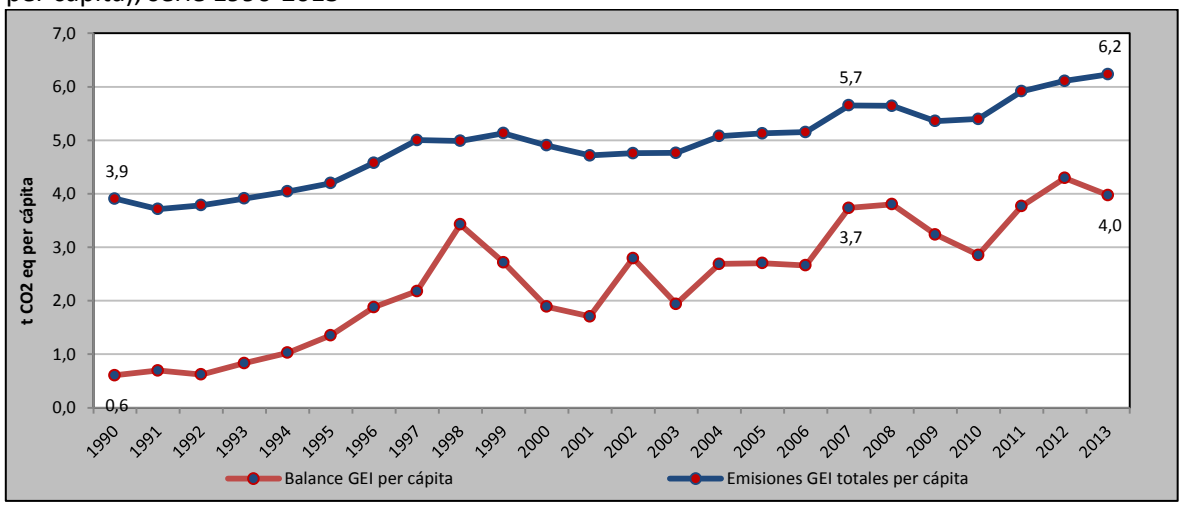
En 2013, el indicador balance de GEI per cápita fue de 4,0 t CO_2 eq per cápita, incrementándose en un 554,0 % desde 1990 y en un 6,4 % desde 2007. La variación interanual observada, con máximas en 1998 y 2002, se debe principalmente a la influencia de los incendios forestales en el balance de GEI del país. Por otro lado, el indicador emisiones de GEI totales per cápita fue de 6,2 t CO_2 eq per cápita, incrementándose en un 59,5 % desde 1990, y en un 10,3 % desde 2007; la tendencia se ve influenciada por las emisiones del sector *Energía* que domina las emisiones de GEI totales del país (Tabla 23 y Figura 21).

Tabla 23. INGEI de Chile: balance de GEI per cápita y emisiones de GEI totales per cápita (t CO_2 eq per cápita), serie 1990-2013

Indicador	1990	2000	2007	2010	2011	2012	2013
Balance GEI per cápita	**0,6**	1,9	**3,7**	2,9	3,8	4,3	**4,0**
Emisiones GEI totales per cápita	**3,9**	4,9	**5,7**	5,4	5,9	6,1	**6,2**

Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Figura 21. INGEI de Chile: balance de GEI per cápita y emisiones de GEI totales per cápita (t CO_2 eq per cápita), serie 1990-2013



Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

3. SECTOR ENERGÍA (1)

3.1. Panorama general

3.1.1. Introducción

La energía, en la mayoría de los países, es generada a través de la quema de combustibles fósiles. Para los INGEI, esta actividad se define como la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para usar fuera del aparato. Esta definición es importante para diferenciar el uso de hidrocarburos en procesos industriales para reacciones químicas.

Durante la combustión, el carbono y el hidrógeno de los combustibles fósiles se convierten en dióxido de carbono (CO_2) y en agua (H_2O), que liberan la energía química del combustible en forma de calor. En general, se utiliza el calor directamente (o con cierta pérdida por conversión) para producir energía mecánica, muchas veces para generar electricidad o para el transporte.

El sector *Energía*, según el IPCC, comprende principalmente:

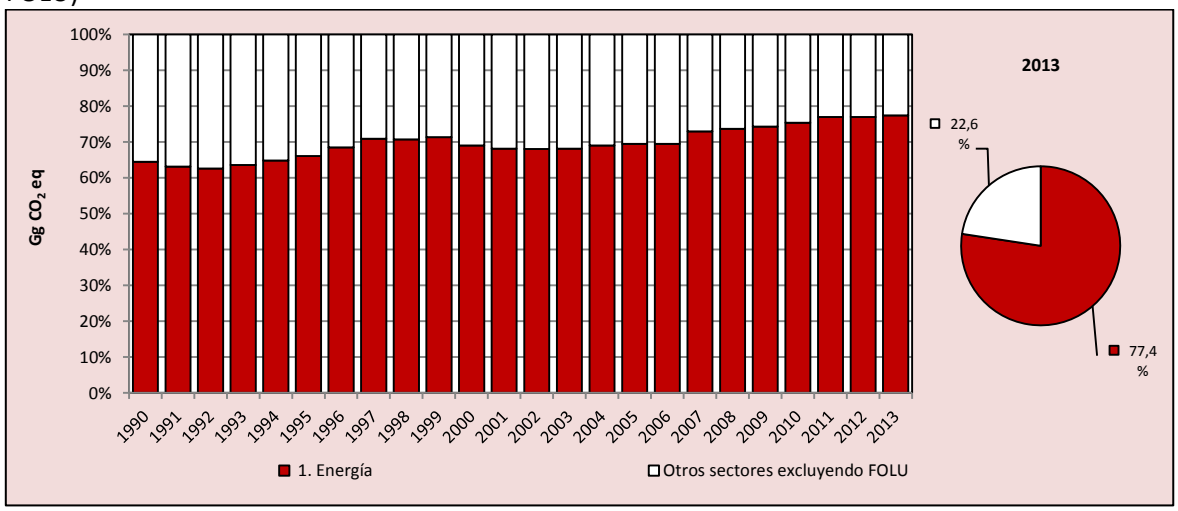
- La exploración y explotación de las fuentes primarias de energía,
- La conversión de las fuentes primarias de energía a fuentes secundarias en refinerías y centrales eléctricas,
- La producción, transporte y distribución de combustibles,
- El uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles,
- El transporte y almacenamiento de dióxido de carbono.

De estos la más importante en Chile es el uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles. Exploración y explotación de fuentes primarias no ocurre de manera muy importante ya que la mayoría del combustible que se utiliza en Chile es importado. Parte de este es en forma de fuente primaria por lo que es necesario transformarlo. Por último, en Chile actualmente no se realiza almacenamiento ni transporte de dióxido de carbono.

3.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI

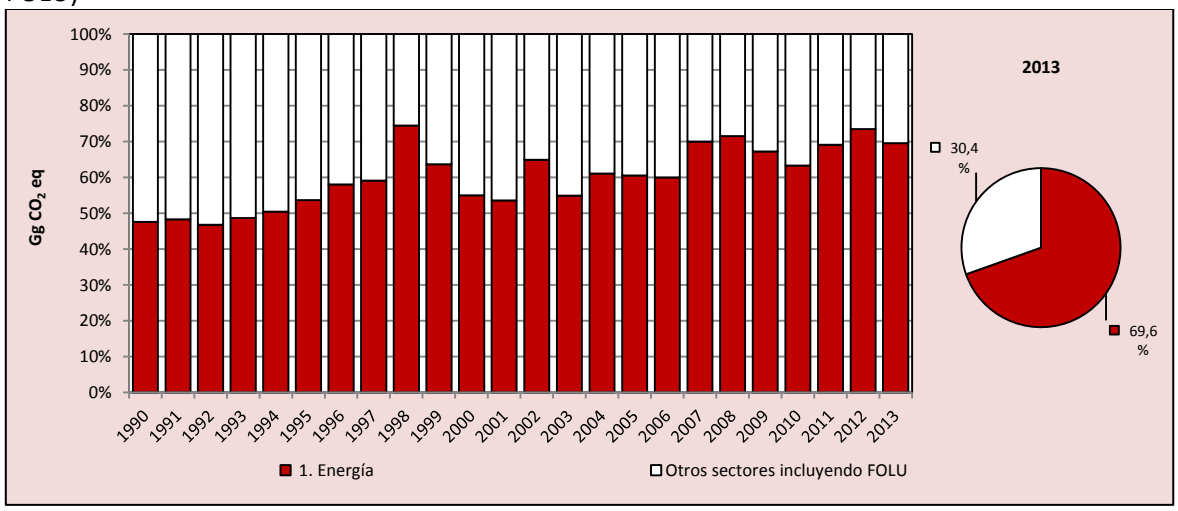
El sector *Energía* es el principal sector emisor de GEI en el país, representando el 77,4 % de las emisiones de GEI totales (Figura 22) y el 69,6 % del balance de GEI del país (Figura 23) para el 2013.

Figura 22. Sector Energía: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 23. Sector Energía: participación del sector en las emisiones de GEI totales (incluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

En 2013, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 85.075,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 156,1 % desde 1990 y en un 22,5 % desde 2010 (Tabla 24 y Figura 24). En general, la principal causa es el aumento del consumo energético del país, incluyendo el consumo de carbón mineral y de gas natural para la generación eléctrica (mayor detalle en 3.2.9. *Industrias de la energía*), así como el consumo de combustibles líquidos para transporte terrestre, mayormente diésel y gasolina (mayor detalle en 3.2.10. *Transporte*). Entre 1990 y 1999 se observa un crecimiento casi constante, sin embargo, desde ese último año hasta 2006 se aprecia una disminución y luego un aumento brusco en 2007. Esto se debe a la entrada y posterior caída de la oferta de gas natural proveniente de Argentina, que fue sustituido principalmente por carbón y diésel. Luego en 2008, y con mayor fuerza en 2009, se observa una disminución en las emisiones de GEI del sector, descenso que se atribuye en forma importante a la crisis económica internacional que comenzó en 2008. El 27 de febrero de 2010 se produjo un sismo que alcanzó una magnitud de 8,8 M_W y fue seguido de un tsunami. Este fenómeno natural retrasó la activación de la economía del país hasta

2011. El alza de las emisiones entre 2011 y 2013 se debe en parte al incremento de generación eléctrica impulsado por un aumento en la actividad económica del país. Además, aumentó el uso de carbón para generación eléctrica y bajó la producción hidroeléctrica debido a que esos años fueron poco lluviosos.

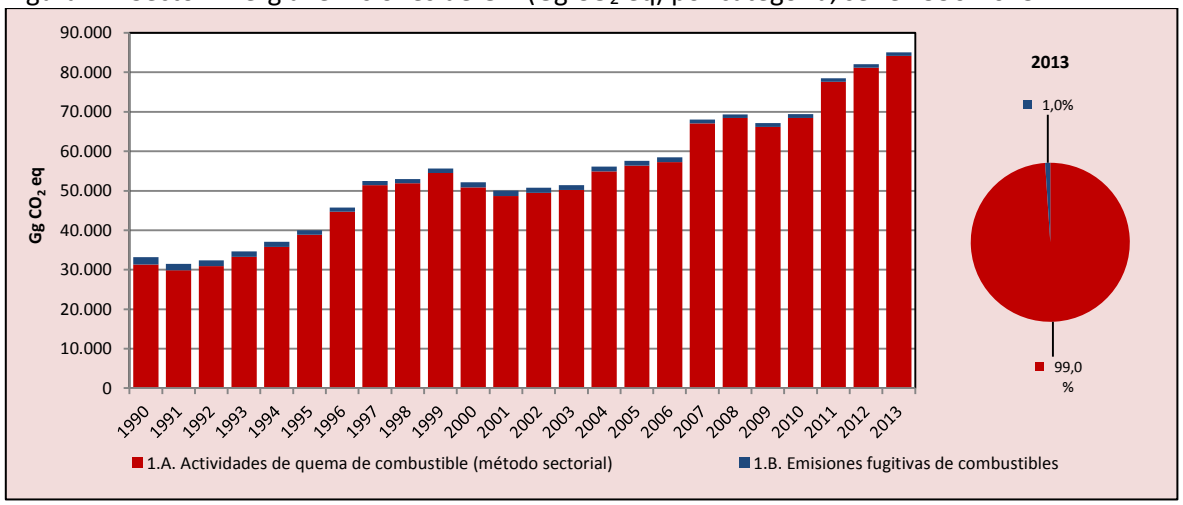
Respecto a las categorías (Figura 24), el 99,0 % de las emisiones de GEI del sector corresponde a la categoría *Actividades de quema de combustible* y el 1,0 % restante a la categoría *Emisiones fugitivas de combustibles*.

Tabla 24. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A. Actividades de quema de combustible	31.325,4	50.827,7	68.405,8	77.577,2	81.189,5	84.192,7
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.894,1	1.295,2	1.017,9	949,7	887,1	882,6
Total	**33.219,5**	**52.122,9**	**69.423,7**	**78.527,0**	**82.076,6**	**85.075,4**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 24. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

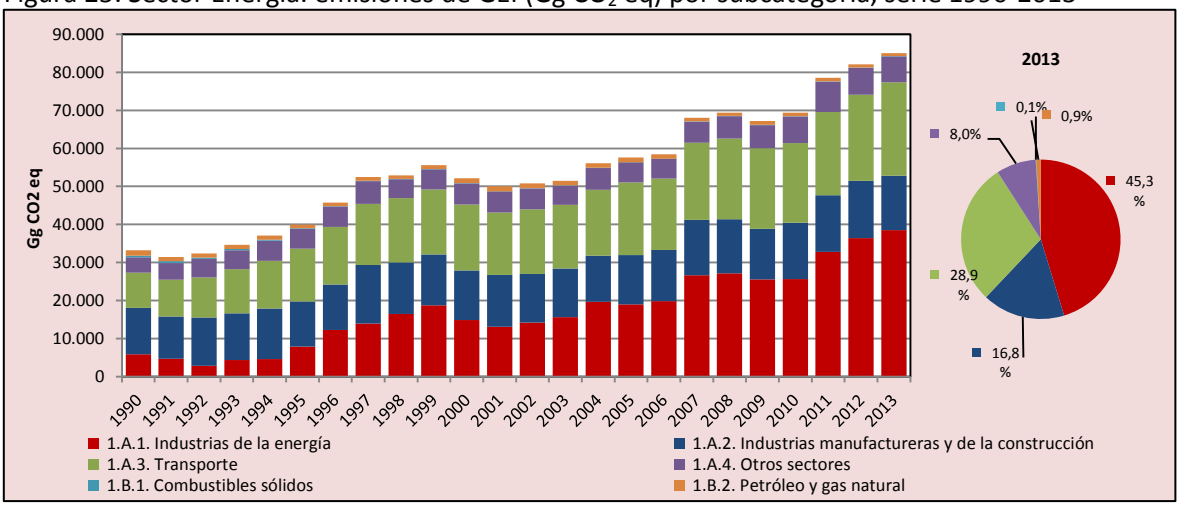
Respecto a las subcategorías (Tabla 25 y Figura 25), *Industrias de la energía* (principalmente *Generación de electricidad como actividad principal*) es la de mayor importancia dentro del sector con un 45,3 % de participación en 2013, seguida de un 28,9 % de *Transporte* (principalmente el *Transporte terrestre*), 16,8 % de *Industrias manufactureras y de la construcción* y 8,0 % de *Otros sectores* (principalmente *Residencial*). La subcategoría *Petróleo y gas natural* contabilizó un 0,9 %, mientras que *Combustibles sólidos* un 0,1 %.

Tabla 25. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.1. Industrias de la energía	5.843,8	14.909,2	25.623,4	32.800,0	36.388,6	38.518,4
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	12.257,5	13.007,4	14.801,8	14.901,0	15.122,8	14.282,3
1.A.3. Transporte	9.249,3	17.348,9	20.952,5	21.861,6	22.555,3	24.545,7
1.A.4. Otros sectores	3.974,8	5.562,1	7.028,2	8.014,6	7.122,8	6.846,4
1.B.1. Combustibles sólidos	481,5	74,2	40,0	47,5	51,1	92,1
1.B.2. Petróleo y gas natural	1.412,7	1.221,0	977,9	902,3	835,9	790,6
Total	**33.219,5**	**52.122,9**	**69.423,7**	**78.527,0**	**82.076,6**	**85.075,4**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 25. Sector Energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

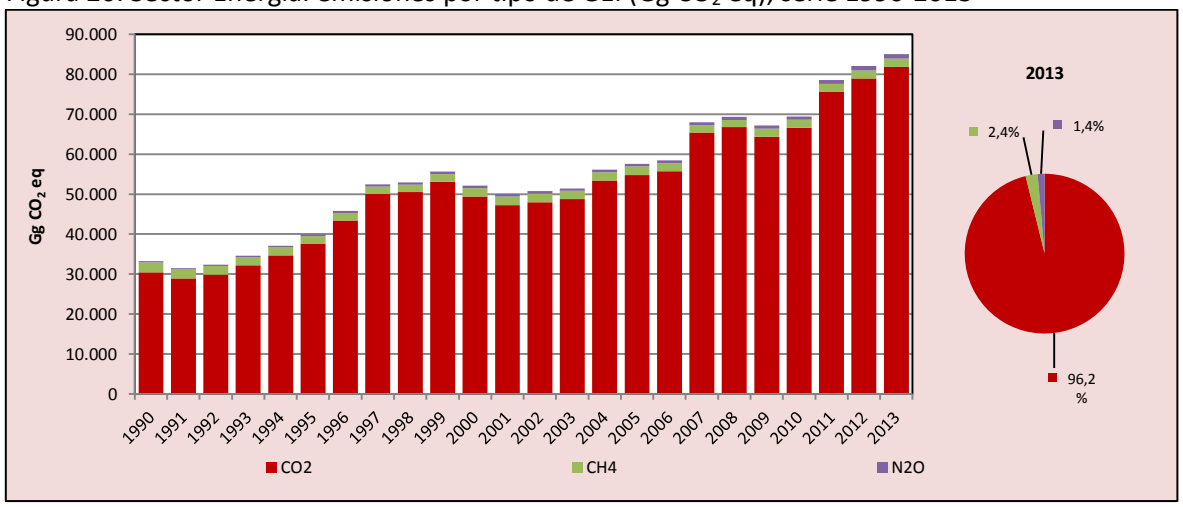
En 2013, el principal GEI emitido por el sector fue el CO_2, representando un 96,2 % de las emisiones totales de GEI del sector. Lo sigue el CH_4 con un 2,4 % y el N_2O con un 1,4 % (Tabla 26 y Figura 26).

Tabla 26. Sector Energía: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013

GEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
CO_2	30.405,6	49.367,0	66.655,7	75.701,1	78.953,6	81.823,1
CH_4	2.479,8	2.149,2	1.942,5	1.929,7	2.026,9	2.060,8
N_2O	334,2	606,7	825,5	896,2	1.096,1	1.191,5
Total	**33.219,5**	**52.122,9**	**69.423,7**	**78.527,0**	**82.076,6**	**85.075,4**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 26. Sector Energía: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.1.3. Tendencia del consumo de energéticos en el país

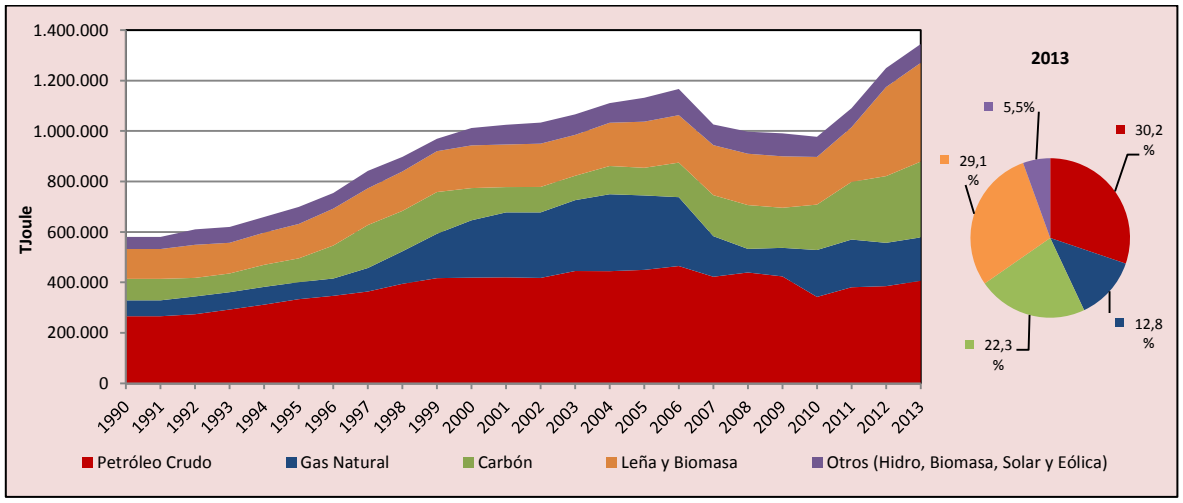
El consumo bruto de energía primaria en Chile está compuesto principalmente por combustibles de origen fósil. En 2013, el petróleo crudo representó un 30,2 % (406.188,2 TJ), leña y biomasa correspondió al 29,1 % (391.605,8 TJ), carbón el 22,3 % (300.271,8 TJ), gas natural al 12,8 % (172.126,5 TJ) y el restante 5,5 % a otras energías renovables incluyendo hidroeléctrica, eólica, solar y biogás (74.363,4 TJ) (Tabla 27 y Figura 27). Cabe destacar además que las energías eólica y solar, a pesar de tener un aporte bajo al consumo total, aumentaron en conjunto entre el 2010 y el 2013 en un 138,8 % alcanzando los 2.796,5 TJ.

Tabla 27. Sector Energía: consumo bruto de energéticos primarios (TJ) por energético, serie 1990-2013

Energético	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Petróleo Crudo	265.750,0	418.778,8	342.283,2	380.605,3	384.981,7	406.188,2
Gas Natural	63.036,9	227.255,3	185.966,9	189.104,1	171.748,4	172.126,5
Carbón	85.109,7	127.783,9	180.101,2	228.643,4	264.471,8	300.271,8
Hidroelectricidad	47.269,0	68.705,4	78.334,1	73.836,0	72.583,2	71.063,7
Eólica	-	-	1.171,2	1.215,4	1.470,2	1.997,3
Leña y Biomasa	118.333,4	169.217,1	188.903,8	216.626,6	353.112,5	391.605,8
Solar	-	-	-	-	773,2	799,2
Biogás	715,9	192,2	325,7	375,8	272,3	503,1
Total	**580.214,9**	**1.011.932,6**	**977.086,1**	**1.090.406,5**	**1.249.413,4**	**1.344.555,6**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 27. Sector Energía: consumo bruto de energéticos primarios (TJ) por energético, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

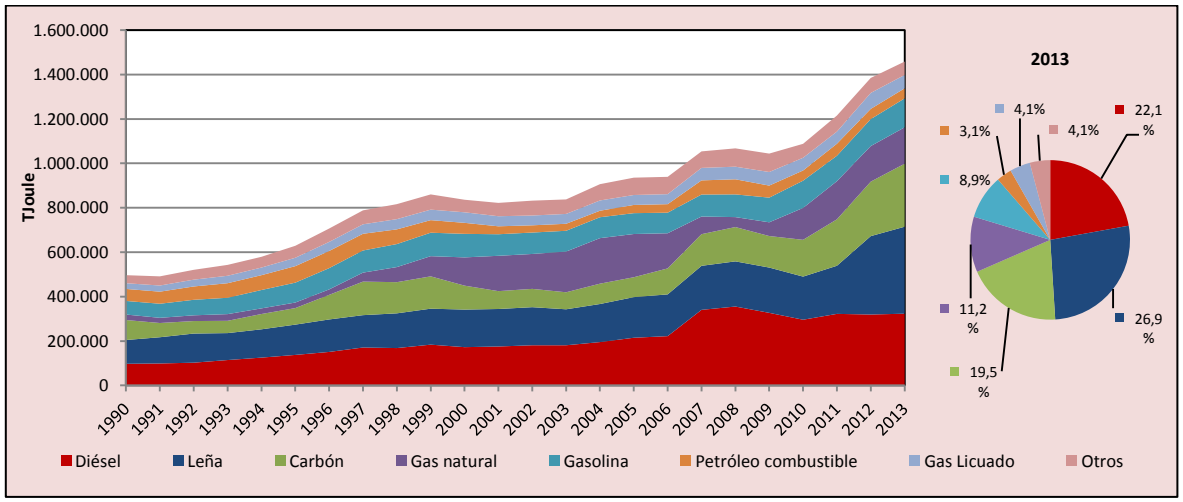
En términos de consumo final de combustibles, los principales usados al 2013 son la leña con un 26,9 % (391.605,8 TJ), el diésel con un 22,1 % (323.024,5 TJ), carbón con un 19,5 % (283.767,5 TJ), gas natural con un 11,2 % (163.882,9 TJ), gasolina con un 8,9 % (130.421,4 TJ); petróleos combustibles con 3,1 % (45.105,5 TJ), gas licuado con un 4,1 % (60.362,8 TJ) y un 4,1 % (60.227,4 TJ) otros tipos de combustible que incluye gasolina para aviación, jet querosene, coque, otro querosene, nafta, alquitrán, gas de refinería, metanol, gas de fábrica de gas o gas corriente, gas de altos hornos y biogás (Tabla 28 y Figura 28).

Tabla 28. Sector Energía: consumo final de combustibles (TJ) por tipo de combustible, serie 1990-2013

Combustible	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Diésel	97.350,5	172.272,9	295.901,5	322.225,2	319.311,0	323.024,5
Leña	107.152,8	169.219,3	194.220,1	216.626,6	353.112,5	391.605,8
Carbón	89.906,5	107.897,5	165.536,1	209.240,8	245.307,8	283.767,5
Gas natural	24.785,7	127.201,6	143.629,5	171.664,7	160.198,2	163.882,9
Gasolina	61.217,1	106.035,1	122.720,6	114.514,7	121.538,9	130.421,4
Petróleo combustible	54.055,5	49.596,4	45.883,6	54.088,1	46.005,5	45.105,5
Gas Licuado	25.781,5	47.404,9	57.327,0	54.851,1	71.873,9	60.362,8
Kerosene Aviación	7.614,5	9.252,9	10.600,4	11.850,5	17.055,1	16.425,7
Coque	7.056,0	14.653,0	20.485,3	29.438,5	24.963,4	22.455,6
Otros	21.533,3	32.634,1	31.748,4	30.846,6	25.381,6	21.346,2
Total	**496.453,2**	**836.167,5**	**1.088.052,3**	**1.215.346,7**	**1.384.747,8**	**1.458.397,9**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 28. Sector Energía: consumo final de combustibles (TJ) por tipo de combustible, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.1.4. Aspectos metodológicos generales del sector

Para ambas categorías consideradas en el sector, *Actividades de quema de combustibles* y *Emisiones fugitivas de combustibles* se utilizaron las metodologías propuestas por las *Directrices del IPCC de 2006*. Se aplicó el método Nivel 1 para prácticamente todas las estimaciones, excepto para el componente *Transporte terrestre* en el cual se aplicó el método Nivel 2 para los gases no CO_2, con factores de emisión por defecto en ambos casos. Adicionalmente para *Actividades de quema de combustibles* se aplicó el *Método de referencia* como control independiente del *Método sectorial*. En la Tabla 29 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 29. Sector Energía: métodos aplicados por categoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1. Energía	**T1, IE, NA, NE, NO**	**D, IE, NA, NE, NO**	**T1, T2, IE, NA, NE, NO**	**D, IE, NA, NE, NO**	**T1, T2, IE, NA, NE**	**D, IE, NA, NE**
1.A. Actividades de quema de combustible (método sectorial)	T1, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NA, NE	NA, NE
1.C. Transporte y almacenamiento de CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para este sector se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.1.5. Datos de actividad del sector

En el sector *Energía* los datos de actividad son en su mayoría las cantidades de combustible quemado o procesado, lo que es suficiente para una estimación de las emisiones de GEI aplicando

un método Nivel 1. Este tipo de información es recopilada, analizada y publicada bajo el nombre de estadísticas de energía o balances de energía.

3.1.5.1. Balance Nacional de Energía

El Balance Nacional de Energía (BNE) se construye desde 1960, inicialmente a cargo de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y luego en el 2010 pasa a ser responsabilidad de la División de Prospectiva y Políticas Energética del Ministerio de Energía de Chile (en el ANEXO 03 se incluye el BNE de 2013).

Como cambios importantes en la elaboración del balance se destacan en el 2004 el establecimiento de la desagregación de consumos finales y consumos para transformación y en el 2009 se comenzó a publicar en el formato de la Agencia Internacional de Energía (IEA). Actualmente se puede encontrar en el portal *Energía Abierta* de la CNE la serie histórica desde 1991 a la fecha[14].

Para obtener el BNE se realiza anualmente una encuesta a las principales empresas generadoras, distribuidoras y consumidoras de energía del país. Cabe resaltar que esta encuesta es de carácter voluntario; sin embargo, los resultados se comparan con otras fuentes de información oficiales para evitar errores o falta de datos. Con esto se realiza un balance por energético entre la oferta y la demanda, lo que a la vez es otro paso de control de calidad de los datos.

El BNE divide los consumos de cada energético en 5 sectores, los que su la vez se dividen en subsectores:

- Centros de transformación,
- Sector energético,
- Transporte,
- Industrial y minero, y
- Comercial, público y residencial.

La desagregación de los sectores en subsectores se realiza principalmente con base en los consumos reportados por las empresas de distintos rubros, sin embargo, no se encuesta una muestra significativa de cada rubro por lo que es posible desagregar solo los sectores que sí cumplen con este criterio. En particular, por ejemplo, la industria y minería se desagrega en Cobre, Salitre, Hierro, Papel y Celulosa, Siderurgia, Petroquímica, Cemento, Azúcar, Pesca, Industrias varias y Minas varias.

En general la forma en que está construido el BNE permite en muchos casos usarlo de manera directa como datos de actividad para la estimación de las emisiones. Sin embargo, en otros casos se deben hacer supuestos como por ejemplo que el componente de las emisiones *Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco* está compuesto por solo las emisiones del sector Azúcar del BNE. La equivalencia para cada componente se encuentra en las descripciones de subcategorías.

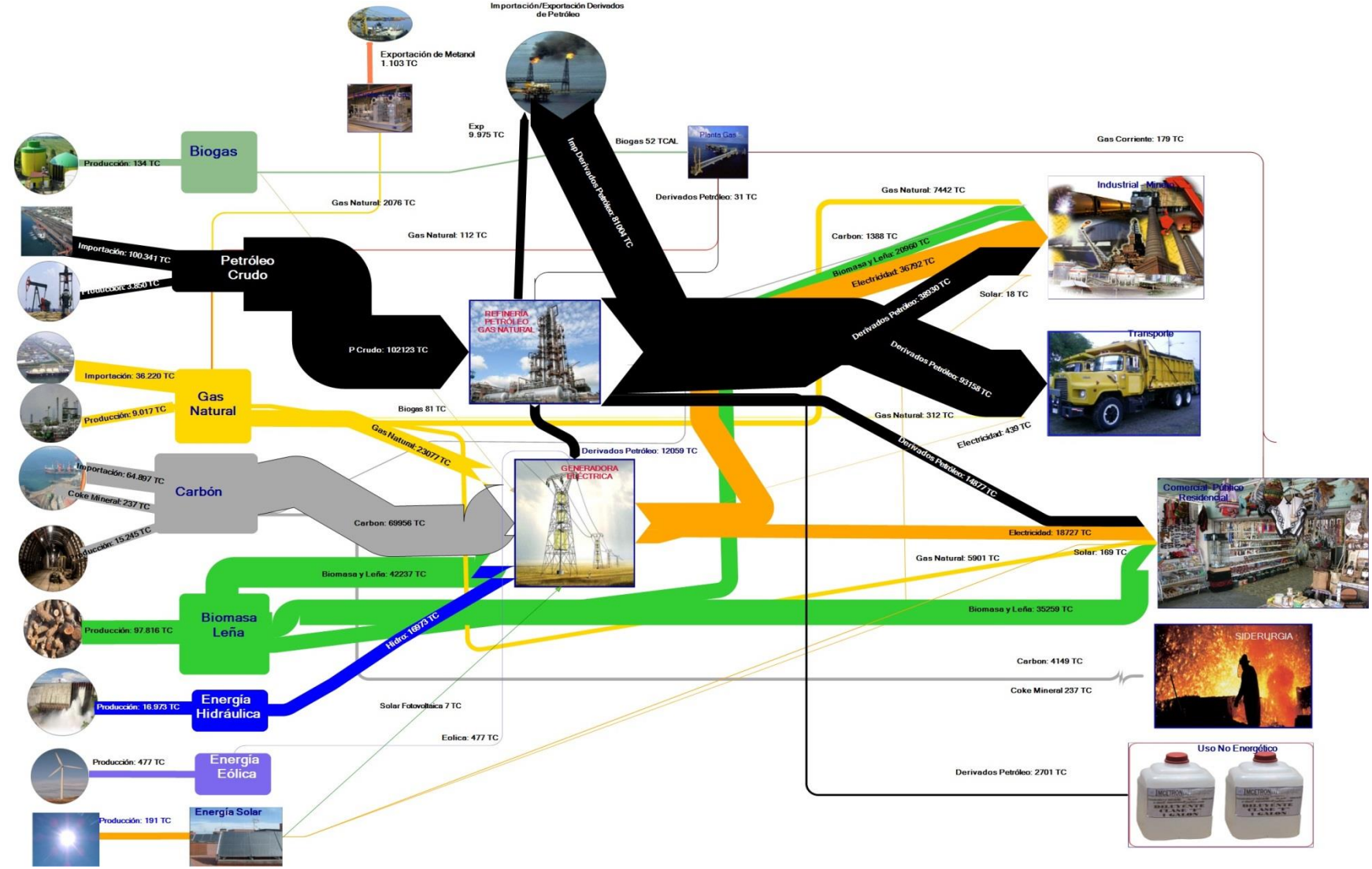
Con respecto a la incertidumbre asociada al BNE, en su construcción se estudia la diferencia estadística para detectar errores en los datos; sin embargo, no siempre se han seguido los mismos

[14] Recuperado de http://energiaabierta.cne.cl/visualizaciones/balance-de-energia/

criterios. Desde el 2009 el BNE sigue el formato de la IEA en el que se estipula que la diferencia estadística para combustibles relevantes como el gas natural y la generación eléctrica deben ser menor al 1 % y para otros menos relevantes hasta un 10 %. Es posible hacer un análisis estadístico de las diferencias estadísticas para la serie histórica por combustible; sin embargo, por falta de recursos por el momento no se ha realizado. Esto se agrega al plan de mejora continua como punto de mejora del BNE.

En la Figura 29 se observa el diagrama de flujos de energía de Chile elaborado para el 2013. En este se aprecia el panorama general de la oferta, la transformación y el consumo de energía en Chile. Se destaca que el principal energético para la generación eléctrica es el carbón, del que se importa un 81,0 % y a la vez el principal consumidor de electricidad es la *Minería*. Por otro lado, los *Derivados del petróleo* provienen tanto de la importación directa como de la refinación del petróleo crudo, destacando además que el 96,3 % de este último también se importa. El principal consumidor de los *Derivados del petróleo* es el transporte terrestre. El gas natural se importa en un 80,1 % y se utiliza principalmente en generación eléctrica. Adicionalmente en la Figura 29 es posible apreciar la eficiencia de los procesos de transformación a través del grosor de las líneas, de esta forma se puede concluir que en la generación eléctrica se pierde más del 50 % de la energía de entrada (Ministerio de Energía, Todos los años disponibles).

Figura 29. Balance Nacional de Energía: diagrama de flujo de los energéticos de Chile, 2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.1.5.2. Conversión y manejo de datos de actividad

El BNE se publica en Teracalorías (Tcal) como unidad estándar, pero además en unidades física. Para la transformación de unidades físicas a energéticas se utilizan poderes caloríficos superiores (PCS) y densidades propias del país y se han utilizado los mismos en toda la serie histórica. Estos se encuentran publicados en el ANEXO 03.

Para facilitar el manejo de datos en la construcción del inventario, todos los consumos energéticos por cada combustible del BNE se convirtieron de Tcal a TJ y de PCS a poder calorífico inferior (PCI). Para esto se utilizó la siguiente relación:

Ecuación 1. Balance Nacional de Energía: transformación de PCS a PCI y de Tcal a TJ

$$TJ_i = Tcal_i \times Factor\ PCI_i \times Factor\ de\ conversión\ \frac{TJ}{Tcal}$$

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (página 1.17; Capítulo 1; Volumen 2 y Anexo 8A.1, Volumen 1).

Donde:

- TJ_i= consumo del combustible *i* expresado en TeraJoules.
- $Tcal_i$= consumo del combustible *i* expresado en Teracalorías.
- Factor PCI_i= factor que convierte el PCS en PCI_i para el combustible *i* (Tabla 30)
- Factor de conversión TJ/Tcal= 4,1868 (Anexo 8A.1, Vol. 1, *Directrices del IPCC de 2006*).

El factor PCI se obtiene de una recomendación de las *Directrices del IPCC de 2006* (página 1.17; Capítulo 1; Volumen 2) que dice "*para el carbón y el petróleo, el VCN (valor calorífico neto equivalente a PCI) es alrededor de un 5 por ciento menor que el VCB (valor calorífico bruto equivalente a PCS). Para la mayoría de las formas de gas natural y manufacturado, el VCN es alrededor de 10 por ciento menor*". A partir de esto se elaboró la Tabla 30.

Tabla 30. Factores de conversión de poder calorífico superior a poder calorífico superior

Combustible	Factor PCI
Otro Biogás	0,90
Madera/Desechos de madera	0,95
Gas Natural	0,90
Petróleo Crudo	0,95
Alquitrán	0,95
Gas/Diésel oil	0,95
Gasolina para motores	0,95
Gases licuados de petróleo	0,90
Gas de Refinaría	0,95
Gasolina para la aviación	0,95
Otro queroseno	0,95
Queroseno para motor a reacción	0,95
Otros productos del petróleo (Metanol)	0,95
Nafta	0,95
Fuelóleo residual	0,95
Otro Carbón sub-bituminoso	0,95
Coque para horno de coque y Coque de lignito	0,95
Gas Alto Horno	0,90
Gas de fábrica de gas	0,90

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (página 1.17; Capítulo 1; Volumen 2).

3.2. Actividades de quema de combustible (1.A.)

3.2.1. Descripción de la categoría

La categoría *Actividades de quema de combustible* agrupa a las emisiones de la oxidación intencional dentro de un aparato diseñado para calentar o proporcionar calor a un proceso como calor o trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del aparato.

La categoría incluye las subcategorías siguientes:

- *1.A.1. Industrias de la energía.*
- *1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción.*
- *1.A.3. Transporte.*
- *1.A.4. Otros sectores.*
- *1.A.5. No especificado.*

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones producidas para la generación de energía y la producción de combustible. De acuerdo al BNE, la quema de combustible en Chile se divide en cuatro sectores:

- Sistema energético (Centros de transformación y Sector energético),
- Transporte,
- Industrias y minero, y
- Comercial, público y residencial.

3.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Actividades de quema de combustible* es la principal categoría emisora del sector *Energía*, representando el 99,0 % de las emisiones de GEI del sector. En 2013, las emisiones de GEI de la categoría contabilizaron 84.192,7 Gg CO_2 eq. Desde 1990, las emisiones de GEI se han incrementado en un 168,8 % pero no de manera constante y desde 2010 en un 23,8 % (Tabla 31 y Figura 30). Se observa que entre 1999-2005 hay un cambio en la tendencia que se debe principalmente a la entrada y posterior caída de la oferta de gas natural desde Argentina. Luego en el 2009 y 2010 también se observa una baja que se explica por la crisis económica internacional que comenzó en el 2008 y también el terremoto de 8,8 MW que enfrentó Chile el 27 de febrero del 2010.

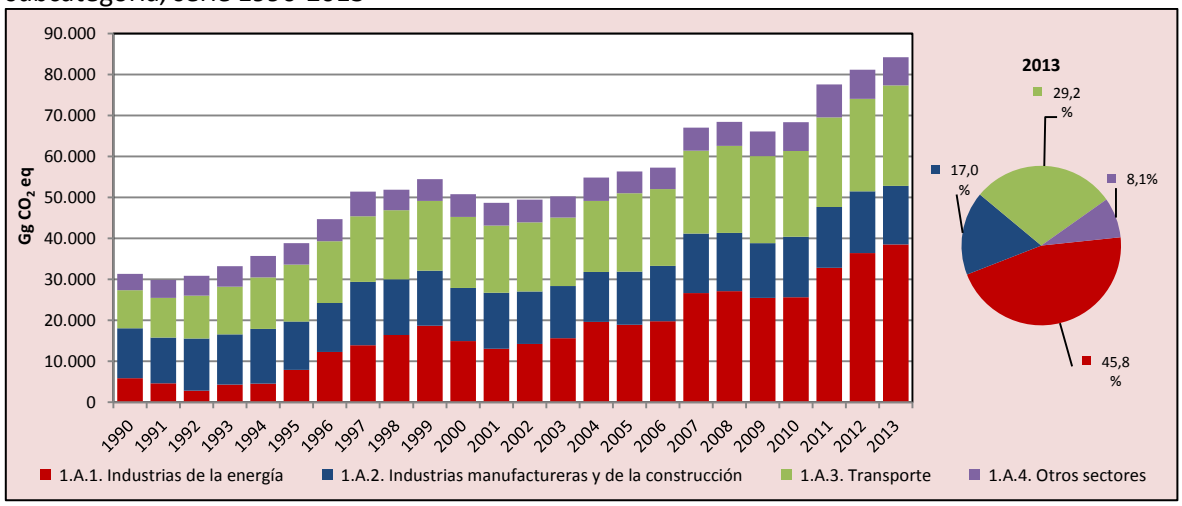
A nivel de subcategorías, la *Industria de la energía* es la de mayor importancia con un 45,8 %, seguido de un 29,2 % de *Transporte*, 17,0 % de *Industrias manufactureras y de la construcción* y un 8,1 % de *Otros sectores* (Figura 30).

Tabla 31. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.1. Industrias de la energía	5.843,8	14.909,2	25.623,4	32.800,0	36.388,6	38.518,4
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	12.257,5	13.007,4	14.801,8	14.901,0	15.122,8	14.282,3
1.A.3. Transporte	9.249,3	17.348,9	20.952,5	21.861,6	22.555,3	24.545,7
1.A.4. Otros sectores	3.974,8	5.562,1	7.028,2	8.014,6	7.122,8	6.846,4
Total	**31.325,4**	**50.827,7**	**68.405,8**	**77.577,2**	**81.189,5**	**84.192,7**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 30. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

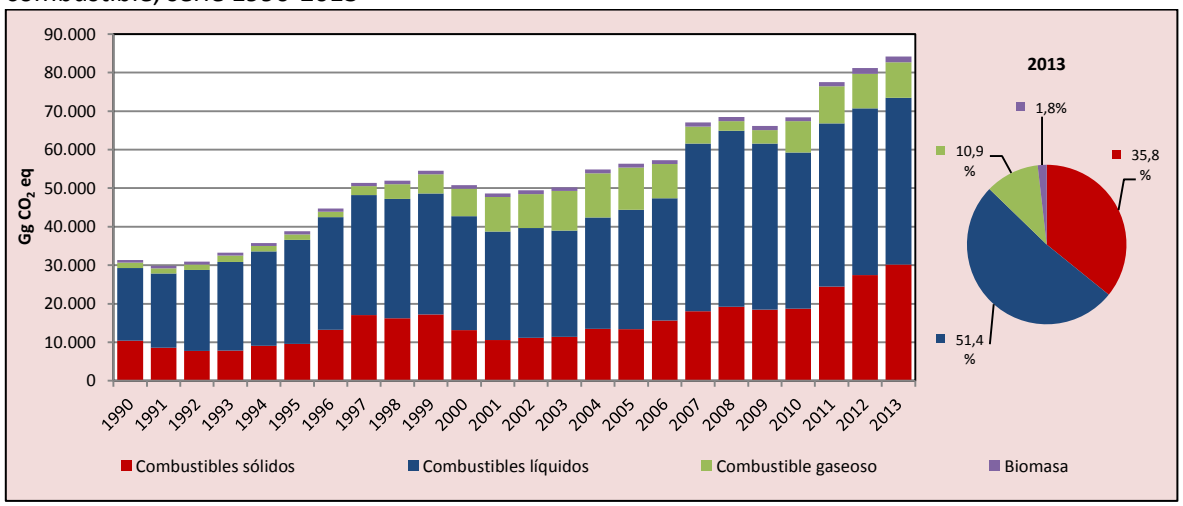
A nivel de tipo de combustible, los *combustibles líquidos* son los de mayor importancia con un 51,4 %, seguido de 35,8 % de *combustibles sólidos*, 10,9 % de *combustibles gaseosos* y un 1,8 % de *biomasa* (no se consideran las emisiones CO_2 las cuales están asignadas al sector *AFOLU*) (Tabla 32 y Figura 31).

Tabla 32. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tipo de combustible, serie 1990-2013

Tipo de combustible	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Combustibles sólidos	10.375,6	13.163,8	18.690,2	24.454,3	27.409,4	30.158,7
Combustibles líquidos	18.929,1	29.572,8	40.611,4	42.362,1	43.332,2	43.299,0
Combustible gaseoso	1.393,0	7.144,6	8.069,0	9.643,1	9.000,7	9.207,5
Biomasa	627,7	946,4	1.035,3	1.117,7	1.447,2	1.527,5
Total	**31.325,4**	**50.827,7**	**68.405,8**	**77.577,2**	**81.189,5**	**84.192,7**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 31. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tipo de combustible, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría *Actividades de Quema de combustible* se aplicó el método Nivel 1 excepto para el componente *Transporte terrestre* en que se aplicó el método Nivel 2 para los gases no CO_2. Ambos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* con factores de emisión por defecto y utilizando la Ecuación 2 descrita a continuación.

Ecuación 2. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI procedentes de la combustión estacionaria Nivel 1

$$\boldsymbol{Emisión_{GEI} = Consumo\ combustible_{tipo\ combustible} \times Factor\ de\ emisión_{GEI,tipo\ de\ combustible}}$$

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

Donde:

- $Emisión_{GEI}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI).
- $Consumo\ combustible_{tipo\ combustible}$ = cantidad de combustible quemado (TJ).
- $Factor\ de\ emisión_{GEI,tipo\ de\ combustible}$ = factor de emisión por defecto de un GEI dado por tipo de combustible (kg GEI/TJ). Para el caso del CO_2, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1.

En la Tabla 33 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 33. 1.A. Actividades de quema de combustible*:* métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A. Actividades de quema de combustible	**T1, IE, NE**	**D, IE, NE**	**T1, T2, IE, NE**	**D, IE, NE**	**T1, T2, IE, NE**	**D, IE, NE**
1.A.1. Industrias de la energía	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.3. Transporte	T1, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE	T1, T2, IE, NE	D, IE, NE
1.A.4. Otros sectores	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.5. No especificado	IE, NE	IE, NE	IE, NE	IE, NE	IE, NE	IE, NE

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

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

La comparación de los resultados de las emisiones de CO_2 obtenidos con el *Método de referencia* y el *Método sectorial* permite verificar la validez de los cálculos realizados. El *Método de referencia* usa los valores totales de la estadística nacional de energía, mientras que el *Método sectorial* usa valores parcializados acotados a cada categoría que en su conjunto suman el total nacional del sector *Energía*.

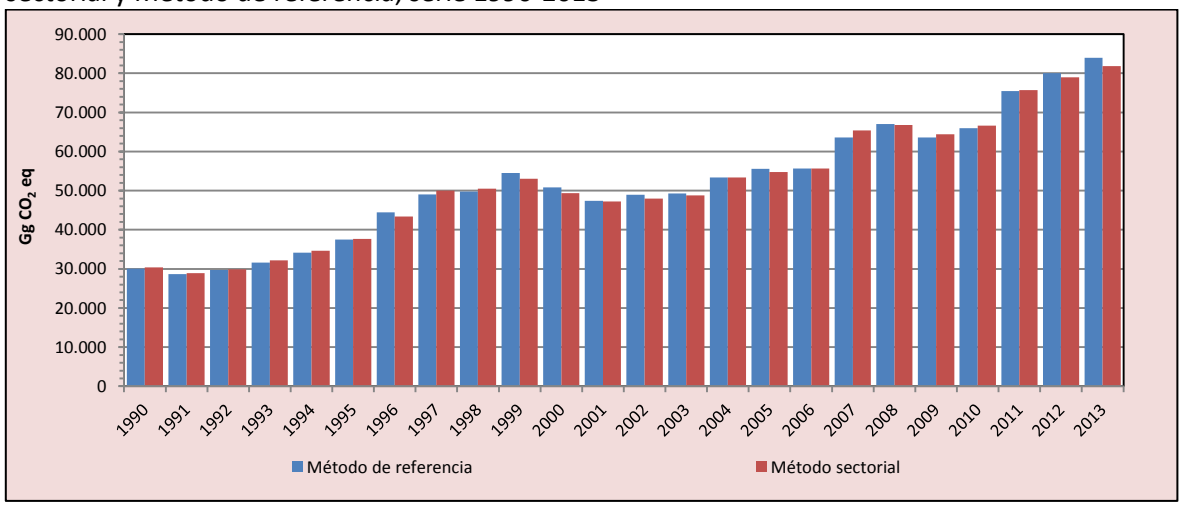
En general, la tendencia de las emisiones de CO_2 no presenta diferencias significativas entre ambos métodos; las diferencias se pueden deber a diversas consideraciones en el uso final y de transformación de combustibles como el carbón, el gas natural, el gas licuado de petróleo (GLP) y el biogás (Tabla 34 y Figura 32).

Tabla 34. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Método de referencia, incluyendo su diferencia, serie 1990-2013

Método	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Método de referencia	30.051,9	50.829,5	65.991,6	75.470,3	79.992,4	83.954,7
Método sectorial	30.403,0	49.365,3	66.654,4	75.699,7	78.952,1	81.821,6
Diferencia	**351,1**	**-1.464,2**	**662,8**	**229,4**	**-1.040,2**	**-2.133,1**
Diferencia %	**1,2%**	**-3,0%**	**1,0%**	**0,3%**	**-1,3%**	**-2,6%**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

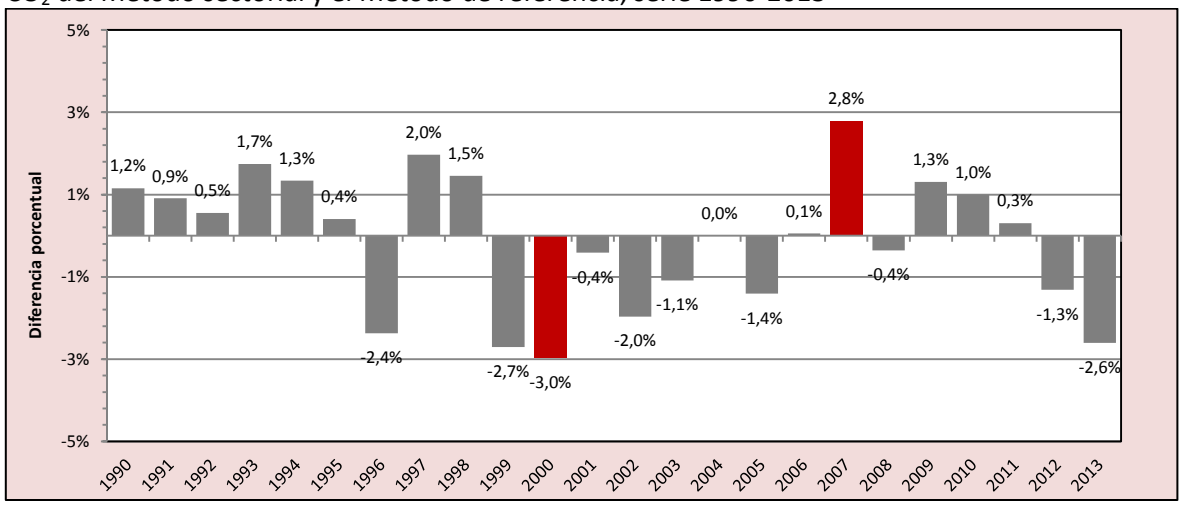
Figura 32. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Método de referencia, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

En la Figura 33 se observa la diferencia porcentual entre el *Método de referencia* y el *Método sectorial* para la serie histórica 1990-2013. El promedio de los absolutos de estas variaciones es de 1,3 % con un máximo absoluto de -3,0 % en el 2000, y le sigue 2007 con 2,8 %. Por otro lado, los años que presentan menor diferencia son 2004 y 2006, con diferencias menores al 0,01 %. Todos estos valores están por debajo del 5 % que indican las *Directrices del IPCC de 2006* como diferencia aceptable entre ambos métodos.

Figura 33. 1.A. Actividades de quema de combustible: diferencia porcentual entre las emisiones de CO_2 del Método sectorial y el Método de referencia, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Aspectos metodológicos

La estimación de las emisiones de CO_2 mediante el *Método de referencia* consiste en un método de arriba hacia abajo, en donde la hipótesis es que se conserva el carbono de modo que, por ejemplo, el carbono del petróleo crudo es igual al contenido total de carbono de todos los productos derivados. La metodología del *Método de referencia* desglosa el cálculo de las emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustibles en cinco pasos:

- Paso 1: estimar el consumo aparente de combustible en unidades originales (unidades físicas);
- Paso 2: convertirlo en una unidad común de energía, en este caso TJ (Ecuación 1);
- Paso 3: multiplicarlo por el contenido de carbono (Tabla 36) para estimar el carbono total;
- Paso 4: estimar el carbono excluido. Las fuentes excluidas cambiaron de nombre en el 2012. Ambas notaciones se presentan a continuación:

Antes del 2012	Después del 2012
○ Espíritu Blanco ▪ Gasolina Blanca ▪ Aguarrás ▪ Solventes ▪ Fuel Fondo Vacío ▪ Etileno ▪ Gasoil ○ Alquitrán ▪ Asfalto ○ Coque (fracción no oxidada)	○ Espíritu Blanco ▪ Propileno ▪ Solventes ▪ Gas de Refinería ▪ Etileno ○ Alquitrán ▪ Asfalto ▪ Componente Asfáltico ○ Coque (fracción no oxidada)

- Paso 5: corregir el carbono sin oxidar (el factor de oxidación usado es igual a 1) y convertir en emisiones de CO_2.

Tabla 35. 1.A. Actividades de quema de combustible*:* datos de actividad del consumo aparente de combustibles del Método de referencia por combustible, serie 1990-2013

Años	Método de referencia	
	Consumo aparente	Consumo aparente (uso no energético descontado)
	TJ	TJ
1990	409.591,85	398.773,12
1991	399.077,11	385.456,56
1992	416.094,50	403.708,39
1993	439.801,11	429.643,74
1994	478.731,54	461.496,04
1995	518.241,50	503.740,20
1996	606.460,51	589.354,53
1997	660.882,16	644.765,51
1998	685.825,00	666.646,23
1999	755.394,49	738.920,19
2000	720.722,41	716.833,49
2001	688.658,29	684.300,82
2002	712.569,14	706.559,17
2003	733.558,17	715.677,76
2004	780.327,67	768.227,78
2005	801.949,52	793.491,91
2006	786.772,97	784.800,58
2007	864.750,55	857.240,51
2008	893.994,16	886.484,12
2009	854.869,87	846.625,48
2010	902.393,21	895.157,47
2011	1.017.183,41	1.008.482,45
2012	1.079.490,69	1.065.376,22
2013	1.107.832,25	1.096.566,52

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Tabla 36. 1.A. Actividades de quema de combustible*:* contenido de carbono por defecto (kg/GJ) para el Método de referencia por combustible, serie 1990-2013

Combustibles	Contenido de carbono por defecto (kg/GJ)
Petróleo crudo	20,0
Gasolina para motor	18,9
Gasolina para la aviación	19,1
Queroseno para motor a reacción	19,5
Otro queroseno	19,6
Gas/Diésel oil	20,2
Fuelóleo residual	21,1
Gases licuados de petróleo	17,2
Nafta	20,0
Otros productos del petróleo	20,0
Otro carbón bituminoso	25,8
Coque para horno de coque y coque de lignito	29,2
Gas natural	15,3

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 1.3; Capítulo 1; Volumen 2)

La estimación de las emisiones de CO_2 para el *Método sectorial* fue realizada aplicando el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* (descrito en la sección 3.1.4. *supra*) usando datos de actividad desde el BNE y factores de emisión por defecto. Ambos tipos de información están descritos con posterioridad en cada uno de las subcategorías.

3.2.5. Comparación entre información internacional y el Método sectorial

Otra forma de verificación de las emisiones de GEI de la categoría *Actividades de quema de combustible* es compararla con la información proporcionada por la IEA, la cual estima emisiones de CO_2 de la quema de combustibles con base en datos de consumo de combustible del país y la aplicación de las *Directrices del IPCC de 2006*.

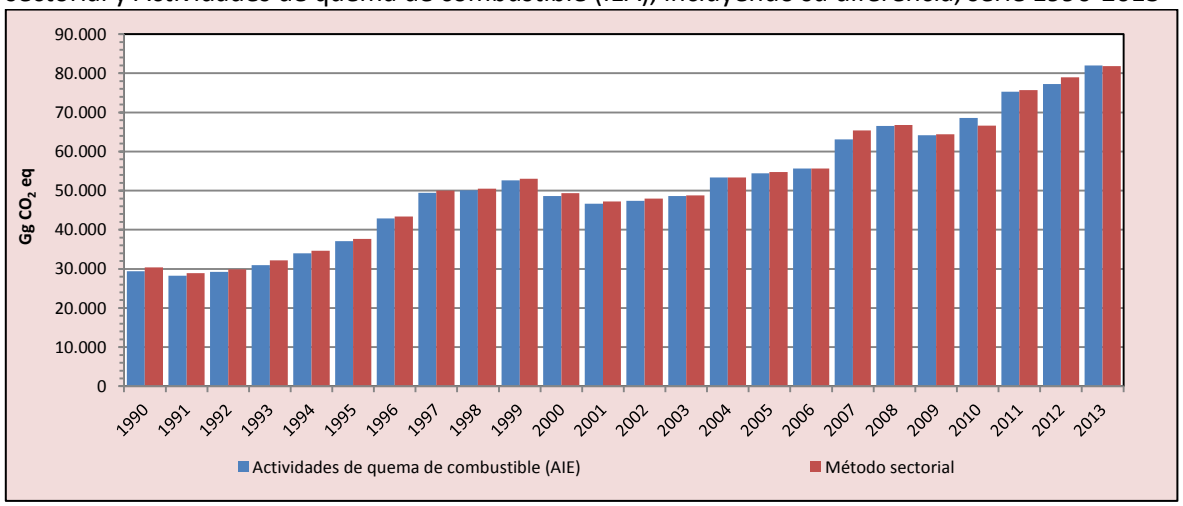
De forma general, la tendencia de las emisiones de CO_2, entre los calculados a través del *Método sectorial* y de la IEA, no presenta diferencias significativas (Tabla 37 y Figura 34).

Tabla 37. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Actividades de quema de combustible (IEA), incluyendo su diferencia, serie 1990-2013

Método	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Actividades de quema de combustible (IEA)	29.430,0	48.610,0	68.590,0	75.300,0	77.220,0	82.010,0
Método sectorial	30.403,0	49.365,3	66.654,4	75.699,7	78.952,1	81.821,6
Diferencia	**973,0**	**755,3**	**-1.935,6**	**399,7**	**1.732,1**	**-188,4**
Diferencia %	**3,2%**	**1,5%**	**-2,9%**	**0,5%**	**2,2%**	**-0,2%**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en datos de la IEA (AIE, 2016)

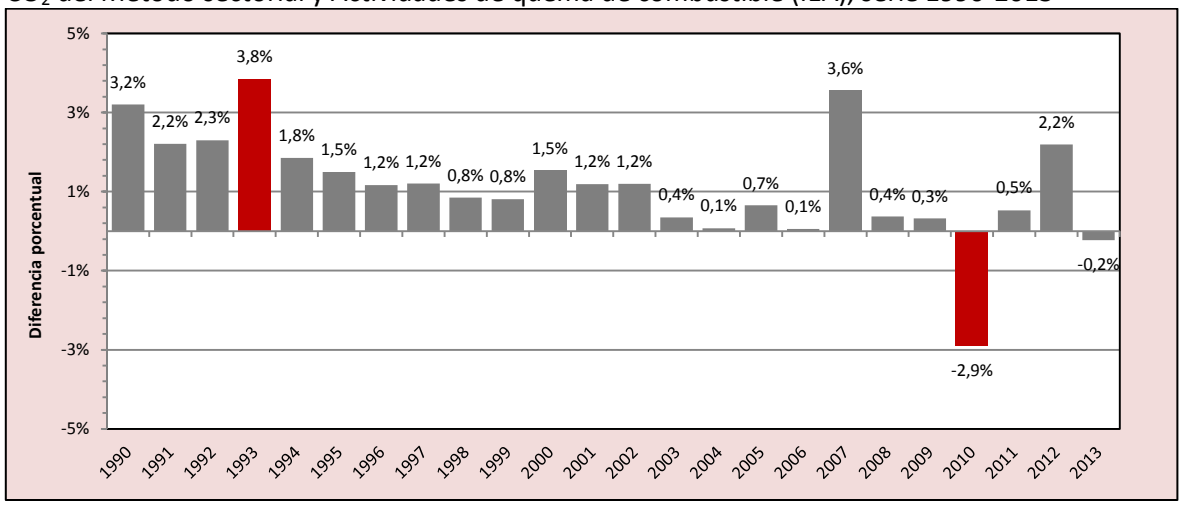
Figura 34. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) del Método sectorial y Actividades de quema de combustible (IEA), incluyendo su diferencia, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en datos de la IEA (AIE, 2016)

En la Figura 35 se observa la diferencia porcentual entre el *Método sectorial* y los datos de la IEA para la serie 1990-2013. El promedio de los absolutos de estas variaciones es de 1,4 % con un máximo de 3,8 % en 1993 y le sigue 2010 con -2,9 %. Por otro lado, los años que presentan menor diferencia son 2004 y 2006 con diferencias menores al 0,1 %. Estas desigualdades son atribuibles a posibles diferencias en los supuestos de los cálculos incluyendo poderes caloríficos, factores de emisión, consumos no energéticos y emisiones de tanques internacionales.

Figura 35. 1.A. Actividades de quema de combustible: diferencia porcentual entre las emisiones de CO_2 del Método sectorial y Actividades de quema de combustible (IEA), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en datos de la IEA (AIE, 2016)

3.2.6. Combustible del transporte internacional

Los combustibles en los tanques del transporte internacional consideran emisiones del transporte marítimo y aéreo que tengan como punto de salida un lugar dentro del territorio nacional de Chile, y como punto de llegada un lugar fuera de territorio nacional de Chile. En promedio las emisiones de la *Navegación internacional* son mayores que las de *Aviación internacional*, sin embargo, en los

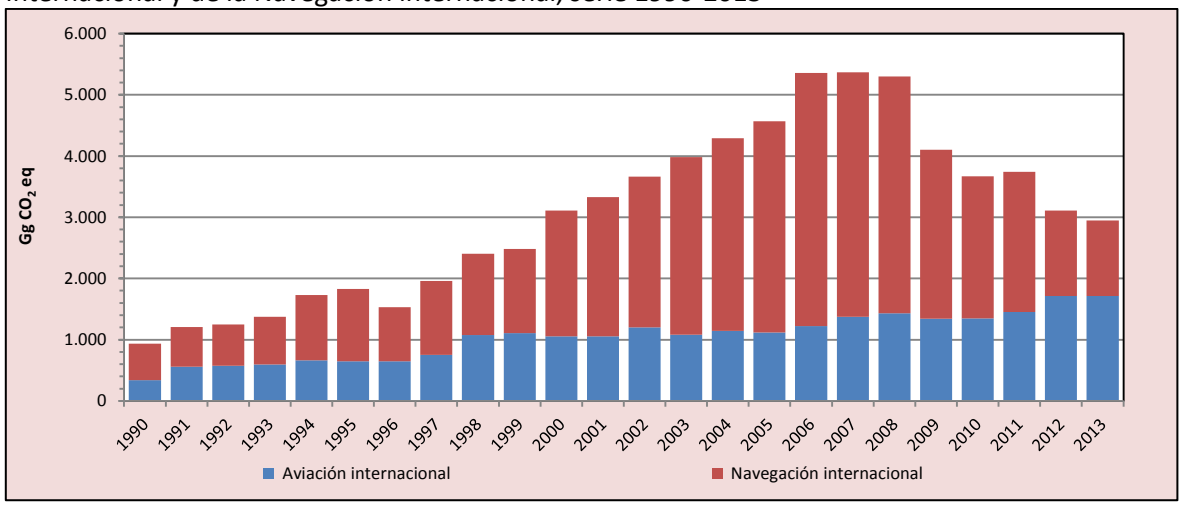
últimos años esto se ha invertido debido al incremento del transporte aéreo y la disminución del transporte marítimo (Tabla 38 y Figura 36). Esto podría ser explicado debido al incremento en la diferencia de precio para el combustible marítimo con respecto a países vecinos donde los barcos también pueden cargar combustible.

Tabla 38. Combustible del transporte internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) de la Aviación internacional y de la Navegación internacional, serie 1990-2013

Transporte	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Aviación internacional	337,6	1.055,7	1.348,0	1.450,4	1.713,9	1.711,9
Navegación internacional	595,2	2.055,9	2.318,5	2.290,5	1.398,2	1.234,3
Total	**932,8**	**3.111,5**	**3.666,5**	**3.740,9**	**3.112,1**	**2.946,2**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 36. Combustible del transporte internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) de la Aviación internacional y de la Navegación internacional, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de GEI de *Combustible del transporte internacional* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* (descrito en la sección 3.2.3. *supra*) usando datos de actividad desde diversas fuentes y factores de emisión por defecto.

Los datos de actividad provienen desde el BNE y otras fuentes de información, esto debido a que el BNE reporta los consumos de combustible para transporte en categorías que incluyen tanto uso nacional como internacional. Para la desagregación se usó información publicada por el Servicio Nacional de Aduanas (Aduanas), disponible desde el 2002 en adelante. Para los años anteriores se usó la estimación de consumo realizada en el estudio *Elaboración de una metodología local del cálculo de emisiones búnker para gases de efecto invernadero* (Sistemas Sustentables, 2009).

La desagregación de la información se realizó solo para los combustibles diésel y petróleos combustibles (Fuel residual) usados en el transporte marítimo, y jet querosene usado en el transporte aéreo; ya que esta es la información disponible en las bases de datos de Aduanas. Para el cálculo se consideran los consumos de estos combustibles del BNE como la suma del uso nacional e internacional. Luego de Aduanas se toma el consumo de combustibles en los tanques internacionales por tipo de transporte (marítimo o aéreo) y por tipo de combustible y se resta a

los totales. La diferencia entre estos valores determina el consumo nacional. Por otro lado, los combustibles distintos a los mencionados anteriormente, se asignan a consumo nacional. Los datos de actividad usados se muestran a continuación.

Tabla 39. Combustible del transporte internacional: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013

Años	Navegación		Aviación
	Diésel	Petróleo combustible	Jet Querosene
	TJ	TJ	TJ
1990	1.095,7	6.565,0	4.679,9
1991	1.396,0	6.920,2	7.770,4
1992	871,4	7.793,0	7.955,8
1993	771,7	9.213,0	8.269,3
1994	1.079,5	12.658,5	9.169,9
1995	1.383,0	13.773,5	8.971,2
1996	1.391,7	9.985,6	8.980,1
1997	1.794,9	13.765,2	10.388,4
1998	1.526,1	15.506,7	14.927,0
1999	1.513,1	16.170,8	15.333,2
2000	1.812,2	24.565,2	14.635,7
2001	1.929,3	27.213,0	14.644,5
2002	2.415,5	29.167,0	16.647,9
2003	2.370,4	34.848,1	14.993,9
2004	1.762,5	38.617,3	15.837,7
2005	1.524,4	42.672,9	15.492,5
2006	2.294,2	50.675,2	16.944,2
2007	1.797,8	49.387,2	19.026,3
2008	1.954,7	47.621,1	19.855,1
2009	1.957,3	33.483,7	18.595,6
2010	2.672,8	27.101,5	18.687,7
2011	3.331,0	26.112,5	20.107,4
2012	3.601,8	14.437,1	23.761,4
2013	1.412,5	14.437,1	23.733,7

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en (Sistemas Sustentables, 2014) y a datos del Servicio Nacional de Aduanas

Cabe destacar que la información proporcionada por Aduanas y la información publicada en el BNE provienen de distintas fuentes por lo que no son comparables en su totalidad. Esto genera la posibilidad de que se estén subestimando las emisiones nacionales, sin embargo, es la mejor información disponible por el momento.

Los datos paramétricos para transformar los datos de actividad de miles de toneladas a TJ con poder calorífico inferior se muestran en la siguiente Tabla 40.

Tabla 40. Combustible del transporte internacional: datos paramétricos

Combustible	Poder Calorífico Superior*	De PCS a PCI	De kcal a kjoule	Poder Calorífico inferior
	kcal/kg			TJ/Gg
Diésel	10.900	0,95	4,186	43,4
Petróleos combustibles	10.500	0,95	4,186	41,8
Jet Querosene	11.100	0,95	4,186	44,1

*Fuente: BNE 2013

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Los factores de emisión por defecto usados para el cálculo de las emisiones de GEI del *Combustible del transporte internacional* se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41. Combustible del transporte internacional: factores de emisión por defecto

Años	Navegación		Aviación
	Diésel	Petróleo combustible	Jet Querosene
	kg gas/TJ	kg gas/TJ	kg gas/TJ
FE CO_2	74.100	77.400	71.500
FE CH_4	7	7	0,5
FE N_2O	2	2	2

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadros 3.5.2, 3.5.3, 3.6.4 y 3.6.5; Capítulo 3; Volumen 2)

3.2.6.1. Aviación internacional

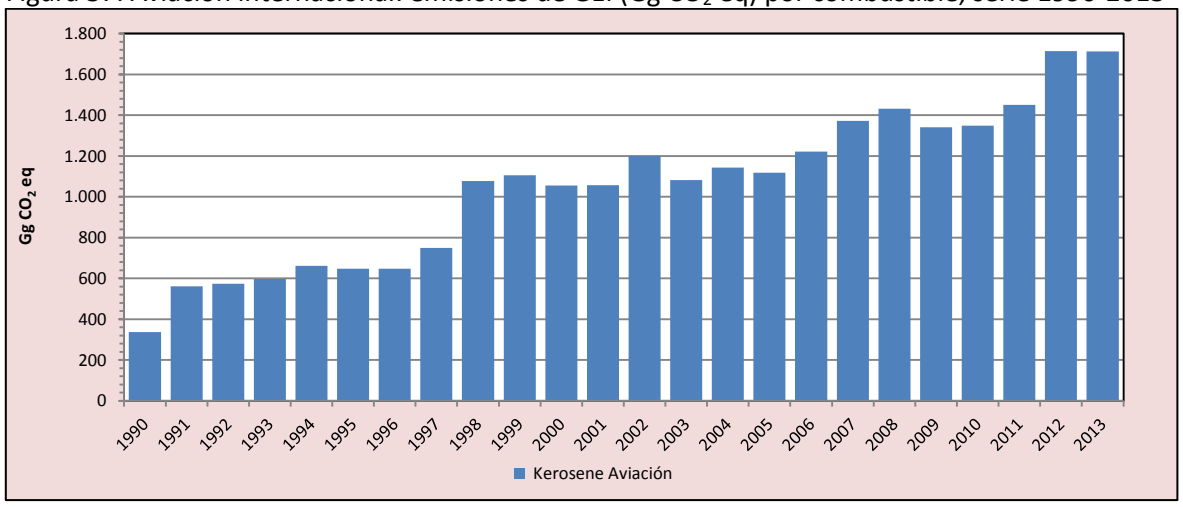
En 2013, las emisiones de GEI de la *Aviación internacional* contabilizaron 1.711,9 Gg CO_2 eq, desde 1990 han incrementado en un 407,1 % y desde 2010 en un 26,8 % (Tabla 42 y Figura 37). Este crecimiento se debe directamente al incremento de uso de combustible debido a una mayor cantidad de pasajeros transportados al año de acuerdo a datos del Banco Mundial (Banco mundial, 2014). En 1998 se observa un importante incremento y en la misma época, la Línea Aérea Nacional de Chile (LAN Chile) se encuentra en expansión internacional después de haberse privatizado en 1994 (LATAM Airlines Group, 2016). Adicionalmente se observa que a partir del 2008 y hasta el 2011 hay una disminución en los vuelos lo que coincide con la crisis económica internacional.

Tabla 42. Aviación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013

Combustible	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Kerosene Aviación	337,6	1.055,7	1.348,0	1.450,4	1.713,9	1.711,9
Total	**337,6**	**1.055,7**	**1.348,0**	**1.450,4**	**1.713,9**	**1.711,9**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 37. Aviación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.6.2. Navegación internacional

En 2013, las emisiones de GEI de la *Navegación internacional* contabilizaron 1.234,3 Gg CO_2 eq desde 1990 han incrementado en un 107,4 % y desde 2010 disminuyeron en un 22,9 % (Tabla 43 y Figura 38). Se observa una tendencia al alza entre 1990 y el 2006 pero luego se invierte la tendencia disminuyendo constantemente hasta el 2013. Estos resultados reflejan los datos de actividad de Aduanas sin embargo no coinciden con los datos de exportación marítima (Camara

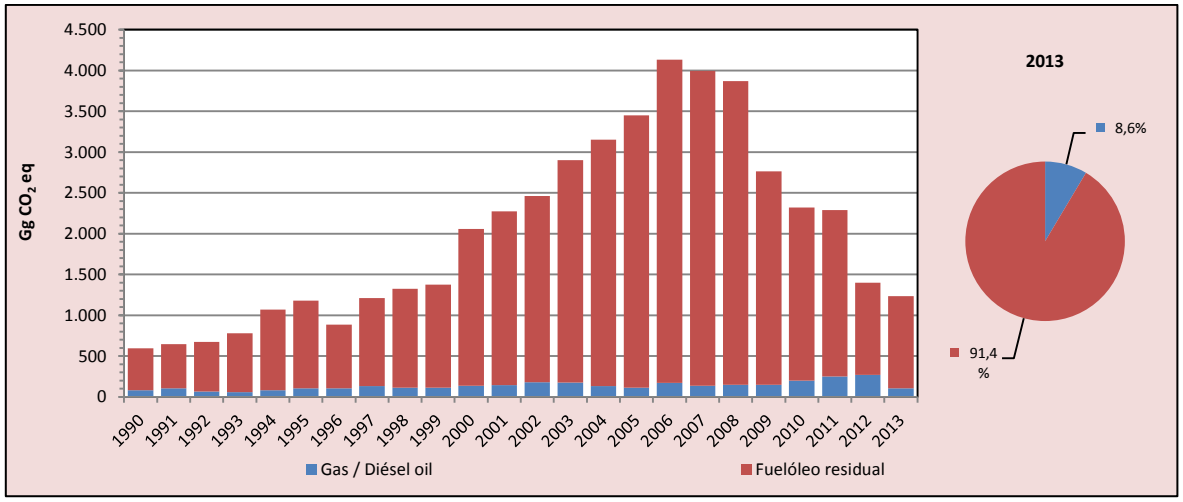
marítima y portuaria de Chile, 2015). Esto se puede deber a que las variaciones en los datos de actividad dependen de otros factores, o a que no se están considerando los datos de Aduanas de manera apropiada. Parte del plan de mejora continua es revisar la metodología propuesta por el estudio realizado en 2009 por Sistemas Sustentables.

Tabla 43. Navegación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013

Combustible	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Gas/Diésel oil	82,0	135,7	200,1	249,4	269,7	105,8
Fuelóleo residual	513,2	1.920,2	2.118,4	2.041,1	1.128,5	1.128,5
Total	**595,2**	**2.055,9**	**2.318,5**	**2.290,5**	**1.398,2**	**1.234,3**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 38. Navegación internacional: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.7. Materias primas y uso no energético de los combustibles

3.2.7.1. Emisiones de CO_2 de la biomasa

En conformidad con las *Directrices del IPCC de 2006*, las emisiones de CO_2 de la combustión de la biomasa han sido estimadas, pero no están incluidas en los totales nacionales. Esta información se registra como *Partidas informativas* para la verificación cruzada y para evitar el doble conteo con el sector *AFOLU*. El BNE considera como biomasa principalmente leña, pero también otros productos de madera como retazos y residuos forestales.

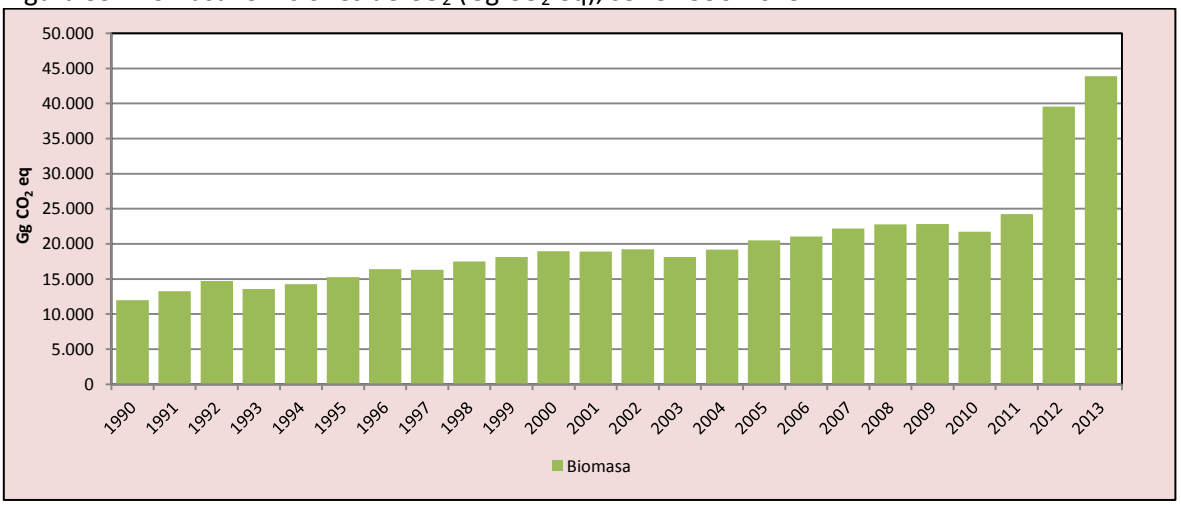
En 2013, las emisiones de CO_2 provenientes de biomasa contabilizaron 43.876,5 Gg CO_2 eq. Desde 1990, las emisiones de CO_2 se han incrementado en un 265,6 % y desde el 2010 en un 101,7 %. Se observa un abrupto crecimiento entre el 2011 y 2012 que se mantiene para el 2013, lo que se debe principalmente a un cambio en la metodología de estimación de consumo de biomasa del BNE. En el 2015 se realizó un estudio estadístico más preciso para el consumo de biomasa del 2014, concluyéndose que en 2012 y 2013 se sobreestimó. Estos valores aún no han sido recalculados por lo que se presentan de la forma en que están publicados actualmente (Tabla 44 y Figura 39).

Tabla 44. Biomasa: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Biomasa	12.001,1	18.952,6	21.752,6	24.262,2	39.548,6	43.876,5
Total	**12.001,1**	**18.952,6**	**21.752,6**	**24.262,2**	**39.548,6**	**43.876,5**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 39. Biomasa: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de GEI de *Emisiones de CO_2 de la biomasa* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* (descrito en la sección 3.2.3. *supra*) usando datos de actividad del BNE (Tabla 45) y factores de emisión por defecto (Tabla 46).

Tabla 45. Biomasa: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013

Años	Total Biomasa (TJ)
1990	107.152,8
1991	118.198,2
1992	131.224,4
1993	121.244,9
1994	127.398,0
1995	136.434,8
1996	146.271,1
1997	145.616,9
1998	156.306,2
1999	161.986,0
2000	169.219,3
2001	168.892,2
2002	171.576,1
2003	162.096,8
2004	171.473,6
2005	182.913,6
2006	188.137,9
2007	198.240,8
2008	203.525,0
2009	203.964,1
2010	194.220,1
2011	216.626,6
2012	353.112,5
2013	391.605,8

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en BNE 1990-2013

Tabla 46. Biomasa: datos paramétricos y factor de emisión de CO_2

Combustible	Poder Calorífico Superior	Factor de emisión CO_2
	kcal/kg	kg CO_2/TJ
Biomasa	3.500	112.000

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en BNE y *Directrices del IPCC de 2016* (Cuadro 2.2; Capítulo 2; Volumen 2)

3.2.7.2. Uso no energético de los combustibles

El BNE considera uso no energético de combustibles de dos maneras. Por un lado, desde el 2012 se publica una columna de «Derivados industriales de petróleo» los que consideran el uso de derivados de petróleo no energéticos como aceites, lubricantes y ceras. Antes del 2012 su consumo no se reportaba.

Por otro lado, desde el 2004 reporta por separado los consumos de centros de transformación y de uso propio del sector energético. Este sector energético es el nombre que destina el BNE a las industrias del rubro energético y no es el mismo que el «Sector energético» del IPCC. Los centros de transformación incluyen consumo para generación eléctrica pública, para autogeneración y para transformación a otros combustibles secundarios. Los primeros dos se consideran en el INGEI, pero el último no, ya que a diferencia de los otros dos, en este existiría quema de combustibles. En centros de transformación se incluyen los siguientes campos:

- Manufactura de gas corriente
- Manufactura de coque en siderurgias
- Refinación de petróleo
- Manufactura de carbón vegetal y minería de carbón mineral
- Producción de metanol a partir de gas natural

El consumo de los centros de transformación, sin considerar la generación eléctrica, tiene alta variabilidad entre años principalmente por cambios metodológicos en la construcción del BNE. En particular el consumo de gas natural para producción de metanol, se modificó para considerar una parte (6 %) dentro del sector energético. Este porcentaje se obtuvo a través de la empresa Methanex y ya fue utilizado en la actualización anterior (INGEI 2010, serie 1990-2010).

Cabe recalcar que el consumo con fines energéticos de estas industrias se considera dentro de las categorías *1.A.1.b. Refinación del petróleo* y *1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias de la energía* y se obtienen de la parte sector energético del BNE.

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

3.2.8.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles debido a las industrias de producción energética y a las actividades de extracción de combustibles. En la Tabla 47 se presentan sus componentes y respectivamente los sectores del BNE que lo comprenden.

Tabla 47. 1.A.1. Industrias de la energía: componentes y supuestos relevantes

Componente	Definición IPCC	Sector BNE	Observaciones
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	Incluye 3 subcomponentes: electricidad, generación combinada de calor y electricidad y centrales de calor. Pueden ser empresas públicas o privadas pero la generación es para consumo público.	Sector Energético: Electricidad: Servicio Público	En Chile no existen industrias que se dediquen principalmente a la generación de calor o a la cogeneración. Las empresas que producen electricidad, pero no como su actividad principal, son llamadas en el BNE como Autoproductores. El consumo de combustible de estos se reporta principalmente en 1.A.2 desagregado según la actividad principal de la empresa.
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Actividades de combustión usadas en el proceso de refinación del petróleo, incluyen autogeneración de electricidad y calor.	Sector Energético: Petróleo	Se consideran los consumos utilizados para el funcionamiento de la refinería. El petróleo utilizado para ser transformado en otros combustibles secundarios no se considera y está reportado por separado en el BNE.
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	Combustión para la fabricación de energéticos secundarios a partir de combustible sólido, incluyendo producción de carbón vegetal, coque, gas de fábrica de gas, minería de carbón mineral entre otros. También se debe incluir la autogeneración.	Sector Energético: Siderurgia, Plantas de gas y Carbón	La Fabricación de combustibles sólidos considera del sector energético del BNE la manufactura de coque y de gas corriente. Este último, a pesar de ser un gas, las *Directrices del IPCC de 2006* lo clasifica como combustible sólido por ser un gas derivado. Otras industrias de la energía según definición de las *Directrices del IPCC de 2006* considera dentro del sector energético del BNE la producción de carbón vegetal y mineral.

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en Directrices del IPCC de 2006

3.2.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Industrias de la energía* es la principal subcategoría emisora del sector *Energía*, representando el 45,3 % de las emisiones de GEI del sector; y además es la principal fuente individual de emisiones a nivel nacional, representando el 35,0 % de las emisiones de GEI totales del país (excluyendo *FOLU*). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 38.518,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 559,1 % desde 1990, y en un 50,3 % desde 2010 (Tabla 48 y Figura 40).

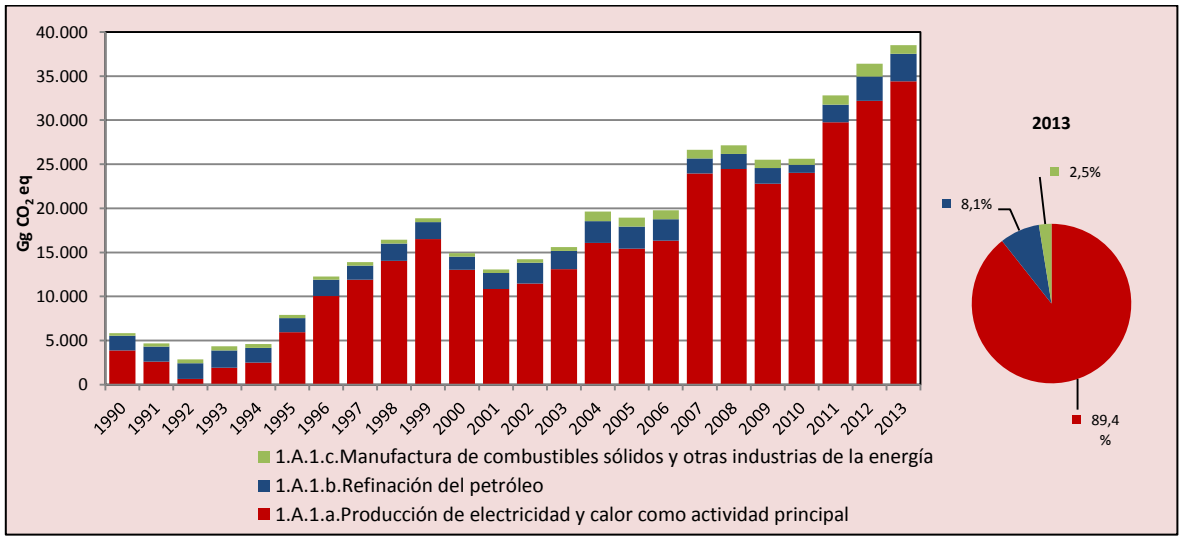
Respecto a los componentes, la *Producción de electricidad y calor como actividad principal* es el de mayor relevancia con un 89,4 %, seguido de un 8,1 % de *Refinación del petróleo* y un 2,5 % de *Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía*. Las variaciones interanuales se explican por el contexto económico de la época, por ejemplo, la crisis internacional de 2008 y los cambios en la matriz energética.

Tabla 48. 1.A.1. Industrias de la energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	3.872,4	13.036,4	24.030,4	29.761,8	32.179,0	34.418,9
1.A.1.b. Refinación del petróleo	1.691,8	1.470,7	903,7	1.981,7	2.784,8	3.120,3
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	279,6	402,1	689,3	1.056,6	1.424,8	979,2
Total	**5.843,8**	**14.909,2**	**25.623,4**	**32.800,0**	**36.388,6**	**38.518,4**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 40. 1.A.1. Industrias de la energía: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

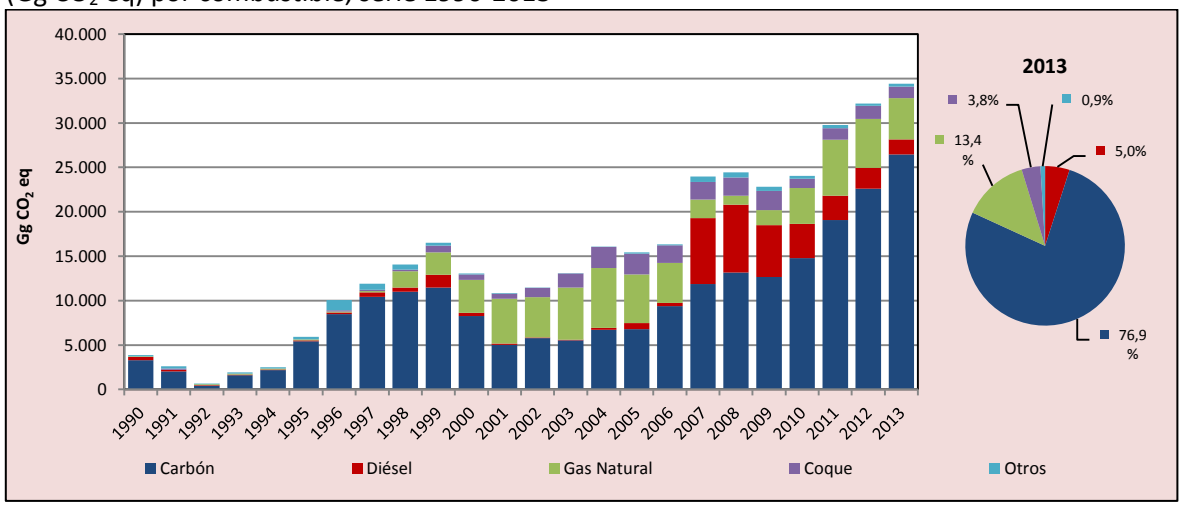
Para analizar el comportamiento de las emisiones del componente *Producción de electricidad y calor como actividad principal* se puede observar la tendencia de la generación eléctrica en Chile por tipo de fuente. A nivel de tipo de combustible, en 2013 el carbón es la fuente de mayor emisión con un 76,9 %, seguido de 13,4 % del gas natural, 5,0 % de diésel y un 3,8 % de coque. El restante 0,9 % es debido a otros combustibles (Tabla 49 y Figura 41).

Tabla 49. 1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013

Combustible	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Diésel	327,1	353,7	3.827,0	2.755,7	2.336,0	1.708,6
Carbón	3.304,6	8.266,0	14.794,1	19.054,0	22.614,8	26.457,5
Gas Natural	73,0	3.696,9	4.057,7	6.286,2	5.490,8	4.619,3
Coque	0,0	616,9	1.044,1	1.321,2	1.480,1	1.309,2
Otros	167,6	103,0	307,5	344,6	257,3	324,3
Total	**3.872,4**	**13.036,4**	**24.030,4**	**29.761,8**	**32.179,0**	**34.418,9**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

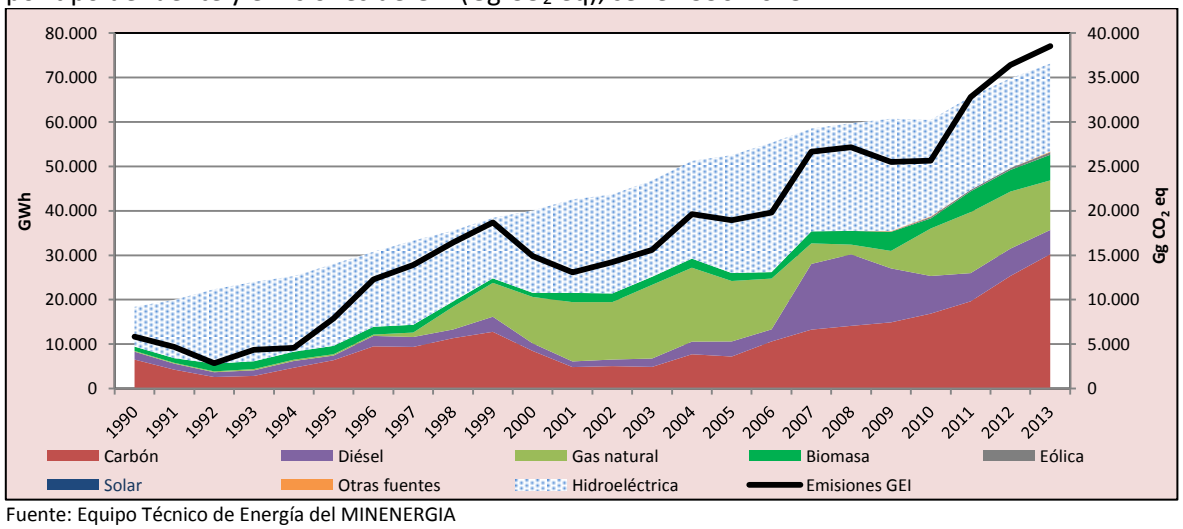
Figura 41. 1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Al analizar las emisiones de GEI comparándolas con las curvas de generación eléctrica (GWh) de distintas fuentes (Figura 42), se aprecia que los máximos de emisión se presentan cuando decrece la generación por fuente hidráulica y aumenta el consumo de diésel y especialmente carbón, como se observa en 1999, 2008 y 2012-2013. La situación contraria ocurre en los períodos 1990-1992 y 2005-2006, donde se ve el aumento de la fuente hidráulica y una disminución en la tendencia de aumento de las emisiones de la subcategoría. Cabe destacar la influencia del uso del gas natural en las emisiones de GEI. En el período 1999-2005 se observa cómo disminuyen las emisiones de GEI debido al aumento del consumo de gas natural a raíz de la entrada de una gran oferta de este combustible desde Argentina, que desplaza el consumo de carbón y diésel. Asimismo, desde 2007 se aprecia cómo el corte del suministro de gas natural, acompañado de una menor oferta hídrica debido a las sequías, produce un aumento en el consumo de diésel y carbón, lo que incrementa a su vez las emisiones de GEI, con lo que se retoma la tendencia al alza observada entre 1990 y 1998.

Figura 42. 1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal: generación eléctrica por tipo de fuente y emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

* Los datos de emisiones No consideran autoproducción, solo servicio público. Estos datos son preliminares
** Los datos de generación sí consideran autoproducción

3.2.8.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* (descrito en la sección 3.2.3. *supra*) usando datos de actividad desde el BNE y factores de emisión por defecto.

El Tabla 50 resume los métodos que se aplicaron para cada componente de la subcategoría. Es importante mencionar que en Chile no existe un mercado en el que se ofrezca energía en forma de calor, por lo que el combustible consumido para cogeneración y generación de calor como energía queda reportado en el BNE como autoconsumo y consumo de la industria. Por lo tanto, las emisiones de GEI de los componentes *Generación combinada de calor y energía* y *Plantas generadoras de energía* están incluidas dentro de la categoría *Industrias manufactureras y de la construcción.*

Tabla 50. 1.A.1. Industrias de la energía: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.1. Industrias de la energía	**T1, IE**	**D, IE**	**T1, IE**	**D, IE**	**T1, IE**	**D, IE**
1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.1.a.ii. Generación combinada de calor y energía (CHP)	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.1.a.iii. Plantas generadoras de energía	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.1.b. Refinación del petróleo	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.1.c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.1.c.ii. Otras industrias de la energía	T1	D	T1	D	T1	D

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.2.8.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Todos los datos de actividad de las emisiones de la subcategoría provienen de los BNE de las series anuales desde 1990 hasta el 2013. La Tabla 51 y Tabla 52 presentan los valores correspondientes.

Tabla 51. 1.A.1. Industrias de la energía: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013

Años	Gasolina para motor	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/Diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Nafta	Alquitrán
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1990	0,0	0,0	0,0	5.470,4	8.918,7	36,4	0,0	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	3.613,5	10.013,2	67,4	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	1.651,9	8.501,1	35,2	0,0	0,0
1993	0,0	0,0	0,0	1.760,0	8.076,3	36,9	0,0	0,0
1994	0,0	0,0	0,0	1.760,9	7.760,2	25,5	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	2.391,5	8.610,7	17,2	0,0	0,0

1996	0,0	0,0	0,0	3.204,0	20.733,7	99,8	0,0	0,0
1997	0,0	0,0	0,0	7.566,2	12.011,4	110,1	0,0	0,0
1998	0,0	0,0	0,0	6.905,3	13.006,9	115,9	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	0,0	20.625,8	6.681,7	157,1	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	5.117,6	2.088,2	24,6	2.951,3	0,0
2001	0,0	0,0	0,0	2.584,1	2.414,3	6,2	3.830,3	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	1.867,5	1.479,6	4,8	8.495,9	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	1.428,1	1.042,1	127,9	5.294,0	0,0
2004	0,0	0,0	1,0	3.285,5	1.336,0	1.188,5	7.754,9	761,3
2005	0,0	0,0	9,0	9.273,1	3.276,9	49,2	5.230,5	676,7
2006	0,0	0,0	3,6	4.765,8	2.627,8	190,8	7.574,7	781,4
2007	6,8	0,0	1,4	100.822,8	10.480,7	3.392,8	6.540,4	707,8
2008	3,9	0,0	0,0	104.043,0	10.217,7	5.068,9	4.469,8	700,2
2009	1,4	0,0	0,0	78.555,1	8.841,5	7.654,8	4.206,7	652,0
2010	0,0	0,0	0,0	51.649,8	5.784,6	3.179,3	2.824,3	243,2
2011	0,0	1,5	0,0	37.264,9	4.679,9	2.553,0	5.315,1	703,9
2012	4.447,1	0,0	188,9	31.850,0	3.136,4	14.582,2	6.485,3	686,7
2013	3.433,1	0,0	0,0	24.799,3	5.144,2	7.898,7	4.396,6	638,2

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Tabla 52. 1.A.1. Industrias de la energía: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 (continuación)

Años	Gas de refinería	Otro carbón bituminoso	Coque para horno de coque y coque de lignito	Gas de fábrica de gas	Gas de alto horno	Gas natural	Madera y desechos de madera	Otro biogás
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1990	4.812,7	34.753,5	0,0	233,6	1.036,2	15.677,6	0,0	0,0
1991	5.154,8	21.191,9	1.340,2	339,1	1.311,3	14.405,5	0,0	0,0
1992	5.819,0	4.291,7	0,0	165,8	1.533,6	16.291,1	0,0	0,0
1993	6.411,7	16.845,5	0,0	256,2	1.827,5	20.217,4	0,0	0,0
1994	6.980,4	22.743,1	0,0	237,4	1.635,4	15.247,0	0,0	0,0
1995	8.464,0	56.794,2	0,0	448,4	1.194,5	14.756,6	0,0	0,0
1996	10.938,0	89.055,3	1.344,4	335,4	1.450,7	14.062,0	1.157,4	0,0
1997	9.403,1	109.507,9	1.340,2	474,9	1.443,1	16.222,3	1.700,1	0,0
1998	13.960,9	115.569,1	1.841,6	474,8	1.563,8	44.042,8	1.244,9	0,0
1999	13.563,1	120.521,0	7.087,8	256,2	1.590,2	60.283,8	1.169,4	0,0
2000	8.118,0	86.931,4	5.739,5	380,6	1.458,3	78.340,1	1.077,9	0,0
2001	9.140,2	52.709,3	5.453,1	248,7	1.575,1	104.519,9	1.169,4	0,0
2002	9.925,6	60.600,6	9.744,8	267,5	1.447,0	99.346,8	851,2	0,0
2003	10.127,1	58.039,1	14.660,9	309,0	1.544,9	123.431,4	934,7	0,0
2004	10.096,1	70.493,2	22.229,9	992,7	3.695,3	140.720,8	492,9	0,0
2005	12.245,0	71.472,0	21.579,9	971,2	3.427,1	121.304,3	805,1	0,0
2006	12.944,4	98.748,3	18.523,9	1.468,9	3.243,5	99.065,3	672,0	0,0
2007	7.812,5	124.949,9	18.676,2	1.181,5	3.044,8	42.491,8	986,4	0,0
2008	13.909,3	138.393,1	19.185,0	1.292,3	3.110,5	18.473,8	856,6	0,0
2009	14.315,0	133.269,8	20.016,1	1.018,2	2.691,0	31.083,9	0,0	0,0
2010	6.845,4	155.586,9	9.713,8	1.656,1	1.962,6	72.821,2	0,0	0,0
2011	7.364,0	200.387,3	12.291,5	1.196,6	3.348,0	130.595,7	0,0	0,0
2012	6.584,6	237.834,9	13.770,4	336,2	5.184,3	109.529,7	6.788,9	0,0
2013	6.615,8	278.248,5	12.180,4	76,3	2.790,5	111.211,4	21.658,6	305,9

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Para usar los datos del BNE se tuvieron que hacer algunos arreglos para mantener la consistencia de los datos entre todos los años de la serie. En el 2004, el BNE comenzó a reportar por separado los consumos de combustible en *Centros de transformación* y *Sector energético* (consumo propio de la industria energética). Para mantener la consistencia se analizaron las tendencias de los consumos, tanto por subsector como por combustible. Para cada combustible se tomó un rango de años entre el 2004 y el 2013 en que se mantuvieran estables los datos y se calculó un factor de

proporción. Con este valor proporcional se separó el sector *Centros de transformación,* entre el 1990 y 2003, en *Centros de transformación* y *Sector energético*. La gran mayoría de los factores resultó ser 1 o 0, ya que en general, un combustible se utiliza particularmente en un subsector (ya se para transformarlo o como consumo de la propia empresa). Las únicas excepciones fueron el gas natural para la refinería y gas licuado en producción de gas de fábrica. Los factores que se usaron en estos casos se presentan en Tabla 53.

Tabla 53. 1.A.1. Industrias de la energía: factores para desagregación de Centros de transformación entre 1990 y 2003

Gas natural	Sector energético	Centro de transformación	Rango de años
Gas licuado - Producción de Gas de fábrica	13,8 %	86,2 %	2006 - 2004
Gas natural – Refinería	71,4 %	28,6 %	2013 - 2004

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en BNE 1990-2013

Por otro lado, en 1990 y 1993 se observó que los BNE presentaban consumo de combustibles solo para *Autogeneración* y cero para *Servicio público*. En este caso se calculó un factor por combustible promediando 1992, 1994 y 1995 para obtener el consumo de *Servicio público*.

Adicionalmente, en 2012 y 2013 se agregaron dos energéticos al BNE; gas de coque y coque de petróleo. El primero antes se sumaba a gas de fábrica y el segundo a coque mineral. Para mantener la coherencia temporal, y como se tiene muy pocos años de referencia, se agregaron de la misma manera que antes. El gas de coque se sumó a gas de fábrica y el coque de petróleo se sumó a coque mineral.

3.2.8.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión de los combustibles usados para la estimación de las emisiones de GEI de la subcategoría fueron factores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 54 presenta los factores de emisión usados.

Tabla 54. 1.A.1. Industrias de la energía: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría

Combustible	kg CO_2/TJ	kg CH_4/TJ	kg N_2O/TJ
Gasolina para motor	69.300	3	0,6
Queroseno para motor a reacción	71.500	3	0,6
Otro queroseno	71.900	3	0,6
Gas/Diésel oil	74.100	3	0,6
Fuelóleo residual	77.400	3	0,6
Gases licuados de petróleo	63.100	1	0,1
Nafta	73.300	3	0,6
Alquitrán	80.700	3	0,6
Gas de refinería	57.600	1	0,1
Otro carbón bituminoso	94.600	1	1,5
Coque para horno de coque y coque de lignito	107.000	1	1,5
Gas de fábrica de gas	44.400	1	0,1
Gas de alto horno	260.000	1	0,1
Gas natural	56.100	1	0,1
Madera y desechos de madera	112.000	30	4,0
Biogás	54.600	1	0,1

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 2.2; Capítulo 2; Volumen 2)

3.2.8.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para cada tipo de combustible y para cada GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 55.

Tabla 55. 1.A.1. Industrias de la energía: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	CH_4	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Biomasa	N_2O	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles gaseosos	N_2O	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles gaseosos	CH_4	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles gaseosos	CO_2	1,0%	1,0%	5,0%	5,0%	5,1%	5,1%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles líquidos	CO_2	1,0%	1,0%	5,0%	5,0%	5,1%	5,1%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles líquidos	CH_4	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles líquidos	N_2O	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles sólidos	N_2O	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles sólidos	CH_4	1,0%	1,0%	70,0%	230,0%	70,0%	230,0%
1.A.1.	Industrias de la energía - Combustibles sólidos	CO_2	1,0%	1,0%	5,0%	5,0%	5,1%	5,1%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Con respecto a los datos de actividad, el BNE de Chile no cuenta con una estadística sobre la exactitud e incertidumbre de los datos. Dado esto, el Equipo Técnico de Energía (elaboradores del BNE) aplicó los valores de incertidumbre recomendados por las *Directrices del IPCC de 2006* que para «sistema estadístico menos desarrollado» y «por Sondeo» debería ser entre ±1 % y ±2 % (Cuadro 2.15; Capítulo 2; Volumen 2). Tomando este rango como referencia y de acuerdo a los elaboradores del BNE se definió una incertidumbre del ±1 % para todos los combustibles de esta subcategoría.

Con respecto a los factores de emisión, se usaron FE por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. Dado esto, se aplicaron valores de incertidumbre inferidos a partir de los valores superiores e inferiores reportados por las *Directrices del IPCC de 2006*. Para el CO_2 la incertidumbre usada es ±5 % (Cuadro 2.2; Capítulo 2; Volumen 2), mientras que para CH_4 y N_2O fueron entre –70 % y +230 % (Cuadro 2.2; Capítulo 2; Volumen 2). Para estimarlos se calcularon los porcentajes que representan los valores superiores e inferiores con respecto al valor central para los principales combustibles usados en Chile. Luego se tomó el mayor valor y se truncaron los decimales.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto.

3.2.8.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. La principal fuente de datos, el BNE, contiene variaciones en su elaboración a lo largo del tiempo. Por

lo tanto, el Equipo Técnico de Energía ha tenido que realizar cambios y ajustes, los cuales se detallan en la sección 3.2.8.3.1. *supra*.

3.2.8.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

3.2.8.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Energía se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Energía. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_1ENER*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos:

- Revisión detallada de cada archivo anual del BNE, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Generación de una planilla consolidada de datos de actividad que traduce mediante vínculos automatizados los valores del BNE al formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos. Evitando la transcripción manual de datos y posibles errores asociados.
- Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.
- Chequeo de la importación de datos desde los BNE a la planilla anual consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Verificar que los datos o parámetros que se repiten en varios años sean consistentes
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.

Verificación de cálculos:

- Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Comparación de resultados con procedimiento anterior y el actual
- Comparación de resultados del método sectorial versus *Método de referencia*.

Verificación de la documentación

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

Verificación del informe

- Verificar que las tablas e imágenes del informe correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

3.2.8.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Energía*, el Equipo Técnico de Energía ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Energía como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_1ENER*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

3.2.8.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

3.2.8.7. Recálculos

3.2.8.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se redefinieron algunas clasificaciones para hacerlas más cercanas a lo que se describe en las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 56 se presentan los cambios en categorías de fuente que se realizaron.

Tabla 56. 1.A.1. Industrias de la energía: cambio de categorías de fuente

Subcategorías IPCC	Procedimiento 2014: Industrias BNE	Procedimiento 2016: Industrias BNE
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	Electricidad: Generadoras de Servicio Público y Autogeneradoras	Electricidad: Generadoras de Servicio Público
1.A.1.b. Refinación del Petróleo	Petróleo Gas Natural	Petróleo Gas Natural
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	Gas coque: Gas Corriente	Gas coque: Gas Corriente
	Gas coque: Siderurgia	Gas coque: Siderurgia
	Carbón Leña	
1.A.1.c.ii. Otras industrias de la energía	Gas Natural - Metanol	Carbón Leña
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción		Autogeneradoras Gas Natural - Metanol

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Autogeneradoras

De acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, el subcomponente *Generación de electricidad* incluye <<*las emisiones de todos los usos de combustible para la generación de electricidad de productores como actividad principal*>>. Por lo tanto, la autogeneración reportada en el BNE corresponde a emisiones de la industria manufacturera que la produjo. Para desagregar el consumo de la autogeneración en los componentes de *Industrias manufactureras y de la construcción*, se usó información adicional del BNE que no es pública. Esta corresponde a las planillas con los datos reportados por las empresas, que contiene la información base para la construcción del BNE.

Carbón y Leña

De acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, la categoría *Otras industrias de la energía* incluye <<*las emisiones procedentes del uso de la energía propia para la producción de carbón vegetal […], como así también combustible usado para la minería de carbón*>>. Esta categoría también debería incluir <<*el procesamiento y la refinación del gas natural*>> sin embargo no se cuenta con esta información desagregada desde el BNE. Para un futuro inventario esta categoría se podría desagregar.

Gas Natural – Metanol

Esta categoría del BNE corresponde a la producción de metanol a partir de gas natural. En el ISGEI de Energía anterior, esta categoría se clasificó en *Otras industrias de la energía* ya que el BNE lo clasifica como parte del sector energético; sin embargo, de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* esta categoría corresponde a *Sustancias químicas* de *Industrias manufactureras y de la construcción* por lo que en este inventario se cambiaron a la categoría correspondiente.

Por otro lado, con respecto a factores de emisión, en el INGEI 2014 (serie 1990-2010) se consideró el metanol como *Otros productos del petróleo* con su factor de emisión por defecto. Para este inventario se calculó el factor de emisión del metanol de acuerdo a su contenido de carbono y asumiendo un factor de oxidación de 1. Se recomienda, si es posible para este inventario o para el siguiente, cambiar el nombre de <<Otros productos del petróleo>> por uno más representativo.

3.2.8.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

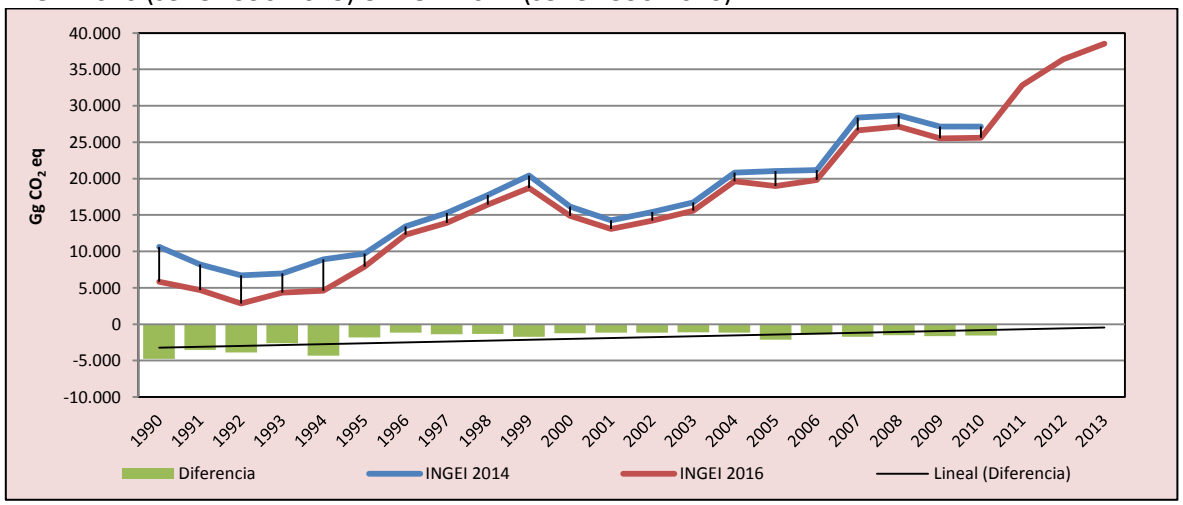
En la Tabla 57 y Figura 43 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia entre los resultados de ambos inventarios se debe a las reclasificaciones que se realizaron, en donde las emisiones de GEI de los autogeneradores de esta subcategoría pasaron a contabilizarse en la subcategoría *Industrias manufactureras y de la construcción,* al igual que la industria del metanol. Por esto es que se observa una disminución en las emisiones de *Industrias de la energía*.

Tabla 57. 1.A.1. Industrias de la energía: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	10.609,9	16.157,0	27.153,3			
INGEI 2016	5.843,8	14.909,2	25.623,4	32.800,0	36.388,6	38.518,4
Diferencia	**-4.766,1**	**-1.247,7**	**-1.529,9**			
Diferencia %	**-81,6%**	**-8,4%**	**-6,0%**			

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 43. 1.A.1. Industrias de la energía: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.8.8. Plan de mejoramiento

Con base en las recomendaciones como resultado de los procesos de revisión externa (garantía de la calidad) y al análisis propio del Equipo Técnico de Energía, el plan de mejoramiento de sector *Energía* se basa en su mayoría a acciones para mejorar la calidad de las estadísticas energéticas nacionales mediante el mejoramiento del BNE.

Mejoras específicas para la presente subcategoría no se contemplan en la actualidad. Aunque cabe señalar que se evaluó usar datos de contenido de carbono de los productos de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) para hacer una estimación de los factores de emisión específicos del país, sin embargo, ENAP declaró que no miden esta variable. Para el siguiente ISGEI de Energía se propone como alternativa analizar las importaciones de energéticos, y si se cuenta con cobertura suficiente de algún energético, la idea es usar factores específicos de los países de la procedencia de los combustibles.

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

3.2.9.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en la industria, incluyendo la quema para generación de electricidad y calor para el uso propio de estas industrias. Se excluyen las industrias del rubro energético consideradas en la subcategoría *Industrias de la energía*.

En la Tabla 58 se presentan sus componentes y respectivamente los sectores del BNE que lo comprenden. En la sección de aspectos metodológicos se explica por qué hay componentes que no se consideran.

Tabla 58. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: componentes y supuestos relevantes

Componente	Definiciones IPCC	Sector BNE	Observaciones
1.A.2.a. Hierro y acero	Grupo 271 y Clase 2731 de la ISIC	Siderurgia	Incluye industrias y fundiciones que trabajan con hierro y acero
1.A.2.c. Sustancias químicas	División 24 de la ISIC	Petroquímica	La fabricación de sustancias químicas y productos químicos, principalmente industria petroquímica,
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Divisiones 21 y 22 de la ISIC	Papel y celulosa	No incluye imprenta, solo producción de celulosa y papel.
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Divisiones 15 y 16 de la ISIC	Azúcar	Incluye solo la producción de azúcar. Las otras industrias de alimentos se reportan en Industrias varias.
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Incluye productos tales como porcelana, cemento, etc.; división 26 de la ISIC	Cemento	Incluye solo la industria del cemento.
1.A.2.i. Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Divisiones 13 y 14 de la ISIC	Cobre, Salitre, Hierro y Minas varias	Incluye las emisiones de la minería que se desarrolla en Chile (excepto la carbonífera) incluyendo la explotación, extracción y los procesos metalúrgicos asociados.
1.A.2.m. Industria no especificada	Toda la industria manufacturera y de la construcción no incluida más arriba o para la que no hay datos disponibles por separado.	Industrias Varias	Incluye todas las industrias no incluidas en las categorías ya mencionadas.

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.9.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 14.282,3 Gg CO_2 eq (representando el 16,8 % de las emisiones de GEI del sector *Energía*), incrementándose en un 16,5 % desde 1990, sin embargo, han disminuido en un 3,5 % desde 2010 (Tabla 59 y Figura 44). Esta leve disminución se debe a que, en general, la actividad de la industria manufacturera en Chile no ha aumentado significativamente en los últimos veinte años y el crecimiento económico del país está más relacionado con actividades del comercio y los servicios. Las principales causantes de las variaciones interanuales son la minería del cobre, la desaparición de algunas industrias por la competencia internacional y los costos de producción (azúcar y siderurgia), y la *industria no especificada* que por su definición tiene alta variabilidad.

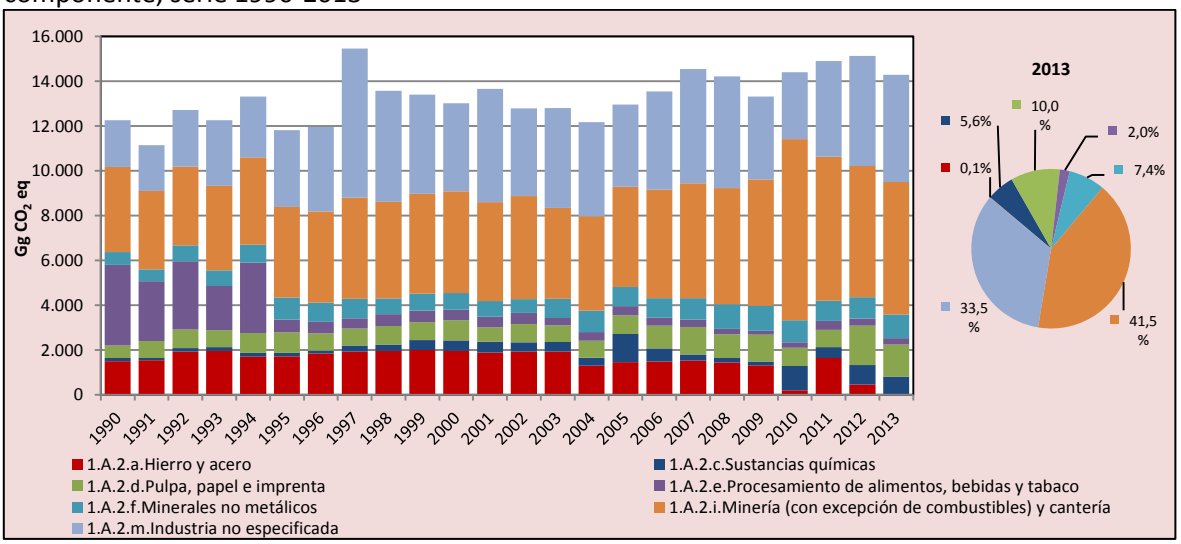
Respecto a los componentes, la *Minería (con excepción de combustibles) y cantería* es el de mayor relevancia con un 41,5 %, seguido de un 33,5 % de *Industria no especificada*, 10,0 % *Pulpa, papel e imprenta*, 7,4 % de *Minerales no metálicos*, 5,6 % de *Sustancias químicas*, 2,0 % *Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco*, y *Hierro y acero* un 0,1 %.

Tabla 59. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.2.a. Hierro y acero	1.494,9	1.948,4	587,0	1.635,1	457,2	9,2
1.A.2.c. Sustancias químicas	141,1	472,1	1.097,0	490,8	863,1	798,1
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	555,7	906,6	804,2	771,1	1.762,3	1.427,9
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	3.599,4	471,2	250,9	393,3	318,7	285,9
1.A.2.f. Minerales no metálicos	572,5	745,8	985,7	902,2	957,3	1.054,3
1.A.2.i. Minería (con excepción de combustibles) y cantería	3.799,6	4.539,8	8.092,0	6.437,7	5.854,3	5.923,5
1.A.2.m. Industria no especificada	2.094,3	3.923,4	2.984,9	4.270,9	4.910,0	4.783,4
Total	**12.257,5**	**13.007,4**	**14.801,8**	**14.901,0**	**15.122,8**	**14.282,3**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 44. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

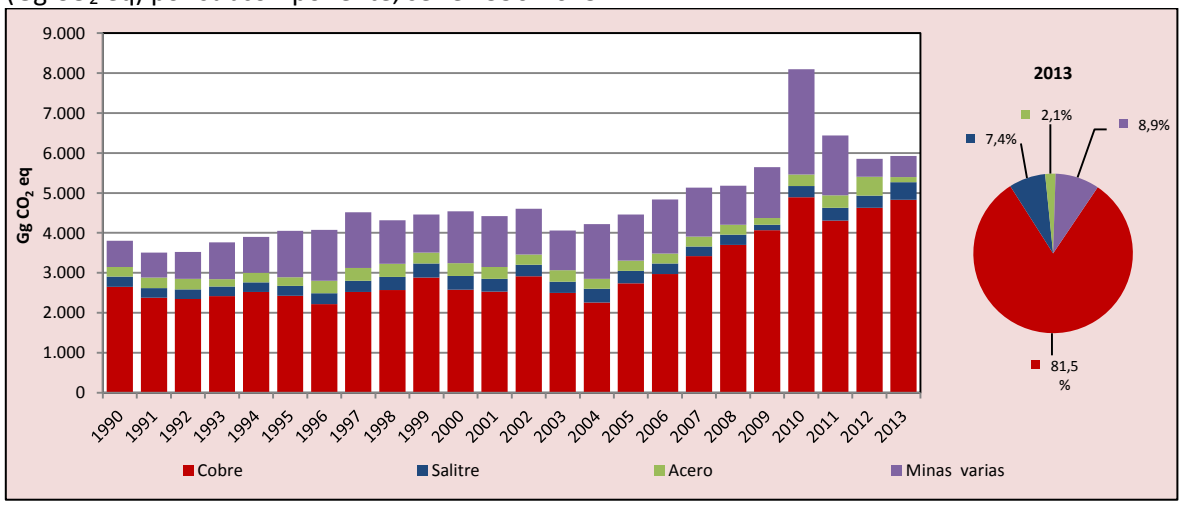
Para Chile la minería es su principal industria, por lo que es importante conocer en detalle sus emisiones. El cobre es la minería de mayor consumo energético con un 81,5 % de las emisiones en 2013, seguido de un 8,9 % de minas varias, 7,4 % de salitre y 2,1 % de acero (Tabla 60 y Figura 45). Se observa que en 2010 hubo un incremento fuera de la tendencia, lo que de acuerdo con los datos del BNE se debe a un aumento en el consumo de gas natural en la minería del cobre y en minas varias. Sin embargo, es probable que este aumento se deba más bien a una diferencia en la metodología de elaboración del BNE para ese año.

Tabla 60. 1.A.2.i. Minería (con excepción de combustibles) y cantería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Cobre	2.649,9	2.574,2	4.895,9	4.309,8	4.627,9	4.829,2
Salitre	254,1	348,0	273,8	320,9	305,1	439,7
Acero	239,5	320,4	291,2	312,2	467,7	124,8
Minas varias	656,2	1.297,3	2.631,0	1.494,7	453,5	529,8
Total	**3.799,6**	**4.539,8**	**8.092,0**	**6.437,7**	**5.854,3**	**5.923,5**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 45. 1.A.2.i. Minería (con excepción de combustibles) y cantería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.9.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* (descrito en la sección 3.2.3. *supra*) usando datos de actividad desde el BNE y factores de emisión por defecto.

La Tabla 61 resume los métodos que se aplicaron para cada componente de la subcategoría. Para la elaboración de esta subcategoría se tomó la desagregación que se realiza en el BNE la que solo incluye algunos de los componentes propuestos por las *Directrices del IPCC de 2006*. Sin embargo, de acuerdo a los elaboradores del BNE se estableció que las categorías no desagregadas están incluidas en *Industria no especificada* y en el caso de los *Metales no ferrosos* se consideran dentro de *Minería*.

Tabla 61. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	**T1, IE**	**D, IE**	**T1, IE**	**D, IE**	**T1, IE**	**D, IE**
1.A.2.a. Hierro y acero	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.2.b. Metales no ferrosos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.c. Sustancias químicas	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.2.f. Minerales no metálicos	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.2.g. Equipo de transporte	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.h. Maquinaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.i. Minería (con excepción de combustibles) y cantería	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.2.j. Madera y productos de la madera	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.k. Construcción	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.l. Textiles y cueros	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.m. Industria no especificada	T1	D	T1	D	T1	D

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.2.9.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Todos los datos de actividad de las emisiones de la subcategoría provienen de los BNE de las series anuales desde 1990 hasta 2013. La Tabla 62 y Tabla 63 presentan los valores correspondientes.

Tabla 62. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013

Años	Gasolina para motor	Gasolina para la aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/Diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Nafta	Alquitrán
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1990	0,0	0,0	0,0	2.088,2	28.284,2	40.580,9	2.363,9	43,8	0,0
1991	0,0	0,0	0,0	2.601,3	25.540,8	39.621,6	2.415,4	51,7	556,8
1992	0,0	0,0	0,0	2.239,3	27.447,4	45.401,4	2.841,2	59,7	580,7
1993	0,0	0,0	0,0	2.481,9	29.754,6	50.145,8	4.062,0	151,2	690,5
1994	0,0	0,0	0,0	1.849,5	31.810,0	53.401,2	3.530,7	234,7	680,2
1995	0,0	0,0	0,0	2.664,9	37.515,2	58.823,2	4.555,7	449,5	715,9
1996	0,0	0,0	0,0	6.523,0	43.985,4	49.102,5	4.789,3	183,0	799,5
1997	0,0	0,0	0,0	6.029,8	51.561,8	51.945,1	5.621,3	580,7	730,3
1998	0,0	0,0	0,0	5.866,8	48.160,5	44.920,8	9.231,9	652,3	751,7
1999	0,0	0,0	0,0	2.700,7	47.302,4	41.855,2	7.347,8	1.905,2	735,8
2000	0,0	0,0	0,0	2.398,4	45.654,5	38.374,3	6.436,0	270,5	696,1
2001	0,0	0,0	0,0	1.964,9	55.903,7	28.862,6	4.649,9	246,6	680,2
2002	0,0	0,0	0,0	1.622,8	53.413,5	24.682,0	6.088,6	250,6	715,9
2003	0,0	0,0	0,0	1.471,7	55.333,8	25.118,4	5.500,2	131,3	727,9
2004	0,0	0,0	0,0	1.063,4	58.809,0	18.974,4	5.619,5	75,0	0,0
2005	0,0	0,0	0,0	999,9	58.638,5	21.686,9	6.469,8	55,2	0,0
2006	0,0	0,0	0,0	1.043,7	73.369,8	25.068,5	6.864,0	9,3	0,0
2007	0,0	0,0	0,0	1.210,8	85.625,0	38.208,5	12.703,9	22,8	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	1.137,4	87.057,8	40.768,0	13.033,1	69,7	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	1.611,1	86.297,1	31.146,5	12.231,1	0,0	0,0

Años	Gasolina para motor	Gasolina para la aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/Diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Nafta	Alquitrán
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
2010	0,0	0,0	0,0	2.103,0	82.181,0	27.377,0	12.871,1	0,0	0,0
2011	98,9	2,0	579,4	689,2	95.055,0	33.663,0	9.652,4	2,4	0,0
2012	0,0	2,1	608,5	1.039,9	104.062,4	33.598,1	12.567,7	0,0	0,0
2013	0,0	1,0	1.454,3	619,9	100.552,7	28.700,4	11.598,6	0,0	0,0

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Tabla 63. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 (continuación)

Años	Gas de refinería	Otros productos del petróleo	Otro carbón bituminoso	Coque para horno de coque y coque de lignito	Gas de fábrica de gas	Gas de alto horno	Gas natural	Madera y desechos de madera
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1990	19,9	604,6	52.754,5	7.056,0	2.498,3	2.151,6	2.574,2	31.779,9
1991	19,9	409,7	42.690,1	6.483,3	3.233,0	2.543,5	1.998,7	39.193,9
1992	31,8	624,5	48.397,7	8.265,2	3.598,6	3.169,0	2.487,5	49.046,1
1993	27,8	731,9	35.847,9	9.001,0	4.065,8	3.161,5	2.586,3	34.965,9
1994	27,8	1.077,9	43.668,5	9.891,9	4.039,4	2.615,1	2.746,6	35.932,4
1995	23,9	938,7	16.120,6	11.323,8	4.160,0	2.543,5	2.605,2	39.512,1
1996	27,8	1.010,3	18.065,6	9.569,8	4.303,2	2.999,4	2.690,0	42.391,8
1997	26,1	1.227,2	38.739,7	9.898,3	3.945,6	2.826,1	15.871,5	36.058,2
1998	27,8	1.244,9	23.522,7	10.997,7	3.651,3	2.852,5	15.805,5	47.216,4
1999	0,0	1.229,0	23.960,2	11.522,7	3.579,7	2.852,5	20.831,7	50.808,1
2000	0,0	1.400,1	20.437,1	8.913,5	3.628,7	2.660,3	35.993,3	57.035,0
2001	23,9	1.205,2	27.261,2	9.283,4	3.662,6	2.618,8	37.847,5	54.416,9
2002	23,9	1.595,0	21.110,1	9.132,3	3.447,8	2.713,1	40.290,3	56.850,2
2003	23,9	0,0	18.218,1	11.140,9	3.794,5	2.694,2	41.385,6	46.718,6
2004	19,0	0,0	19.934,2	7.944,2	3.128,8	1.386,2	44.962,9	55.635,5
2005	14,6	2.022,2	17.390,7	10.656,0	3.140,5	1.098,7	52.542,5	66.494,0
2006	0,0	2.199,0	17.567,8	10.576,5	3.359,8	972,6	38.062,3	71.274,9
2007	12,9	2.069,8	17.238,3	11.134,5	3.148,9	963,1	14.187,9	80.479,0
2008	12,2	2.053,8	15.608,3	11.622,7	2.822,0	659,7	6.056,7	85.312,6
2009	13,2	1.778,2	8.346,6	16.245,4	2.672,5	624,0	8.760,2	86.021,5
2010	8.878,7	0,0	9.745,0	10.771,4	1.339,8	284,8	48.547,3	75.687,7
2011	2.214,2	400,2	8.752,5	17.147,1	2.762,3	1.199,9	19.115,6	90.943,9
2012	0,0	0,0	7.373,5	11.193,0	0,0	0,0	27.935,8	207.544,0
2013	15,7	0,0	5.421,7	10.275,1	0,7	0,0	29.255,7	229.704,5

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

La principal fuente de datos para esta subcategoría es el BNE; sin embargo, fue necesario usar información adicional para desagregar la autogeneración por industria, ya que en el BNE es parte de la generación eléctrica. Para esto se recurrió a los datos base confidenciales levantados en las planillas y encuestas con los cuales se elabora el BNE y poseen una mayor desagregación.

Según información del BNE, en Chile se usan ocho combustibles para la autogeneración; la biomasa, gas de refinería, carbón, gas licuado y gas de fábrica son usados por solo una industria, por lo que se asignan directamente; el diésel, gas natural y fueloil son usados por una mayor variedad de industrias, por lo que se deben desagregar con información adicional que solo se posee para la serie 2000-2013, y se proyecta hasta 1990. Para esto último, se calcularon los factores de desagregación por combustible para los datos disponibles (2000-2013), se analizó la estabilidad de los datos, los cuales no poseen grandes fluctuaciones, y se promedió para obtener un factor que se utilizó en el resto de la serie (Tabla 64).

Tabla 64. 1.A.2. Industria manufacturera y de la construcción: factores para desagregación de Autoproductores entre 1990-1999

Sector del BNE	Diésel	Gas natural	Fueloil
INDUSTRIAL Y MINERO :	87,9%	0,3%	97,3%
COBRE :	9,8%	0,0%	61,1%
SALITRE :	11,7%	0,0%	1,9%
HIERRO :	4,0%	0,0%	0,0%
PAPEL Y CELULOSA :	5,9%	0,3%	29,9%
SIDERURGIA :	0,5%	0,0%	0,6%
PETROQUIMICA :	0,1%	0,0%	0,0%
CEMENTO :	2,2%	0,0%	3,6%
AZUCAR :	0,1%	0,0%	0,0%
PESCA :	14,4%	0,0%	0,0%
IND VARIAS :	31,2%	0,0%	0,3%
MINAS VARIAS :	8,1%	0,0%	0,0%
CENTROS DE TRANSFORMACION :	12,1%	99,7%	2,7%
ELECTRICITY :	0,0%	0,0%	2,7%
GAS Y COKE :	0,2%	55,4%	0,0%
PETROLEO Y GAS NATURAL :	11,6%	44,3%	0,0%
GAS NATURAL - METANOL	0,2%	0,3%	0,0%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en BNE 1990-2013

Los consumos para autogeneración se sumaron a los consumos directos reportados por las diversas industrias incluyendo industria energética, manufacturera y minería y pesca. La industria petroquímica incluye la producción de metanol, que utiliza gas natural para su elaboración, en donde se reporta que el 100 % de su uso es no energético; sin embargo, de acuerdo a los últimos reportes de la empresa productora, una parte se utiliza para consumo propio. Este consumo se ve reflejado solo en el BNE 2013. Para mantener una coherencia temporal, este consumo se extiende para toda la serie otorgándole un factor del 6 %. Este factor fue definido en el INGEI 2010 basado en comunicaciones con la empresa y coincide con el porcentaje reportado en 2013 y 2014.

Otro cambio realizado a los datos del BNE fue la desagregación de *minas varias* entre 1990-1996. En este período se reportó el consumo de *minas varias* dentro de *industrias varias*. Para esto se sumaron las categorías de *minas varias* e *industrias varias* por combustible para los años entre 1997-2011, calculando un factor de proporción y promediándolo para obtener un factor el que se aplicó entre 1990-1996.

3.2.9.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión de los combustibles usados para la estimación de las emisiones de GEI de la subcategoría fueron casi en su totalidad factores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 65 presenta los factores de emisión usados.

Tabla 65. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría

Combustible	kg CO_2/TJ	kg CH_4/TJ	kg N_2O/TJ
Gasolina para motor	69.300	3	0,6
Gasolina para la aviación	70.000	3	0,6
Queroseno para motor a reacción	71.500	3	0,6
Otro queroseno	71.900	3	0,6
Gas/Diésel oil	74.100	3	0,6
Fuelóleo residual	77.400	3	0,6
Gases licuados de petróleo	63.100	1	0,1
Nafta	73.300	3	0,6
Alquitrán	80.700	3	0,6
Gas de refinería	57.600	1	0,1

Combustible	kg CO_2/TJ	kg CH_4/TJ	kg N_2O/TJ
Otros productos del petróleo (metanol)	63.864	3	0,6
Otro carbón bituminoso	94.600	10	1,5
Coque para horno de coque y coque de lignito	107.000	10	1,5
Gas de fábrica de gas	44.400	1	0,1
Gas de alto horno	260.000	1	0,1
Gas natural	56.100	1	0,1
Madera y desechos de madera	112.000	30	4,0

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 2.3; Capítulo 2; Volumen 2)

La única excepción es el metanol, ya que en Chile se utiliza como un energético y no así en las *Directrices del IPCC de 2006*. Este fue clasificado como *Otros productos del petróleo* según la lista de combustibles de las *Directrices del IPCC de 2006* para poder agregarlo al software, pero con un factor de emisión distinto. Este se calculó utilizando el peso molecular del metanol (CH_3OH) y su poder calorífico siguiendo el siguiente procedimiento:

Ecuación 3. Industrias manufactureras y de la construcción: factor de emisión del metano

$$\boldsymbol{FE}_{\boldsymbol{CH_3OH}} = \boldsymbol{Contenido\ de\ Carbono}_{\boldsymbol{CH_3OH}}\left[\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{TJ}}\right] \times \boldsymbol{factor\ de\ oxidación}_{\boldsymbol{CH_3OH}} \times \frac{\boldsymbol{Peso\ molecular}_{\boldsymbol{CO_2}}}{\boldsymbol{Peso\ molecular}_{\boldsymbol{C}}}$$

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 1.4; Capítulo 1; Volumen 2)

Ecuación 4. Industrias manufactureras y de la construcción: contenido de carbono del metano

$$\boldsymbol{Contenido\ de\ Carbono}_{\boldsymbol{CH_3OH}}\left[\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{TJ}}\right] = \frac{\boldsymbol{Peso\ molecular}_{\boldsymbol{C}}}{\boldsymbol{Peso\ molecular}_{\boldsymbol{CH_3OH}}} \div \boldsymbol{Poder\ calorífico}\left[\frac{\boldsymbol{TJ}}{\boldsymbol{Gg}}\right] \times \boldsymbol{1.000.000}[\boldsymbol{kg/Gg}]$$

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 1.4; Capítulo 1; Volumen 2)

Donde:

- $FE_{CH_3OH} = 63.864{,}40\ [\frac{kg}{TJ}]$
- $factor\ de\ oxidación_{CH_3OH} = 1$
- $Peso\ molecular\ _{CO_2} = 44$
- $Peso\ molecular\ _{C} = 12$
- $Peso\ molecular_{CH_3OH} = 32$
- $Poder\ calorífico\ = 21{,}53\ \left[\frac{TJ}{Gg}\right]$
- $Contenido\ de\ Carbono_{CH_3OH} = 17.417{,}56\ \left[\frac{kg}{TJ}\right]$

3.2.9.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para cada tipo de combustible y para cada GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 66.

Tabla 66. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	CH_4	50,0%	50,0%	70,0%	230,0%	86,0%	235,4%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Biomasa	N_2O	50,0%	50,0%	70,0%	230,0%	86,0%	235,4%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles gaseosos	CH_4	5,0%	5,0%	70,0%	230,0%	70,2%	230,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles gaseosos	CO_2	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	7,1%	7,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles gaseosos	N_2O	5,0%	5,0%	70,0%	230,0%	70,2%	230,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH_4	5,0%	5,0%	70,0%	230,0%	70,2%	230,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO_2	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	7,1%	7,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N_2O	5,0%	5,0%	70,0%	230,0%	70,2%	230,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH_4	5,0%	5,0%	70,0%	230,0%	70,2%	230,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO_2	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	7,1%	7,1%
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N_2O	5,0%	5,0%	70,0%	230,0%	70,2%	230,1%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Con respecto a los datos de actividad, el BNE de Chile no cuenta con una estadística sobre la exactitud e incertidumbre de los datos. Dado esto, el Equipo Técnico de Energía (elaboradores del BNE) aplicó los valores de incertidumbre recomendados por las *Directrices del IPCC de 2006* que para <<sistema estadístico menos desarrollado>> y <<por Sondeo>> debería ser entre ±2 % y ±3 % para industrias de alto consumo energético y entre ±10 % y ±15 % para otras (Cuadro 2.15, Capítulo 2, Volumen 2). Se estableció una incertidumbre de ±5 % para toda la subcategoría a excepción de los datos de actividad de consumo de Biomasa, que se estableció en un ±50 %.

Con respecto a los factores de emisión, se usaron FE por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. Dado esto, se aplicaron valores de incertidumbre inferidos a partir de los valores superiores e inferiores reportados por las *Directrices del IPCC de 2006*. Para el CO_2 la incertidumbre usada es ±5 % (Cuadro 2.3; Capítulo 2; Volumen 2), mientras que para CH_4 y N_2O fueron -70 % y +230 % (Cuadro 2.3; Capítulo 2; Volumen 2). Para estimarlos se calcularon los porcentajes que representan los valores superiores e inferiores con respecto al valor central para los principales combustibles usados en Chile. Luego se tomó el mayor valor y se truncaron los decimales. Se asumió que el metanol también tiene esta incertidumbre.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto.

3.2.9.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. La principal fuente de datos, el BNE, contiene variaciones en su elaboración a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el Equipo Técnico de Energía ha tenido que realizar cambios y ajustes, los cuales se detallan en la sección 3.2.8.3.1. *supra*.

3.2.9.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

3.2.9.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Energía se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Energía. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_1ENER*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos:

- Revisión detallada de cada archivo anual del BNE, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Generación de una planilla consolidada de datos de actividad que traduce mediante vínculos automatizados los valores del BNE al formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos. Evitando la transcripción manual de datos y posibles errores asociados.
- Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.
- Chequeo de la importación de datos desde los BNE a la planilla anual consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Verificar que los datos o parámetros que se repiten en varios años sean consistentes
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.

Verificación de cálculos:

- Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Comparación de resultados con procedimiento anterior y el actual
- Comparación de resultados del método sectorial versus *Método de referencia*.

Verificación de la documentación

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

Verificación del informe

- Verificar que las tablas e imágenes del informe correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

3.2.9.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Energía*, el Equipo Técnico de Energía ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Energía como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_1ENER*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

3.2.9.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

3.2.9.7. Recálculos

3.2.9.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

El principal cambio de esta subcategoría, que es la suma de autogeneradores en cada industria y la suma de la industria del metanol, está explicado en la sección *3.2.8.7. Recálculos* de la subcategoría de *Industrias de la energía*.

Adicionalmente se realizó una nueva desagregación, no incluida en el INGEI anterior. Entre 1990 y 1996 el componente *minas varias* se reportó junto con *industrias varias* en el BNE, asumiendo el consumo de *minas varias* igual a cero ya que no era posible obtenerlo por separado. Para el actual INGEI se cambió este supuesto, calculando mediante una proporción el consumo de *minas varias*. Para esto se sumó el consumo de *industrias varias* y *minas varias* entre 1997-2011, posteriormente se calculó el porcentaje promedio de participación de cada uno (Tabla 67). Luego esta proporción se utilizó para separar minas varias de industrias varias entre 1990-1996.

Tabla 67. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: participación de combustibles en *industrias varias* y *minas varias*

Combustible	Industrias varias	Minas varias
Gas/Diésel oil	61,5%	38,5%
Fuelóleo residual	78,3%	21,7%
Otro queroseno	83,0%	17,0%
Gases licuados de petróleo	98,2%	1,8%
Nafta	85,1%	14,9%
Gas de refinería	100,0%	0,0%
Otro carbón bituminoso	96,4%	3,6%
Coque para horno de coque y coque de lignito	100,0%	0,0%
Alquitrán	90,7%	9,3%
Gas de fábrica de gas	100,0%	0,0%
Gas natural	94,3%	5,7%
Otros productos del petróleo	100,0%	0,0%
Madera y desechos de madera	100,0%	0,0%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.9.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

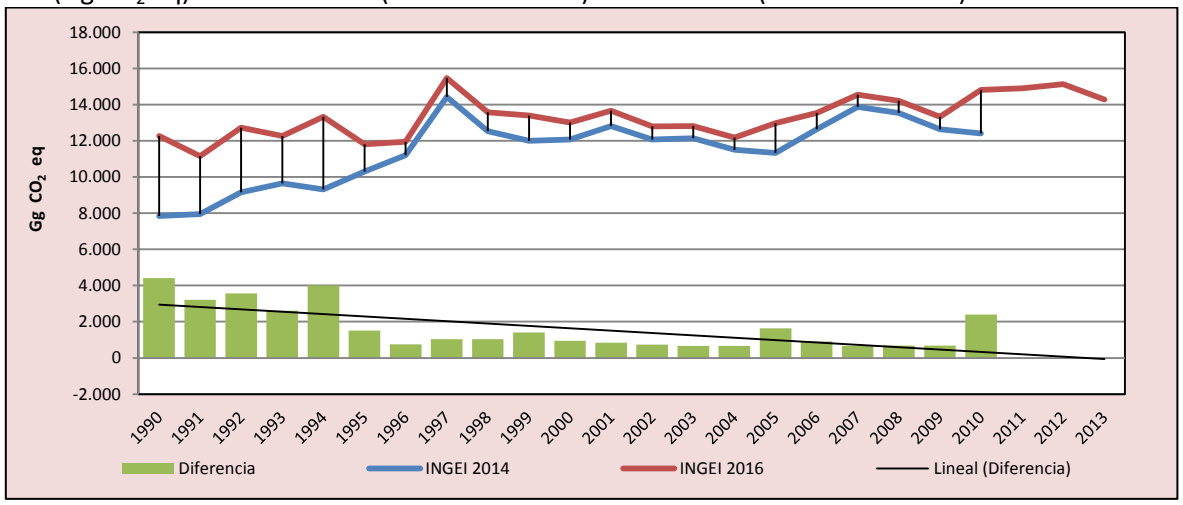
Como se observa en la Tabla 68 y Figura 46, y como era de esperarse, el nivel de emisiones de esta subcategoría aumentó en el INGEI 2016 con respecto al INGEI 2014 debido a la adición de autogeneradores e industria del metanol a esta subcategoría.

Tabla 68. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	7.845,4	12.064,2	12.408,7			
INGEI 2016	12.257,5	13.007,4	14.801,8	14.901,0	15.122,8	14.282,3
Diferencia	**4.412,2**	**943,1**	**2.393,1**			
%	**36,0%**	**7,3%**	**16,2%**			

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 46. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.9.8. Plan de mejoramiento

Con base en las recomendaciones como resultado de los procesos de revisión externa (garantía de la calidad) y al análisis propio del Equipo Técnico de Energía, el plan de mejoramiento de sector *Energía* se basa en su mayoría a acciones para mejorar la calidad de las estadísticas energéticas nacionales mediante el mejoramiento del BNE.

Mejoras específicas para la presente subcategoría no se contemplan en la actualidad.

3.2.10. Transporte (1.A.3.)

3.2.10.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en todas las actividades del transporte nacional (aéreo, terrestre, ferrocarriles, navegación, etc.), excluyendo el transporte militar y el transporte internacional (marítimo y aéreo), que se reportan por separado (ver sección *3.2.6. Combustible del transporte internacional*).

Para el caso del INGEI de Chile adicionalmente se excluye el combustible utilizado en transporte "dentro de la faena", el cual es considerado en cada industria respectiva o institución. En la Tabla 69 se presentan sus componentes y respectivamente los sectores del BNE que lo comprenden.

Tabla 69. 1.A.3. Transporte: componentes y sus supuestos relevantes

Componente	Definición IPCC	Sector BNE	Observaciones
1.A.3.a. Aviación nacional	Emisiones de tráfico civil de pasajeros y de carga con salida y llegada en el mismo país. Excluye militares	Transporte aéreo	Incluye el combustible reportado en el BNE descontando el Jet querosene reportado por Aduana como consumo tanques internacionales.
1.A.3.b. Transporte terrestre	Quema y evaporación del uso de combustibles en vehículos terrestres, incluido el uso de vehículos agrícolas sobre carreteras pavimentadas.	Transporte terrestre	Basado en la oferta de distribuidoras de combustible para vehículos terrestres de gasolina para motor y Diésel
1.A.3.b.i.1. Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	Emisiones de automóviles para pasajeros (máx. 12 personas) con catalizadores	Transporte terrestre	Proporción equivalente a consumo de Automóviles, *station wagon*, taxi básico, taxi colectivo y taxi turismo inscritos después del 1 de septiembre de 1994.
1.A.3.b.i.2. Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	Emisiones de automóviles para pasajeros (máx. 12 personas) sin catalizadores	Transporte terrestre	Proporción equivalente a consumo de Automóviles, *station wagon*, taxi básico, taxi colectivo y taxi turismo inscritos antes del 1 de septiembre de 1994
1.A.3.b.ii.1. Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	Emisiones de vehículos de carga o equipados (peso entre 3500 y 3900 kg) con catalizadores	Transporte terrestre	Proporción equivalente a consumo de Furgones, minibús, camioneta, otros con motor (casa rodante), taxibus, y furgón escolar y de trabajadores inscritos después del 1 de septiembre de 1994.
1.A.3.b.ii.2. Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	Emisiones de vehículos de carga o equipados (peso bruto entre 3500 y 3900 kg) sin catalizadores	Transporte terrestre	Proporción equivalente a consumo de Furgones, minibús, camioneta, otros con motor (casa rodante), taxibus, y furgón escolar y de trabajadores inscritos antes del 1 de septiembre de 1994.
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	Emisiones de vehículos de carga o equipados (peso bruto más de 3500 kg) y autobuses para más de 12 personas.	Transporte terrestre	Proporción equivalente a consumo de Bus, Bus escolar o trabajadores, ómnibus, microbús, camión simple (incluyendo furgón de más de 3.500 kg, tractocamión (camión chasis) y maquinaria especializada.
1.A.3.b.iv.Motocicletas	Vehículo motorizado con no más de 3 ruedas y que pese menos de 680 kg.	Transporte terrestre	Proporción equivalente a consumo de Motocicletas
1.A.3.c. Ferrocarriles	Emisiones del transporte por ferrocarriles, tanto en rutas de tráfico de carga como de pasajeros.	Transporte ferroviario	Incluye transporte ferroviario tanto para pasajeros como para carga sin embargo el consumo de metro está incluido en el total de transporte terrestre
1.A.3.d. Navegación nacional	Emisiones de barcos de todas las banderas que salen y llegan dentro de un mismo país (excluye la pesca y viajes militares).	Transporte marítimo	Incluye el combustible reportado en el BNE menos el Diésel y el Fueloil reportado por Aduana como consumo de tanques internacionales.
1.A.3.e. Otro tipo de transporte	Incluye transporte por tuberías, actividades en puertos y aeropuertos y rutas no pavimentadas que no se hayan declarado anteriormente.	Transporte terrestre	Incluye la proporción del Diésel y la Gasolina reportado en el BNE como transporte terrestre equivalente al consumo del parque vehicular de vehículos todo terreno o jeep. Los otros combustibles reportados en el BNE como consumo de transporte terrestre se asignaron arbitrariamente a esta categoría.

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.10.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Transporte* es la segunda principal subcategoría emisora del sector *Energía*, representando el 28,9 % de las emisiones de GEI del sector; y la segunda principal fuente individual de emisiones a nivel nacional, representando el 22,3 % de las emisiones de GEI totales del país (excluyendo *FOLU*). En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 24.545,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 165,4 % desde 1990 y en un 17,1 % desde 2010 (Tabla 70 y Figura 47). La principal causante es el crecimiento del parque automotor nacional inducido por la expansión de la población, el mayor poder adquisitivo y el mejoramiento de la infraestructura vial en el país.

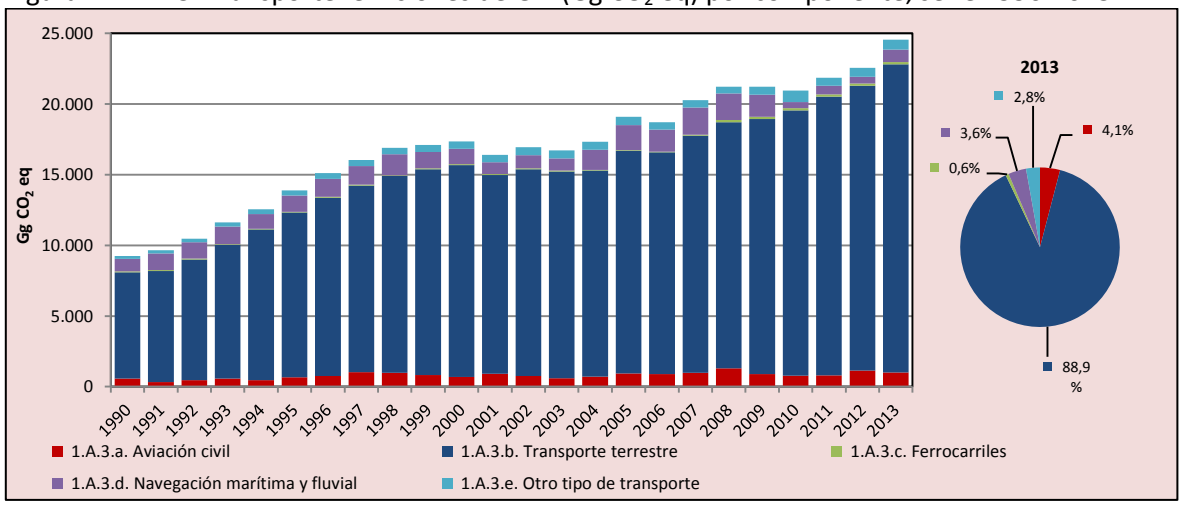
Respecto a los componentes, el *Transporte terrestre* es el de mayor relevancia con un 88,9 % de las emisiones de GEI, seguido de un 4,1 % de *Aviación nacional*, 3,6 % de *Navegación nacional*, 2,8 % de *Otro tipo de transporte* y un 0,6 % de *Ferrocarriles*.

Tabla 70. 1.A.3. Transporte: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.3.a. Aviación civil	568,0	683,0	789,8	806,0	1.132,1	998,6
1.A.3.b. Transporte terrestre	7.522,5	14.993,3	18.752,7	19.709,5	20.164,9	21.812,1
1.A.3.c. Ferrocarriles	64,5	64,1	153,2	158,8	160,4	155,4
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	880,4	1.079,0	434,4	621,8	467,7	889,2
1.A.3.e. Otro tipo de transporte	213,9	529,6	822,3	565,5	630,3	690,4
Total	**9.249,3**	**17.348,9**	**20.952,5**	**21.861,6**	**22.555,3**	**24.545,7**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 47. 1.A.3. Transporte: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

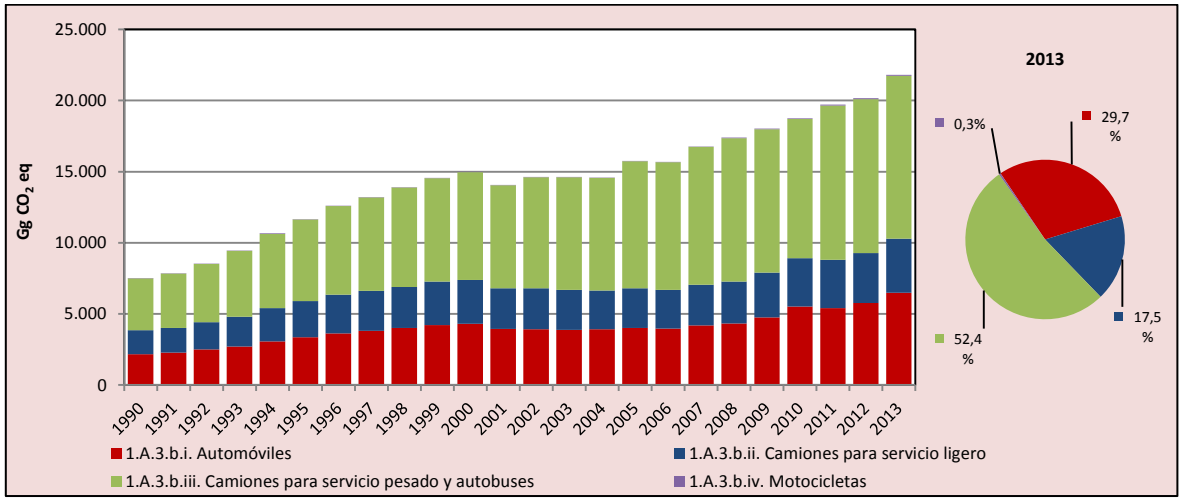
Como *Transporte terrestre* es el componente principal de la subcategoría, fue desagregado por subcomponentes (Tabla 71 y Figura 48). En 2013, el mayor porcentaje de emisiones fue de *Camiones para servicio pesado y autobuses* con un 52,4 %, luego viene *Automóviles* con un 29,7 %, seguido de *Camiones para servicio ligero* con un 17,5 %, y finalmente *Motocicletas* con un 0,3 %.

Tabla 71. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.3.b.i. Automóviles	2.174,3	4.293,3	5.509,4	5.401,1	5.771,5	6.483,8
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.668,9	3.097,3	3.400,6	3.398,3	3.492,7	3.812,2
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	3.649,9	7.578,8	9.784,8	10.853,1	10.834,5	11.439,8
1.A.3.b.iv. Motocicletas	29,4	23,9	57,9	57,0	66,1	76,3
Total	**7.522,5**	**14.993,3**	**18.752,7**	**19.709,5**	**20.164,9**	**21.812,1**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 48. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

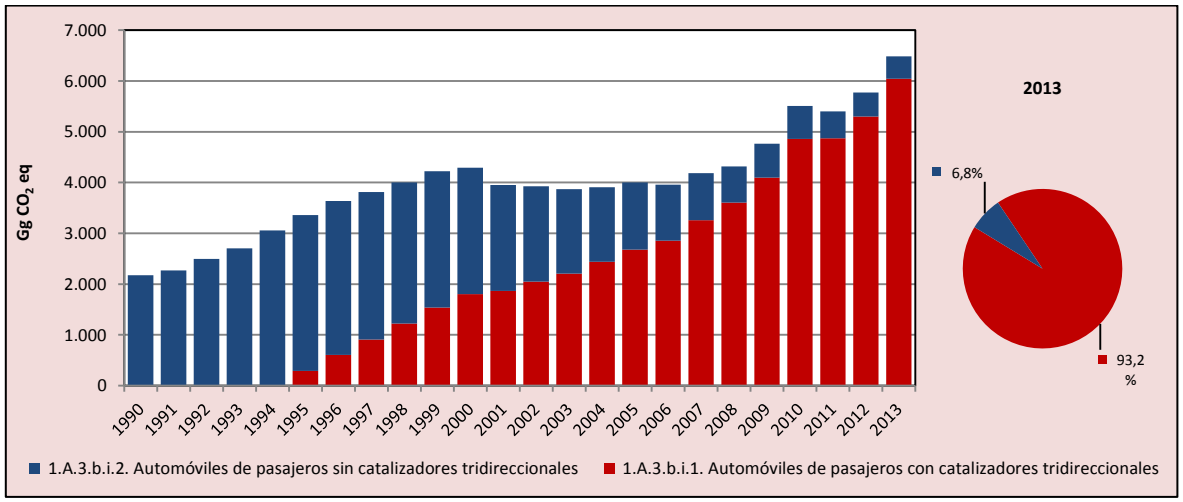
Se observa el cambio en la participación de los catalizadores en los subcomponentes *Automóviles* (Tabla 72 y Figura 49) y *Camiones para servicio ligero* (Tabla 73 y Figura 50) que comienza en 1994 con la introducción del Decreto 55 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT). Cabe destacar que en motores de gasolina el efecto de los catalizadores en las emisiones de GEI varía dependiendo del GEI. En general las emisiones de CO_2 se mantienen, mientras que las de CH_4 disminuyen y las de N_2O aumentan.

Tabla 72. 1.A.3.b.i. Automóviles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013

Tecnología	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.3.b.i.1. Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	NO	1.801,3	4.861,4	4.870,0	5.297,1	6.040,2
1.A.3.b.i.2. Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	2.174,3	2.492,0	648,0	531,1	474,4	443,6
Total	**2.174,3**	**4.293,3**	**5.509,4**	**5.401,1**	**5.771,5**	**6.483,8**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 49. 1.A.3.b 1.A.3.b.i. Automóviles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013



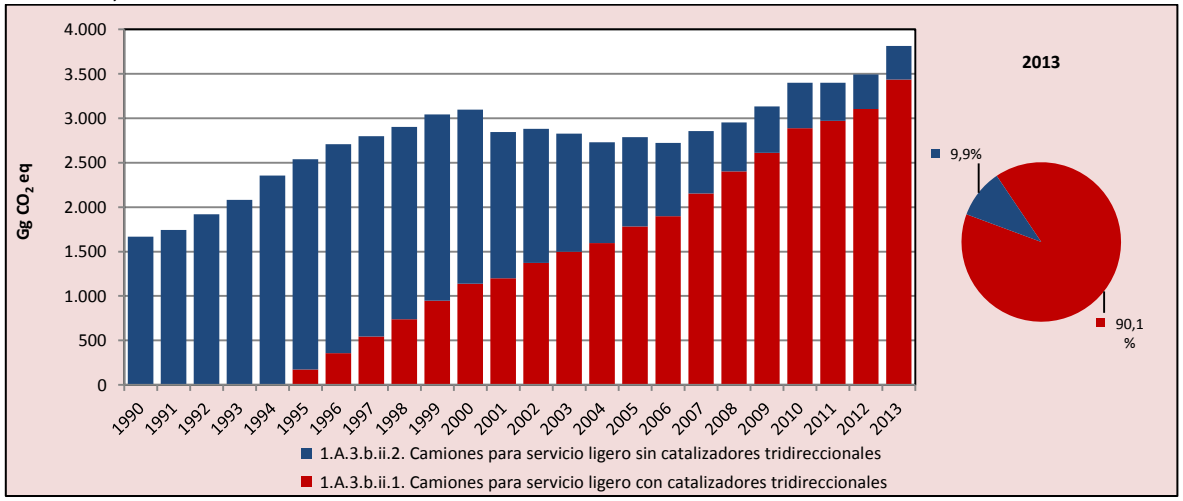
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Tabla 73. 1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013

Tecnología	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.3.b.ii.1. Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	NO	1.137,2	2.888,5	2.971,2	3.102,9	3.434,3
1.A.3.b.ii.2. Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	1.668,9	1.960,1	512,2	427,1	389,8	377,9
Total	**1.668,9**	**3.097,3**	**3.400,6**	**3.398,3**	**3.492,7**	**3.812,2**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 50. 1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por tecnología catalítica, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

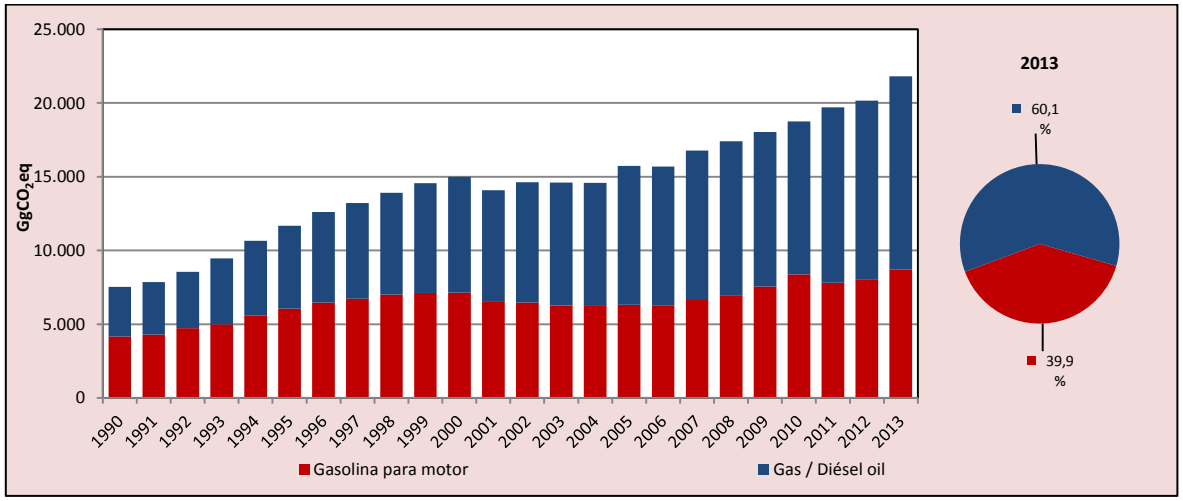
Respecto a las emisiones de GEI por tipo de combustible usado en el *Transporte terrestre*, el *Gas/Diésel oil* es el de mayor importancia con un 60,1 % en 2013, mientras que *Gasolina para motor* correspondió a un 39,9 % (Tabla 74 y Figura 51).

Tabla 74. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Gasolina para motor	4.162,0	7.128,7	8.366,4	7.816,0	8.009,4	8.694,4
Gas/Diésel oil	3.360,5	7.864,6	10.386,3	11.893,5	12.155,4	13.117,7
Total	**7.522,5**	**14.993,3**	**18.752,7**	**19.709,5**	**20.164,9**	**21.812,1**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 51. 1.A.3.b. Transporte terrestre: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.10.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó en general el método Nivel 1 (excepto para el CH_4 y N_2O del *Transporte terrestre*) de las *Directrices del IPCC de 2006* (descrito en la sección 3.2.3. *supra*) usando datos de actividad desde el BNE y factores de emisión por defecto.

La Tabla 75 resume los métodos que se usaron para cada componente de la subcategoría. En el caso particular del componente *Transporte terrestre* se aplicó método de Nivel 1 para el CO_2, ya que no se cuenta con los contenidos de carbono específicos del país; y el método Nivel 2 para el CH_4 y N_2O, ya que fue posible desagregar los vehículos por tipo de tecnología, aunque no se cuenta con factores de emisión país específicos. Esto representa una mejora importante en comparación al INGEI 2014. Las categorías *Emisiones por evaporación procedentes de vehículos y catalizadores basados en Urea* no se estimaron ya que no se cuenta con la información requerida.

Tabla 75. 1.A.3. Transporte: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.3. Transporte	**T1, IE, NE**	**D, IE, NE**	**T1, T2, IE, NE**	**D, IE, NE**	**T1, T2, IE, NE**	**D, IE, NE**
1.A.3.a. Aviación civil	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.a.i. Aviación internacional (tanques internacionales)	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.a.ii. Aviación de cabotaje	T1	D	T1	D	T1	D

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.3.b. Transporte terrestre	T1, NE	D, NE	T2, NE	D, NE	T2, NE	D, NE
1.A.3.b.i. Automóviles	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.i.1. Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.i.2. Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.ii.1. Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.ii.2. Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.iv. Motocicletas	T1	D	T2	D	T2	D
1.A.3.b.v. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos						
1.A.3.b.vi. Catalizadores basados en urea	NE	NE				
1.A.3.c. Ferrocarriles	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.d.i. Navegación internacional (tanques internacionales)	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.d.ii. Navegación marítima y fluvial nacional	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.3.e. Otro tipo de transporte	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.3.e.i. Transporte por gasoductos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.e.ii. Todo terreno	T1	D	T1	D	T1	D

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

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.2.10.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Todos los datos de actividad de las emisiones de la subcategoría provienen de los BNE de las series anuales desde 1990 hasta el 2013. La Tabla 76 presenta los valores correspondientes. Adicionalmente para la desagregación de transporte terrestre y de transporte marítimo y aéreo se utiliza información del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del Servicio Nacional de Aduana.

Tabla 76. 1.A.3. Transporte: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013

Años	Gasolina para motor	Gasolina aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/Diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Nafta	Otro carbón bituminoso	Gas natural
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1990	61.133,5	268,1	7.614,5	0,0	56.231,0	1.055,8	0,0	0,0	4,0	233,6
1991	63.256,8	253,9	4.352,7	0,0	62.973,1	806,0	0,0	0,0	0,0	286,4
1992	69.733,0	253,9	6.205,7	0,0	65.102,8	1.687,2	0,0	0,0	0,0	169,6
1993	73.567,8	253,9	7.823,4	0,0	73.512,6	3.190,7	0,0	0,0	0,0	222,3
1994	82.617,2	253,9	6.243,2	0,0	81.690,9	538,8	0,0	0,0	0,0	260,0
1995	89.360,6	253,9	8.873,7	0,0	88.690,2	2.221,8	0,0	0,0	0,0	260,0
1996	95.691,7	285,7	10.223,8	0,0	99.163,3	622,3	0,0	0,0	0,0	256,2
1997	99.521,0	285,7	13.893,5	0,0	103.712,0	1.060,8	0,0	0,0	0,0	218,6
1998	103.591,9	317,4	13.431,7	0,0	108.571,6	4.080,3	0,0	0,0	0,0	229,9
1999	105.682,9	253,9	11.094,4	0,0	112.586,0	2.748,0	0,0	0,0	0,0	237,4
2000	105.949,9	222,2	9.252,9	0,0	116.095,3	3.959,2	0,0	0,0	0,0	327,8

Años	Gasolina para motor	Gasolina aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/Diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo	Nafta	Otro carbón bituminoso	Gas natural
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
2001	96.912,1	222,2	12.355,3	0,0	112.752,6	350,8	0,0	0,0	0,0	418,3
2002	96.340,2	222,2	10.387,7	0,0	120.491,0	1.616,2	0,0	0,0	0,0	953,3
2003	93.568,6	158,7	8.143,7	0,0	121.546,0	2.279,5	0,0	0,0	0,0	968,4
2004	94.004,3	189,8	9.554,8	177,7	124.160,3	5.632,8	72,0	0,0	1,6	1.107,2
2005	93.785,1	185,8	11.735,8	608,0	140.730,0	9.805,7	25,6	0,2	0,4	1.290,2
2006	92.573,7	191,0	12.059,0	60,8	138.119,6	8.472,1	104,9	0,6	2,7	1.347,2
2007	99.050,1	179,3	13.566,6	90,7	147.562,9	12.250,3	163,4	0,2	1,5	953,2
2008	102.308,2	187,9	17.934,6	55,5	153.390,4	12.002,0	135,3	9,8	0,8	541,2
2009	111.005,9	223,8	12.246,8	273,9	153.052,8	8.991,0	259,4	0,0	0,0	841,4
2010	122.581,1	334,6	10.600,4	20,0	143.206,4	5.881,6	282,8	0,0	0,0	742,7
2011	114.378,9	149,5	10.996,2	30,6	161.115,4	7.242,1	597,9	8,9	0,0	709,5
2012	117.058,9	829,2	14.873,5	32,0	164.035,9	5.556,4	1.377,6	0,0	0,0	1.225,9
2013	126.950,2	774,8	13.018,4	196,6	179.143,0	8.914,9	1.551,2	0,0	0,0	1.177,3

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Los datos de actividad tomados del Servicio Nacional de Aduana corresponden a las exportaciones realizadas dentro de cada año, cuyo código arancelario es 160000, correspondiente a *"combustibles, lubricantes, aparejos y demás mercancías, incluidas las provisiones destinadas al consumo de pasajeros y tripulantes, que requieran las naves, aeronaves y también los vehículos destinados al transporte internacional, en estado de viajar, para su propio mantenimiento, conservación y perfeccionamiento"*. Dentro de esta base de datos se toman las cantidades descritas como combustibles separados por transporte aéreo o marítimo cuyo nombre sea kerosene fueloil, diésel o variaciones similares. El resultado de esto se resta directamente al consumo reportado por el BNE.

Para la desagregación del combustible reportado por el BNE como transporte terrestre, se solicitó información al INE sobre desagregación del parque vehicular por tipo de vehículo, tipo de motor (diésel o gasolina) y con o sin catalizador. Esta información no se tiene para toda la serie 1990-2013 por lo que los datos fueron proyectados. Para la serie 2008-2013 se cuenta con datos del número de vehículos por tipo, tipo de motor (diésel o gasolina) y con y sin catalítico. Para la serie 1998-2007 se cuenta con el dato de número de vehículos por tipo, pero no el tamaño del motor ni si cuentan o no con catalizador. Entre 1990-1998 se cuenta solo con el consumo de combustible total.

Para mantener la consistencia temporal primero se proyectó el número de vehículos por tipo hasta 1990. Para esto se calculó una tasa de variación anual por tipo de vehículo entre los últimos 5 años (2002 al 1998) y se aplicó al resto de la serie (Tabla 77).

Tabla 77. Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Tasa de decrecimiento anual
Automóviles	2 %
Camiones livianos	2 %
Motocicletas	-5 %
todo terreno	5 %
Camiones	3 %
Buses	2 %
Agrícola	-2 %

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Luego, para separar los vehículos con y sin catalíticos se supuso que en 1994 debían llegar a cero (año en que la tecnología entró al país) y se dividió el porcentaje existente en 2008 en el número de años (1994-2007) para que cada año hubiese una disminución proporcional. Luego el porcentaje de representación de cada tipo de vehículo para cada año está dado por la siguiente fórmula:

Ecuación 5. Transporte: proyección del parque vehicular desde 1994 hasta 2008 por tipo de vehículo para separar catalítico y no catalítico

$$P_{tipo\ vehículo\ ,año} = P_{tipo\ vehículo,año+1} - \left(\frac{P_{tipo\ vehículo,2008}}{14}\right)$$

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Donde $P_{tipo\ vehículo,año}$ es el porcentaje de representación del tipo de vehículo.

Para separar entre diésel y bencina se tomó la variación del crecimiento del último año y se aplicó al resto de la serie. Por ejemplo: en 2008 la proporción de gasolina en automóviles no catalíticos era del 15,8 % y en 2009 del 13,4 %, es decir que disminuyó la proporción en 2,4 puntos porcentuales; luego se aplicó esa misma tasa de forma retroactiva, así es como en 2007 la proporción de gasolina en automóviles no catalíticos fue de 18,2 % y así sucesivamente. Esto se ve reflejado en la siguiente fórmula:

Ecuación 6. Transporte: proyección de parque vehicular desde 1990 hasta 2007 por tipo de vehículo para separar por tipo de motor

$$P_{tipo\ vehículo\ ,año} = P_{tipo\ vehículo\ ,año+1} + \left(P_{tipo\ vehículo\ ,año+1} - P_{tipo\ vehículo\ ,año+2}\right)$$

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Donde $P_{tipo\ vehículo\ ,año}$ es el porcentaje de representación del *tipo de vehículo.*

Luego para obtener la desagregación del combustible a partir del parque vehicular se siguieron los siguientes pasos:

- Se agruparon los tipos de vehículo según lo descrito en la Tabla 69 por tipo de motor y con o sin catalizador.
- Se hizo el supuesto de que para toda la serie la proporción de vehículos con y sin catalizador era la misma para vehículos diésel y para vehículos a gasolina excepto para camiones ligeros en donde se utilizó la proporción de automóviles. Este supuesto se hizo con base en los datos extra solicitados al INE para los años 2013 y 2014 en que efectivamente se corroboró que se cumplía esta desagregación.
- Se tomó el número de vehículos por subcomponente y se multiplicó por un factor de actividad (km/año) y por su rendimiento (litros/km). Estos parámetros se obtuvieron de un estudio realizado en noviembre de 2014 solicitado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones a Sistemas Sustentables (Sistemas Sustentables, 2014). El nivel de actividad se generó con el software MODAGEM para el año 2010, las categorías utilizadas en el estudio fueron Todo terreno, Furgón, Minibús particular, Camioneta, Motocicleta, Taxi, Buses y camiones, los que se reclasificaron según describe la Tabla 69. El factor de consumo se obtuvo a través de COPERT 4 con velocidades promedio del 2012 y se usaron

las categorías de Buses, Camiones, Motos, Comerciales y Pasajeros. Estos dos últimos se clasificaron como *Automóviles y camiones de servicios ligeros* respectivamente. Los vehículos todo terreno y agrícola se consideraron con un factor de actividad igual al de las motocicletas y con un rendimiento igual al de camiones. Estos parámetros además se encuentran desagregados por región, por lo que se realizó un promedio simple por categoría. Finalmente se obtuvieron los siguientes parámetros:

Tabla 78. 1.A.3.b. Transporte terrestre: parámetros utilizados para convertir el número de vehículos en consumo de combustible por año

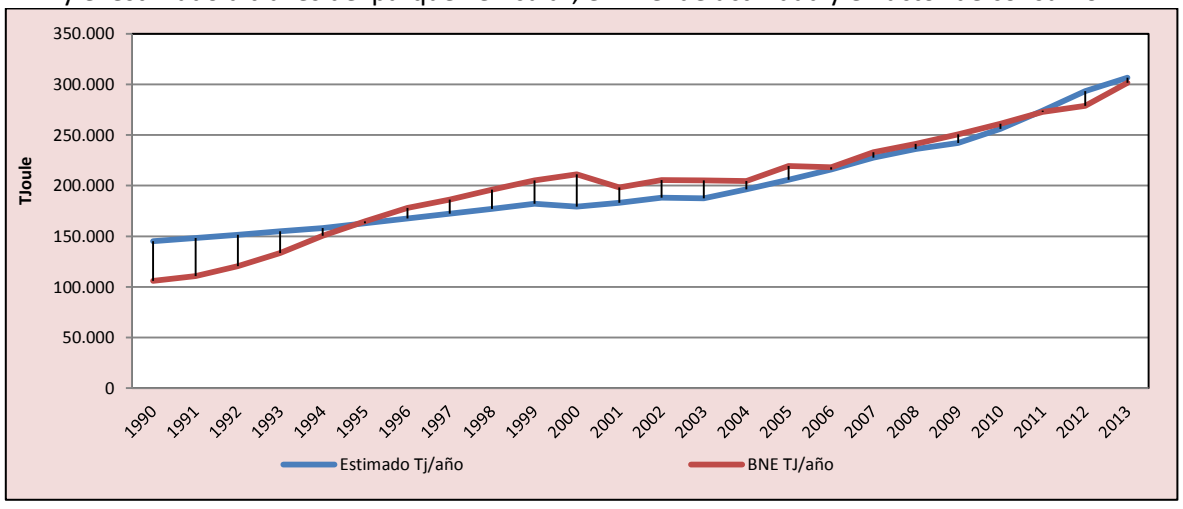
Tipo de vehículo	Diésel	Gasolina
	Litros/año	Litros/año
AUTOMÓVIL	763	1.107
CAMION LIGERO	1.266	1.922
MOTO	238	238
TODO TERRENO	949	2.500
BUSES	18.918	24.294
CAMIONES	6.460	17.026
AGRÍCOLA	949	2.500

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en (Sistemas Sustentables, 2014)

- Luego se hizo un cuadro de proporciones de consumo de combustible por categoría y se multiplicó por los consumos del BNE para mantener coherencia con la fuente de datos de actividad.

Al comparar los valores obtenidos por la estimación con los valores del BNE se obtiene que para los últimos años de la serie la diferencia es pequeña mientras que para los primeros años de la serie es más alta. El máximo se alcanza en 1990 con un 27 % de diferencia, pero en promedio el error es 8,5 % (Figura 52). Esto puede ser debido a que se usaron parámetros de años recientes para toda la serie y que desde 1997 hacia atrás se utilizó una proyección de los datos.

Figura 52. 1.A.3.b. Transporte terrestre: comparación entre consumo de diésel y gasolina entre el BNE y el estimado a través del parque vehicular, el nivel de actividad y el factor de consumo



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.10.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión de los combustibles usados para la estimación de las emisiones de GEI de la subcategoría fueron factores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 79 presenta los factores de emisión usados para el CO_2, mientras que la Tabla 79 muestra los factores de emisión usados para el CH_4 y el N_2O. Estos últimos se presentan por separado ya que varían dependiendo del subcomponente.

Tabla 79. 1.A.3. Transporte: resumen factores de emisión de CO_2

Combustible	kg CO_2/TJ
Gasolina para motor	69.300
Gasolina para la aviación	69.300
Queroseno para motor a reacción	71.500
Otro queroseno	71.900
Gas/Diésel oil	74.100
Fuelóleo residual	77.400
Gases licuados de petróleo	63.100
Nafta*	73.300
Otro carbón bituminoso	96.100
Gas de fábrica de gas*	44.400
Gas natural	56.100

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.2.1, 3.4.1, 3.5.2, 3.6.4; Cap. 3; Vol. 2) y (Cuadro 1.4; Cap. 1; Vol. 2)

Tabla 80. 1.A.3. Transporte: resumen factores de emisión de CH_4 y N_2O por subcomponente

Combustible	Subcomponente	kg CH_4/TJ	kg N_2O/TJ
Gasolina para motor	Todo terreno	120,0	2,0
Gasolina para la aviación	Todo terreno	0,5	2,0
Queroseno para motor reacción	Todo terreno	0,5	2,0
Otro queroseno*	Todo terreno	3,0	0,6
Gas/Diésel oil	Todo terreno	4,2	28,6
Fuelóleo residual	Todo terreno	0,8	0,3
Gases licuados de petróleo	Todo terreno	62,0	0,2
Nafta	Todo terreno	4,2	28,6
Gas natural	Todo terreno	92,0	3,0
Todos	Aviación doméstica	0,5	2,0
Gasolina para motor	Automóviles y Camiones ligeros catalíticos	25,0	8,0
Gas/Diésel oil	Automóviles y Camiones ligeros catalíticos	3,9	3,9
Gasolina para motor	Automóviles y Camiones ligeros no catalíticos y Camiones y Buses	33,0	3,2
Gas/Diésel oil	Automóviles y Camiones ligeros no catalíticos y Camiones y Buses	3,9	3,9
Gasolina para motor	Motocicletas	3,8	5,7
Todos	Navegación	7,0	2,0
Gasolina para motor	Ferrocarriles	33,0	3,2
Gas/Diésel oil	Ferrocarriles	4,2	28,6
Fuelóleo residual	Ferrocarriles	0,8	0,3
Nafta	Ferrocarriles	4,2	28,6
Otro carbón bituminoso	Ferrocarriles	2,0	1,5
Gas de fábrica de gas*	Ferrocarriles	1,0	0,1

Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en Cuadros 3.5.3 (navegación), 3.6.5 (aviación), 3.4.1 (ferrocarriles), 3.2.2 (transporte terrestre), 3.3.1 (todo terreno) y con base en Cuadro 1.4; Cap. 2; Vol. 2 de las Directrices del IPCC de 2016)

3.2.10.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para cada tipo de combustible y para cada GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 81.

Tabla 81. 1.A.3. Transporte: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
1.A.3.a.	Aviación civil	CH_4	20,0%	20,0%	57,0%	100,0%	60,4%	102,0%
1.A.3.a.	Aviación civil	CO_2	20,0%	20,0%	5,0%	5,0%	20,6%	20,6%
1.A.3.a.	Aviación civil	N_2O	20,0%	20,0%	70,0%	150,0%	72,8%	151,3%
1.A.3.b.	Transporte Terrestre	CH_4	5,0%	5,0%	60,0%	300,0%	60,2%	300,0%
1.A.3.b.	Transporte Terrestre	CO_2	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	7,1%	7,1%
1.A.3.b.	Transporte Terrestre	N_2O	5,0%	5,0%	60,0%	300,0%	60,2%	300,0%
1.A.3.c.	Ferrocarriles	CH_4	5,0%	5,0%	60,0%	150,0%	60,2%	150,1%
1.A.3.c.	Ferrocarriles	CO_2	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	7,1%	7,1%
1.A.3.c.	Ferrocarriles	N_2O	5,0%	5,0%	50,0%	200,0%	50,2%	200,1%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial - Combustibles líquidos	CH_4	20,0%	20,0%	50,0%	50,0%	53,9%	53,9%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial - Combustibles líquidos	CO_2	20,0%	20,0%	5,0%	5,0%	20,6%	20,6%
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial - Combustibles líquidos	N_2O	20,0%	20,0%	40,0%	140,0%	44,7%	141,4%
1.A.3.e.	Otro Tipo de Transporte	CH_4	5,0%	5,0%	60,0%	300,0%	60,2%	300,0%
1.A.3.e.	Otro Tipo de Transporte	CO_2	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	7,1%	7,1%
1.A.3.e.	Otro Tipo de Transporte	N_2O	5,0%	5,0%	60,0%	300,0%	60,2%	300,0%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Con respecto a los datos de actividad, el BNE de Chile no cuenta con una estadística sobre la exactitud e incertidumbre de los datos. Dado esto, el Equipo Técnico de Energía (elaboradores del BNE) aplicó los valores de incertidumbre recomendados por las *Directrices del IPCC de 2006* que para el *Transporte terrestre* y *Ferroviario* es del ±5 % (página 3.3; Capítulo 3; Volumen 2) mientras que para *Aviación* y *Navegación* es mayor ya que incluye datos externos, en este caso de Aduana, que no son necesariamente muy comparables. Se determinó esta incertidumbre en ±20 % basado en la variación en los datos de Aduana con respecto a los del BNE.

Con respecto a los factores de emisión, se usaron FE por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. Dado esto, se aplicaron valores de incertidumbre inferidos a partir de los valores superiores e inferiores reportados por las *Directrices del IPCC de 2006*. Para el CO_2 la incertidumbre usada es ±5 % (Cuadro 1.4; Capítulo 1; Volumen 2). Para estimarla se calcularon los porcentajes que representan los valores superiores e inferiores con respecto al valor central para los principales combustibles usados en Chile. Luego se tomó el mayor valor y se truncaron los decimales. Se asumió que el metanol también tiene esta incertidumbre. La incertidumbre para los factores de emisión del CH_4 y el N_2O varía para combustión estacionaria y móvil.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto.

3.2.10.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. La principal fuente de datos, el BNE, contiene variaciones en su elaboración a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el Equipo Técnico de Energía ha tenido que realizar cambios y ajustes, los cuales se detallan en la sección 3.2.8.3.1. *supra*.

3.2.10.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

3.2.10.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Energía se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Energía. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_1ENER*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos:

- Revisión detallada de cada archivo anual del BNE, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Generación de una planilla consolidada de datos de actividad que traduce mediante vínculos automatizados los valores del BNE al formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos. Evitando la transcripción manual de datos y posibles errores asociados.
- Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.
- Chequeo de la importación de datos desde los BNE a la planilla anual consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Verificar que los datos o parámetros que se repiten en varios años sean consistentes
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.

Verificación de cálculos:

- Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Comparación de resultados con procedimiento anterior y el actual
- Comparación de resultados del método sectorial versus *Método de referencia*.

Verificación de la documentación

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

Verificación del informe

- Verificar que las tablas e imágenes del informe correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

3.2.10.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Energía*, el Equipo Técnico de Energía ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Energía como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_1ENER*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

3.2.10.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

3.2.10.7. Recálculos

3.2.10.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

En el BNE la categoría de transporte se divide en terrestre, marítima, aérea y ferroviaria. Estas coinciden con las categorías del IPCC, pero con menor desagregación. En particular para la terrestre, que es una categoría principal, una mayor desagregación mejoraría la asignación de factores de emisión de CH_4 y N_2O, y también se podrían generar políticas de mitigación más específicas.

Para desarrollar la desagregación, se obtienen los datos desde el INE respecto a número de vehículos por tipo, año (información disponible desde 1998), tipo de combustible y tipo de control de emisiones (información disponible solo para 2013 y 2014). Del análisis de estos datos, se concluyó que la proporción de tipo de combustible se mantiene dentro de los catalíticos y no catalíticos por lo que se utilizó este supuesto para todos los años. Para extrapolar a los años anteriores a 1998 se asumió que desde 1994 empezaron a aparecer los automóviles catalíticos ya que en este año se estableció la norma de emisiones de vehículos motorizados D.S 54.

3.2.10.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

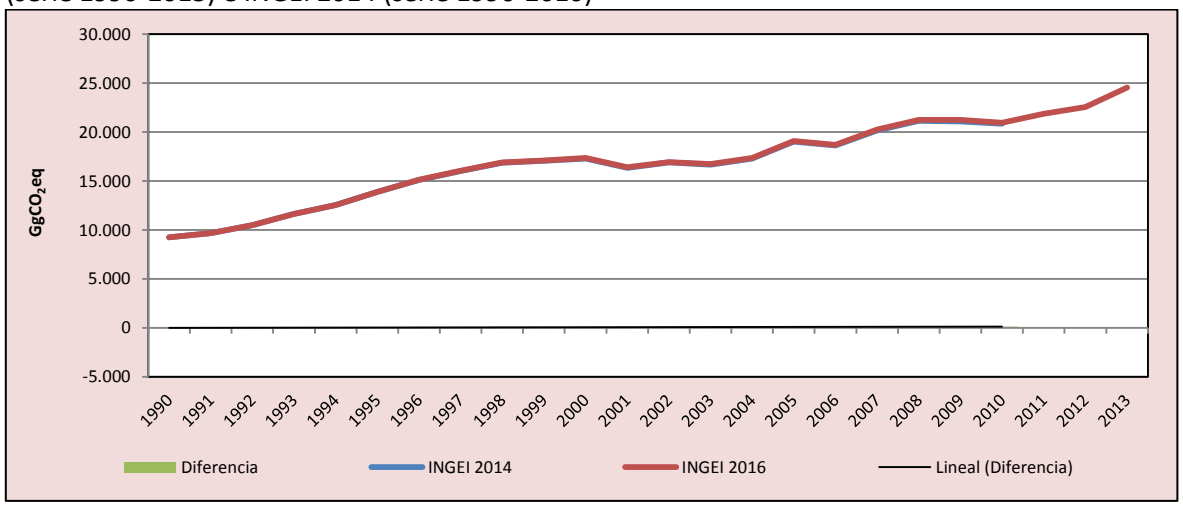
Como se observa en la Tabla 82 y Figura 53, el cambio realizado en la desagregación de las emisiones totales prácticamente no tuvo impacto en las emisiones de GEI totales. Aun así, esta desagregación permitió usar factores de emisión de CH_4 principalmente distintos a los utilizados para la categoría más general por lo que existe una leve diferencia menor al 1 %.

Tabla 82. 1.A.3. Transporte: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	9.251,9	17.298,5	20.840,9			
INGEI 2016	9.249,3	17.348,9	20.952,5	21.861,6	22.555,3	24.545,7
Diferencia	**- 2,6**	**50,4**	**111,5**			
%	**0,0%**	**0,3%**	**0,5%**			

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 53. 1.A.3. Transporte: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.10.8. Plan de mejoramiento

Con base en las recomendaciones como resultado de los procesos de revisión externa (garantía de la calidad) y al análisis propio del Equipo Técnico de Energía, el plan de mejoramiento de sector *Energía* se basa en su mayoría a acciones para mejorar la calidad de las estadísticas energéticas nacionales mediante el mejoramiento del BNE.

Mejoras específicas para la presente subcategoría son las siguientes:

- Establecimiento de arreglos institucionales con organismos que disponen de información que pudiese ser relevante (Comisión Chilena del Cobre, Aduanas, etc.).
- Mejorar desagregación de *Transporte terrestre*: en el INGEI actual se realizaron varias simplificaciones al proceso de desagregación del *Transporte terrestre*, entre ellas las que se pueden mejorar:
    - Consumo de combustibles distintos al diésel y la gasolina a todo terreno.
    - Variación en los años de parámetros de rendimiento y nivel de actividad.
    - Usar promedio ponderado entre los datos paramétricos entregador por región.

3.2.11. Otros sectores (1.A.4.)

3.2.11.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en edificios comerciales e institucionales, en los hogares y en actividades relacionadas con la agricultura, la silvicultura, la pesca y la industria pesquera.

En la Tabla 83 se presentan sus componentes y respectivamente los sectores del BNE que lo comprenden.

Tabla 83. 1.A.4. Otros sectores: componentes y sus supuestos relevantes

Componente	Definiciones IPCC	Sector BNE	Observaciones
1.A.4.a. Comercial/Institucional.	Emisiones de la quema de combustibles en edificios comerciales e institucionales	Comercial y Público	El sector público incluye el combustible utilizado por Universidades, Fuerzas Armadas, alumbrado público entre otros
1.A.4.b. Residencial	Emisiones de la quema de combustibles en hogares	Residencial	Combustible utilizado en hogares principalmente para calefacción, cocina y calefón.
1.A.4.c. Agricultura/Silvicultura/ Pesca/Piscifactorías	Quemas de combustible para uso energético incluyendo en bombas, secado de granos, maquinaria y pesca estacionaria y móvil.		
1.A.4.c.ii. Vehículos todo terreno y otra maquinaria	Emisiones de vehículos quemados en vehículos de tracción en granjas y en bosques.	Transporte Terrestre	Incluye la proporción del Diésel y la Gasolina reportado en el BNE como transporte terrestre equivalente al consumo del parque vehicular de vehículos agrícolas (tractores)
1.A.4.c.iii. Pesca	Combustible usado en pesca de cabotaje, costera y en alta mar. Cubre naves de todas las banderas y también pesca internacional	Pesca	Pesca en el BNE es parte de Sector Industrial y minero

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.11.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 6.846,4 Gg CO_2 eq (representando el 8,0 % de las emisiones de GEI del sector *Energía*), incrementándose en un 72,2 % desde 1990 y disminuyeron en un 2,6 % desde 2010 (Tabla 84 y Figura 54). En 2011 se observa un incremento fuera de la tendencia atribuido a un aumento del consumo de diésel en los componentes *Comercial/Institucional* y *Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías*. Luego en 2012 y 2013 se observa una desaceleración en estos mismos, probablemente por un cambio metodológico en la construcción del BNE durante estos años.

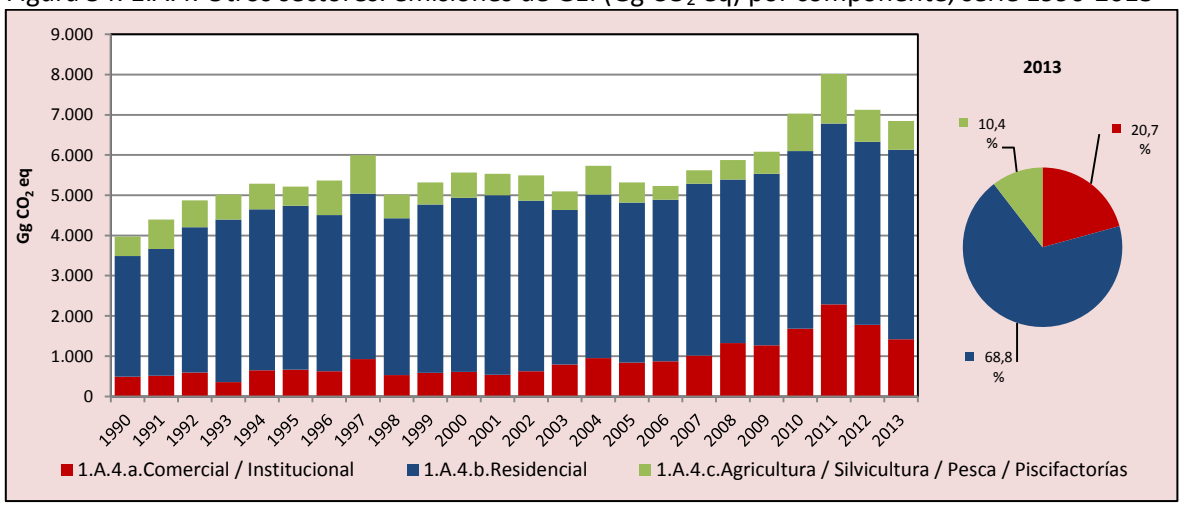
Respecto a los componentes, *Residencial* es el de mayor relevancia con un 68,8 % de las emisiones de GEI, seguido de un 20,7 % de *Comercial/Institucional* y de un 10,4 % de *Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías*.

Tabla 84. 1.A.4. Otros sectores: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.A.4.a. Comercial/Institucional	486,7	612,4	1.680,6	2.291,6	1.776,6	1.419,3
1.A.4.b. Residencial	3.004,1	4.322,8	4.417,6	4.488,0	4.550,9	4.712,4
1.A.4.c. Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías	484,0	627,0	930,0	1.235,1	795,3	714,6
Total	**3.974,8**	**5.562,1**	**7.028,2**	**8.014,6**	**7.122,8**	**6.846,4**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 54. 1.A.4. Otros sectores: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

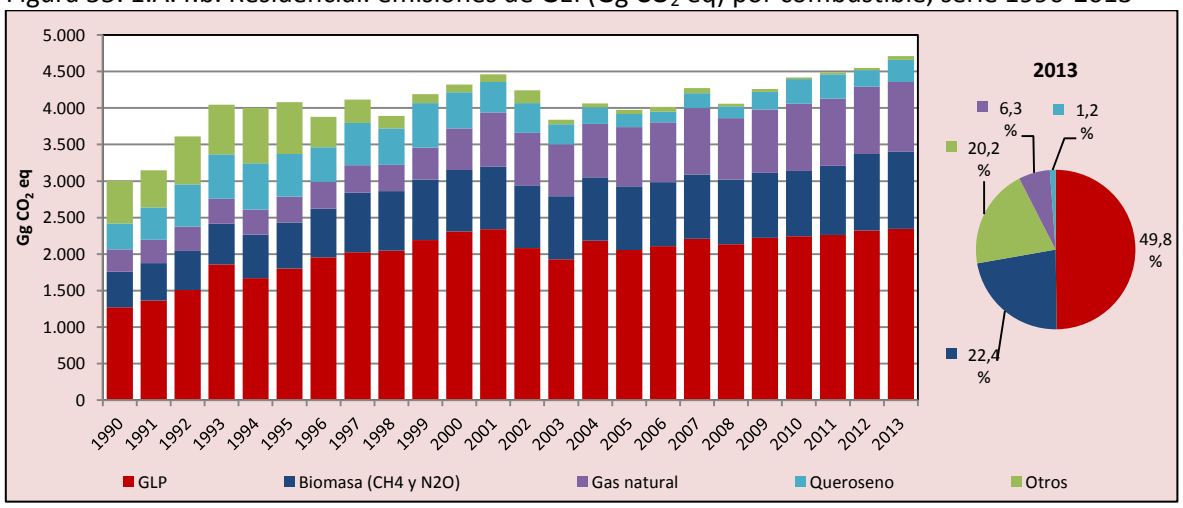
En lo que respecta al componente *Residencial* por tipo de combustible (Tabla 85 y Figura 55), el *Gas licuado de petróleo* es el de mayor importancia con un 49,8 %, seguido de un 22,4 % de *Biomasa* (incluye solo emisiones de CH_4 y N_2O), 20,2 % de *Gas natural*, 6,3 % de *Queroseno* y un 1,2 % de *Otros combustibles*.

Tabla 85. 1.A.4.b. Residencial: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013.

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
GLP	1.271,9	2.312,0	2.244,5	2.262,9	2.322,1	2.347,0
Biomasa (CH_4 y N_2O)	488,1	837,6	893,7	947,4	1.046,4	1.056,7
Gas natural	304,8	570,7	922,0	918,7	921,9	953,9
Queroseno	355,0	493,7	335,5	334,0	229,3	299,0
Otros	584,1	108,8	21,9	25,0	31,3	55,7
Total	**3.004,1**	**4.322,8**	**4.417,6**	**4.488,0**	**4.550,9**	**4.712,4**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 55. 1.A.4.b. Residencial: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por combustible, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.11.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* (descrito en la sección 3.2.3. *supra*) usando datos de actividad desde el BNE y factores de emisión por defecto.

La Tabla 86 resume los métodos que se aplicaron para cada componente de la subcategoría. El componente *Estacionario* de *Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías,* que incluye quemas de la agricultura y la pesca estacionaria, se consideran en el BNE dentro de las industrias, es decir, en *Industria no especificada*.

Tabla 86. 1.A.4. Otros sectores: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.A.4. Otros sectores	**T1, IE**	**D, IE**	**T1, IE**	**D, IE**	**T1, IE**	**D, IE**
1.A.4.a. Comercial/Institucional	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.b. Residencial	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.c. Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.4.c.i. Estacionaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.4.c.ii. Vehículo todo terreno y otra maquinaria	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.c.iii. Pesca (combustión móvil)	T1	D	T1	D	T1	D

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.2.11.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Todos los datos de actividad de las emisiones de la subcategoría provienen de los BNE de las series anuales desde 1990 hasta el 2013. La Tabla 87 y Tabla 88 presentan los valores correspondientes.

Tabla 87. 1.A.4. Otros sectores: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013

Años	Gasolina para motor	Gasolina para la aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/Diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1990	83,6	0,0	0,0	5.707,7	7.364,9	3.500,2	23.381,2
1991	88,3	11,3	0,0	7.099,8	6.677,0	4.001,3	25.095,7
1992	99,2	0,0	0,0	9.323,2	8.172,0	4.526,3	27.759,7
1993	106,7	0,0	0,0	9.784,6	9.288,0	4.152,5	29.376,3
1994	121,9	0,0	0,0	10.174,4	10.007,0	5.019,6	30.751,6
1995	124,3	0,0	0,0	9.323,2	8.750,0	4.713,3	33.151,9
1996	125,3	0,0	0,0	7.589,0	4.460,1	6.721,9	35.959,2
1997	122,3	0,0	0,0	8.054,8	7.959,5	10.341,0	36.897,5
1998	88,5	0,0	0,0	6.924,8	4.609,7	4.096,8	36.810,8
1999	85,7	0,0	0,0	8.464,0	3.111,8	5.266,2	39.716,0
2000	85,2	0,0	0,0	6.833,3	5.405,4	5.174,7	40.944,4
2001	74,2	0,0	0,0	5.938,4	4.092,4	4.212,1	40.714,5
2002	69,5	0,0	0,0	5.667,9	5.024,0	4.808,8	38.088,2
2003	64,8	0,0	0,0	3.838,2	2.501,7	3.054,7	38.762,7
2004	59,4	0,0	0,0	3.487,6	8.840,1	3.414,2	39.406,7
2005	52,6	0,0	0,0	2.533,4	6.064,8	2.256,9	38.255,8
2006	45,3	0,0	0,0	2.046,5	5.601,3	2.218,1	37.827,6

Años	Gasolina para motor	Gasolina para la aviación	Queroseno para motor a reacción	Otro queroseno	Gas/Diésel oil	Fuelóleo residual	Gases licuados de petróleo
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
2007	41,2	0,0	0,0	2.801,5	6.309,9	2.816,2	40.013,4
2008	35,1	0,0	0,0	2.295,5	10.682,4	4.961,2	38.617,2
2009	41,3	0,0	0,0	3.467,9	8.957,8	5.333,2	40.946,2
2010	139,5	0,0	0,0	4.686,8	18.864,2	6.840,4	40.993,8
2011	36,9	21,7	273,4	4.676,0	28.789,9	8.503,2	42.047,8
2012	32,9	62,6	1.573,1	3.195,4	19.362,7	3.714,6	43.346,4
2013	38,2	65,0	1.953,1	4.174,9	18.529,4	2.346,0	39.314,4

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Tabla 88. 1.A.4. Otros sectores: datos de actividad del consumo de combustible (TJ) por combustible, serie 1990-2013 (continuación)

Años	Nafta	Gas de refinería	Otro carbón bituminoso	Coque para horno de coque y coque de lignito	Gas de fábrica de gas	Gas natural	Madera y desechos de madera
	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
1990	0,0	0,0	2.394,4	0,0	2.068,7	6.300,3	75.372,9
1991	0,0	0,0	278,4	3.388,8	2.132,8	6.620,6	79.004,3
1992	0,0	0,0	3.631,4	0,0	2.347,5	6.876,8	82.178,3
1993	0,0	0,0	2.748,4	0,0	2.419,1	7.023,8	86.279,1
1994	0,0	0,0	2.565,5	0,0	2.513,3	7.087,8	91.465,7
1995	0,0	0,0	1.591,0	0,0	2.573,6	7.374,2	96.922,7
1996	0,0	0,0	3.555,9	0,0	2.690,4	7.566,4	102.721,9
1997	0,0	0,0	2.841,0	0,0	2.671,6	8.169,1	107.858,6
1998	0,0	0,0	1.336,4	0,0	2.848,7	7.913,1	107.844,9
1999	0,0	0,0	1.030,2	0,0	1.793,6	9.567,3	110.008,6
2000	0,0	0,0	529,0	0,0	1.616,5	12.540,3	111.106,4
2001	0,0	0,0	421,6	0,0	1.578,8	16.380,0	113.305,9
2002	0,0	0,0	719,9	0,0	1.224,6	16.673,9	113.874,7
2003	0,0	0,0	326,2	0,0	1.239,7	17.533,1	114.443,5
2004	2,3	0,0	1.258,6	0,0	816,2	18.254,4	115.345,3
2005	44,4	0,0	683,4	0,0	797,4	19.626,7	115.614,4
2006	4,5	0,0	583,8	0,0	1.035,9	19.910,0	116.191,0
2007	9,8	0,0	462,7	0,0	1.149,8	21.654,3	116.775,4
2008	2,8	0,0	463,2	0,0	959,9	19.754,3	117.355,8
2009	0,0	0,0	345,8	0,0	882,4	21.181,7	117.942,6
2010	0,0	0,0	204,2	0,0	569,1	21.518,2	118.532,3
2011	0,0	87,5	100,9	0,0	674,7	21.243,9	125.682,7
2012	0,0	0,0	99,4	0,0	754,5	21.506,7	138.779,6
2013	0,0	0,0	97,3	0,0	674,2	22.238,5	140.242,7

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.11.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión de los combustibles usados para la estimación de las emisiones de GEI de la subcategoría fueron casi en su totalidad factores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 89 presenta los factores de emisión usados.

Tabla 89. 1.A.4. Otros sectores: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría

Combustible	kg CO_2/TJ	kg CH_4/TJ	kg N_2O/TJ
Gasolina para motor	69.300	10	0,6
Gasolina para la aviación	70.000	10	0,6
Queroseno para motor a reacción	71.500	10	0,6
Otro queroseno	71.900	10	0,6
Gas/Diésel oil	74.100	10	0,6
Fuelóleo residual	77.400	10	0,6

Combustible	kg CO_2/TJ	kg CH_4/TJ	kg N_2O/TJ
Gases licuados de petróleo	63.100	5	0,1
Nafta	73.300	10	0,6
Gas de refinería	57.600	5	0,1
Otro carbón bituminoso*	94.600	300 (10)	1,5
Coque para horno de coque y coque de lignito*	107.000	300 (10)	1,5
Gas de fábrica de gas	44.400	5	0,1
Gas natural	56.100	5	0,1
Madera y desechos de madera	112.000	300	4,0

(*) Para el componente Comercial/Institucional es el número entre paréntesis para emisiones de CH_4.
Fuente: ET de Energía del MINENERGIA con base en las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 2.4 y 2.5; Capítulo 2; Volumen 2)

3.2.11.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para cada tipo de combustible y para cada GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en laTabla 90.

Tabla 90. 1.A.4. Otros sectores: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	CH_4	50,0%	50,0%	70,0%	230,0%	86,0%	235,4%
1.A.4.	Otros sectores - Biomasa	N_2O	50,0%	50,0%	70,0%	230,0%	86,0%	235,4%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles gaseosos	CH_4	12,5%	12,5%	70,0%	230,0%	71,1%	230,3%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles gaseosos	CO_2	12,5%	12,5%	5,0%	5,0%	13,5%	13,5%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles gaseosos	N_2O	12,5%	12,5%	70,0%	230,0%	71,1%	230,3%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles líquidos	CH_4	12,5%	12,5%	70,0%	230,0%	71,1%	230,3%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles líquidos	CO_2	12,5%	12,5%	5,0%	5,0%	13,5%	13,5%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles líquidos	N_2O	12,5%	12,5%	70,0%	230,0%	71,1%	230,3%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles sólidos	CH_4	12,5%	12,5%	70,0%	230,0%	71,1%	230,3%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles sólidos	CO_2	12,5%	12,5%	5,0%	5,0%	13,5%	13,5%
1.A.4.	Otros sectores - Combustibles sólidos	N_2O	12,5%	12,5%	70,0%	230,0%	71,1%	230,3%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Con respecto a los datos de actividad, el BNE de Chile no cuenta con una estadística sobre la exactitud e incertidumbre de los datos. Dado esto, el Equipo Técnico de Energía (elaboradores del BNE) aplicó los valores de incertidumbre recomendados por las *Directrices del IPCC de 2006* que para <<sistema estadístico menos desarrollado>> y <<por Sondeo>> debería ser entre ±10 % y ±15 % (Cuadro 2.15, Capítulo 2, Volumen 2) considerándose como combustión industrial de bajo consumo. Con base en la construcción del BNE y de acuerdo a sus elaboradores, se definió una incertidumbre del ±12,5 % para todos los combustibles de esta subcategoría, excepto para la biomasa que según el mismo procedimiento se estableció en ±50 %.

Con respecto a los factores de emisión, se usaron FE por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. Dado esto, se aplicaron valores de incertidumbre inferidos a partir de los valores superiores e inferiores reportados por las *Directrices del IPCC de 2006*. Para el CO_2 la incertidumbre usada es ±5 % (Cuadro 2.3; Capítulo 2; Volumen 2), mientras que para CH_4 y N_2O fueron -70 % y +230 % (Cuadro 2.4 y Cuadro 2.5; Capítulo 2; Volumen 2). Para estimarlos se calcularon los porcentajes que representan los valores superiores e inferiores con respecto al valor central para los

principales combustibles usados en Chile. Luego se tomó el mayor valor y se truncaron los decimales. Se asumió que el metanol también tiene esta incertidumbre.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto.

3.2.11.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. La principal fuente de datos, el BNE, contiene variaciones en su elaboración a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el Equipo Técnico de Energía ha tenido que realizar cambios y ajustes, los cuales se detallan en la sección 3.2.8.3.1. *supra*.

3.2.11.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

3.2.11.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Energía se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Energía. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_1ENER*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos:

- Revisión detallada de cada archivo anual del BNE, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Generación de una planilla consolidada de datos de actividad que traduce mediante vínculos automatizados los valores del BNE al formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos. Evitando la transcripción manual de datos y posibles errores asociados.
- Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.
- Chequeo de la importación de datos desde los BNE a la planilla anual consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Verificar que los datos o parámetros que se repiten en varios años sean consistentes
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.

Verificación de cálculos:

- Verificar los cambios metodológicos y de datos que resultan en recálculos.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Comparación de resultados con procedimiento anterior y el actual
- Comparación de resultados del método sectorial versus *Método de referencia*.

Verificación de la documentación

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

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

Verificación del informe

- Verificar que las tablas e imágenes del informe correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

3.2.11.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Energía*, el Equipo Técnico de Energía ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Energía como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_1ENER*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

3.2.11.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

3.2.11.7. Recálculos

3.2.11.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

En esta subcategoría se agregaron las emisiones de vehículos todo terreno y otra maquinaria. Esto se logró gracias a la desagregación de *Transporte terrestre* descrita en la sección de *Transporte*. Como se menciona al inicio de esta sección, este subcomponente está compuesto por las emisiones correspondientes a la fracción de tractores del parque vehicular.

3.2.11.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

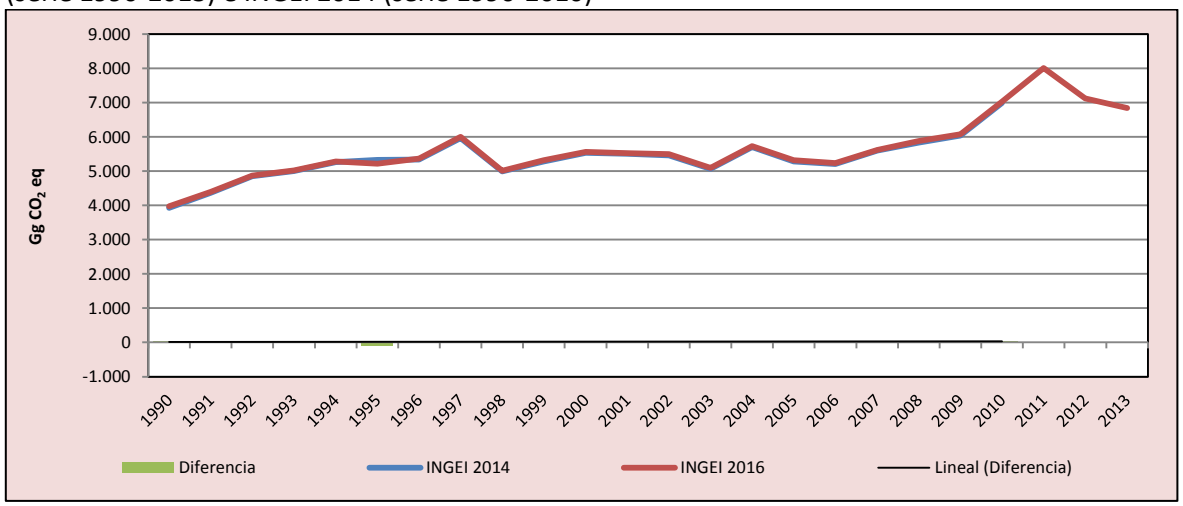
Como se observa en la Tabla 91 y Figura 56, el cambio realizado prácticamente no tuvo impacto en las emisiones de GEI de la subcategoría, la diferencia en emisiones en esta subcategoría promedia menos del 1 % al alza, ya que como se agregaron emisiones, las del INGEI 2016 aumentaron con respecto a las del INGEI 2014.

Tabla 91. 1.A.4. Otros sectores: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	3.929,1	5.531,9	6.989,3			
INGEI 2016	3.974,8	5.562,1	7.028,2	8.014,6	7.122,8	6.846,4
Diferencia	**45,7**	**30,2**	**38,9**			
%	**1,2%**	**0,5%**	**0,6%**			

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 56. 1.A.4. Otros sectores: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.2.11.8. Plan de mejoramiento

Con base en las recomendaciones como resultado de los procesos de revisión externa (garantía de la calidad) y al análisis propio del Equipo Técnico de Energía, el plan de mejoramiento de sector *Energía* se basa en su mayoría a acciones para mejorar la calidad de las estadísticas energéticas nacionales mediante el mejoramiento del BNE.

Mejoras específicas para la presente subcategoría no se contemplan en la actualidad.

3.2.12. No especificado (1.A.5.)

Esta subcategoría incluye todas las emisiones de quema de combustible que no se hayan declarado en otra categoría. En particular considera la quema de combustible de militares dentro del país y de manera informativa en operaciones multilaterales.

La quema de combustible de esta subcategoría se reporta en la subcategoría 1.A.4.a. *Comercial/institucional*. Por lo que el país lo reporta con la nomenclatura IE (incluido en otro lugar).

No es posible desagregar esta información ya que de la forma en que se presentan actualmente se resguarda la confidencialidad de ellos.

3.3. Emisiones fugitivas

3.3.1. Descripción de la categoría

Se consideran emisiones fugitivas a todas las emisiones intencionales o no intencionales de GEI liberadas durante la extracción, el procesamiento, almacenamiento y la distribución de combustibles fósiles.

En el contexto nacional, las actividades que se consideran dentro de esta categoría son, en el caso de los combustibles sólidos, minería y posminería del carbón, tanto para minas subterráneas como superficiales. Para el petróleo se consideran las emisiones fugitivas producto del venteo, la producción y refinación (cuando son procesos integrados), el transporte de crudo y la refinación para la generación de productos finales refinados. En el caso del gas natural se consideran las emisiones del venteo, la producción, el procesamiento, la transmisión, almacenamiento y distribución.

3.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de ambas subcategorías contabilizaron 882,6 Gg CO_2 eq (menos del 1,0 % de las emisiones de GEI del sector *Energía*), disminuyendo en un 53,4 % desde 1990 y en un 13,3 % desde 2010 (Tabla 92 y Figura 57). Las principales causantes de la disminución son la reducción de la producción de carbón de la minería subterránea y superficial, y la caída de la oferta de gas natural desde Argentina.

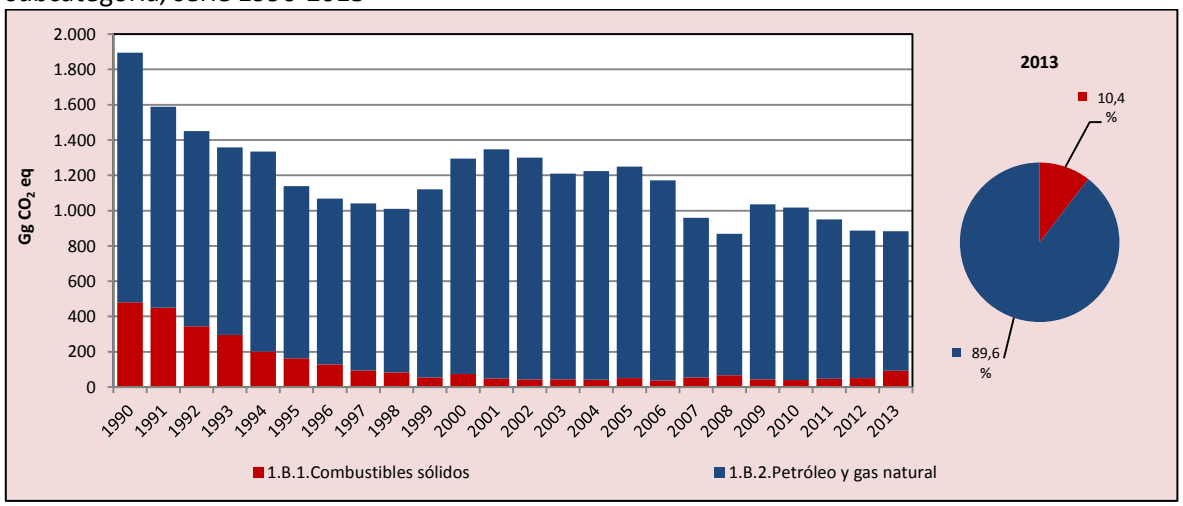
Respecto a las subcategorías, el *Petróleo y gas natural* es la de mayor relevancia con un 89,6 %, seguido de *Combustibles sólidos* con un 10,4 % restante. Las variaciones interanuales observadas se deben principalmente a cambios en la oferta del gas natural.

Tabla 92. 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.B.1.Combustibles sólidos	481,5	74,2	40,0	47,5	51,1	92,1
1.B.2.Petróleo y gas natural	1.412,7	1.221,0	977,9	902,3	835,9	790,6
Total	**1.894,1**	**1.295,2**	**1.017,9**	**949,7**	**887,1**	**882,6**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 57. 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría *Emisiones fugitivas* se aplicó una metodología Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* con factores de emisión por defecto. Las ecuaciones presentadas en las *Directrices*, a diferencia de la categoría *Actividades de Quema de combustible,* se encuentran descritas por subcategoría por lo que en este informe se presentan de la misma forma. En la Tabla 93 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 93. 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NA, NE	NA, NE
1.B.1. Combustibles sólidos	NA, NE	NA, NE	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NA	NA
1.B.2. Petróleo y gas natural	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NE	NA, NE
1.B.3. Otras emisiones provenientes de la producción de energía	NE	NE	NE	NE	NE	NE

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.3.4. Combustibles sólidos (1.B.1.)

3.3.4.1. Descripción de la subcategoría

En la formación del carbón los procesos geológicos producen a la vez metano (CH_4) el que se libera durante la extracción, procesamiento y distribución del carbón e incluso después de abandonada la mina.

En la Tabla 94 se presentan los componentes y su relación con los datos nacionales que lo comprenden.

Tabla 94. 1.B.1. Combustibles sólidos: componentes y supuestos relevantes

Componente	Definición IPCC	Anuario COCHILCO (*)	Observaciones
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón	Incluye todas las emisiones fugitivas de carbón.		
1.B.1.a.i. Minas subterráneas	Incluye la extracción, posextracción, minas abandonadas y quema de figa de metano	Tablas 60.1; 60.2; 60.3 para VIII y 62.1; 62.2 para X.	Producción de carbón en las regiones VIII y X
1.B.1.a.i.1. Minería	Incluye emisiones de gas por las grietas venteado por sistema de ventilación y desgasificación		
1.B.1.a.i.2. Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	Emisiones de CH_4 y CO_2 del carbón extraído, procesado, almacenado y transportado		
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	Incluye emisiones de gas por grietas.	Tablas 64.1 y 64.2 para XII	Producción de carbón en la región XII
1.B.1.a.ii.1. Minería	Emisiones de CH_4 y CO_2 en la extracción, de los estratos involucrados y por fuga.		
1.B.1.a.ii.2. Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	Emisiones de CH_4 y CO_2 del carbón extraído, procesado, almacenado y transportado		

(*) COCHILCO: Comisión Chilena del Cobre
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.3.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

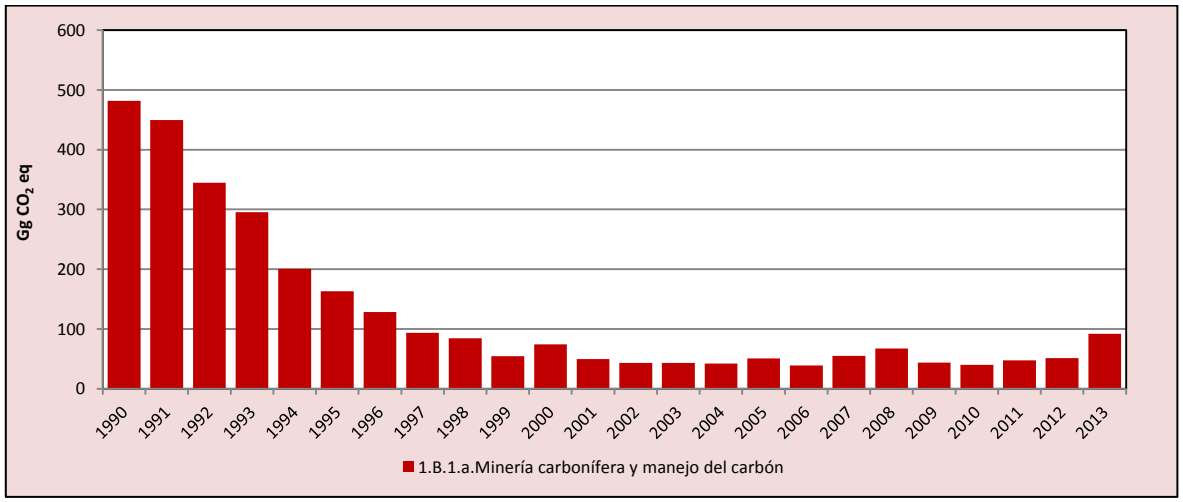
En 2013, las emisiones de GEI de la subcategoría contabilizaron 92,1 Gg CO_2 eq, disminuyendo en un 80,9 % desde 1990 y en un 24,1 % desde 2010 (Tabla 95 y Figura 58). Esta disminución se debe a que se han cerrado minas y ha bajado la producción de carbón a nivel nacional.

Tabla 95. 1.B.1. Combustibles sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.B.1.a.Minería carbonífera y manejo del carbón	445,5	74,2	40,0	47,5	51,1	92,1
Total	**445,5**	**74,2**	**40,0**	**47,5**	**51,1**	**92,1**

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 58. 1.B.1. Combustibles sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.3.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* usando datos de actividad desde la producción de carbón de anuarios de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) y factores de emisión por defecto.

Ecuación 7. 1.B.1. Combustibles sólidos: emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las emisiones fugitivas Nivel 1

$$\boldsymbol{Emisión_{GEI} = Producción\ de\ carbón_{tipo\ de\ mina} \times Factor\ de\ emisión_{GEI} \times Factor\ de\ conversión\ de\ unidades}$$

Fuente: Ecuación 4.1.1; Capítulo 4; Volumen 2; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $Emisión_{GEI}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero (m^3).
- $Producción\ de\ carbón$ = cantidad de carbón producido (ton).
- $Factor\ de\ emisión$ = factor de emisión por defecto para un gas de efecto invernadero (m^3/tonelada)
- $Factor\ de\ conversión\ de\ unidades$ = en caso de que sea necesario

La Tabla 96 resume los métodos que se usaron para cada componente de la subcategoría. En las minas de carbón no se libera espontáneamente N_2O por lo que en esta subcategoría no aplica calcular sus emisiones. Emisiones de CO_2 se espera que existan, pero en niveles no significativos por lo que tampoco se calculan.

Tabla 96. 1.B.1. Combustibles sólidos: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.B.1. Combustibles sólidos	NA, NE	NA, NE	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	NA	NA
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón	NA	NA	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA	NA
1.B.1.a.i. Minas subterráneas	NA	NA	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA	NA
1.B.1.a.i.1. Minería	NA	NA	T1	D		
1.B.1.a.i.2. Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	NA	NA	T1	D		
1.B.1.a.i.3. Minas subterráneas abandonadas	NA	NA	NE	NE		
1.B.1.a.i.4. Quema en antorcha de metano drenado o conversión de metano en CO_2	NA	NA	NO	NO	NA	NA
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	NA	NA	T1	D		
1.B.1.a.ii.1. Minería	NA	NA	T1	D		
1.B.1.a.ii.2. Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	NA	NA	T1	D		
1.B.1.b. Combustión espontánea y vertederos para quema de carbón	NE	NE	NA	NA	NA	NA

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.3.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La fuente de datos de actividad para la subcategoría *Combustibles sólidos* fue el *Anuario estadístico del cobre y otros minerales*, elaborado por la COCHILCO. Este anuario informa una serie de tiempo de 20 años, por lo que se consultaron las series 1990-2009, 1991-2010 y 1994-2013 (COCHILCO, 2014). En este se reportan las toneladas de carbón extraído en un año por región y se asume que la extracción de las regiones VIII y X son subterráneas y la de la XIII superficial. Esto debido a las minas existentes en cada región (Catamutun, 1999). La Tabla 97 presenta los valores correspondientes.

Tabla 97. 1.B.1. Combustibles sólidos: datos de actividad de producción de carbón (toneladas) por componente, serie 1990-2013

Años	1.B.1.a.	1.B.1.a.i	1.B.1.a.i.1	1.B.1.a.i.2	1.B.1.a.ii.	1.B.1.a.ii.1	1.B.1.a.ii.2
	Minería carbonífera y manejo del carbón	Minas subterráneas	Minería	posminería	Minas de superficie	Minería	posminería
	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
1990	5.458.600	3.194.860	1.597.430	1.597.430	2.263.740	1.131.870	1.131.870
1991	5.481.140	2.955.440	1.477.720	1.477.720	2.525.700	1.262.850	1.262.850
1992	4.216.180	2.266.400	1.133.200	1.133.200	1.949.780	974.890	974.890
1993	3.586.140	1.943.600	971.800	971.800	1.642.540	821.270	821.270
1994	3.325.920	1.259.080	629.540	629.540	2.066.840	1.033.420	1.033.420
1995	2.969.840	1.005.960	502.980	502.980	1.963.880	981.940	981.940
1996	2.888.160	754.060	377.030	377.030	2.134.100	1.067.050	1.067.050
1997	2.826.340	501.740	250.870	250.870	2.324.600	1.162.300	1.162.300
1998	2.544.790	451.760	225.880	225.880	2.093.030	1.046.515	1.046.515
1999	1.014.700	334.120	167.060	167.060	680.580	340.290	340.290
2000	1.006.700	481.200	240.600	240.600	525.500	262.750	262.750
2001	1.136.180	290.540	145.270	145.270	845.640	422.820	422.820
2002	903.260	259.880	129.940	129.940	643.380	321.690	321.690

Años	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.1 Minería	1.B.1.a.i.2 posminería	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.1 Minería	1.B.1.a.ii.2 posminería
	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
2003	694.560	273.000	136.500	136.500	421.560	210.780	210.780
2004	476.620	280.380	140.190	140.190	196.240	98.120	98.120
2005	1.464.730	276.112	138.056	138.056	1.188.618	594.309	594.309
2006	1.347.488	197.346	98.673	98.673	1.150.142	575.071	575.071
2007	575.986	368.244	184.122	184.122	207.742	103.871	103.871
2008	1.067.584	424.750	212.375	212.375	642.834	321.417	321.417
2009	1.272.148	236.610	118.305	118.305	1.035.538	517.769	517.769
2010	1.237.586	212.036	106.018	106.018	1.025.550	512.775	512.775
2011	1.308.204	262.860	131.430	131.430	1.045.344	522.672	522.672
2012	1.423.428	282.240	141.120	141.120	1.141.188	570.594	570.594
2013	5.804.888	288.626	144.313	144.313	5.516.262	2.758.131	2.758.131

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

En el software los datos se ingresan en toneladas por lo que no se utilizan datos paramétricos ni fórmulas además de la fórmula general para el cálculo de emisiones con el método Nivel 1.

3.3.4.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión usados para el cálculo de las emisiones de GEI fueron los valores por defecto proporcionados por las *Directrices del IPCC de 2006*, diferenciando las actividades consideradas, las características socioeconómicas del país (en vías de desarrollo) y se aplicó el factor promedio. La Tabla 98 presenta los factores de emisión usados.

Tabla 98. 1.B.1. Combustibles sólidos: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría

Tipo de mina	Característica	CH_4 (m^3/t)
Subterránea	Minería	18,0
Subterránea	Posminería	2,5
Superficie	Minería	1,2
Superficie	Posminería	0,1

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las Directrices del IPCC de 2006 (página 4.12, 4.18 y 4.19; Capítulo 4; Volumen 2)

3.3.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, se presenta en la Tabla 99.

Tabla 99. 1.B.1. Combustibles sólidos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
1.B.1.	Combustibles sólidos	CH_4	2,0%	2,0%	60,0%	300,0%	60,0%	300,0%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

La incertidumbre de los datos de actividad proviene de los datos por defecto de las *Directrices del IPCC 2006*. Como solo se trata de tres datos por año, y estas cantidades provienen de una fuente confiable, el error asociado es bastante bajo ±2 % (página 4.16; Capítulo 4; Volumen 2).

Con respecto a los factores de emisión, se usaron FE por defecto de las *Directrices del IPCC 2006.* Se determinó usar un error proporcional a un factor de 3 lo que equivale entre -60 % a +300 % (Cuadro 4.1.2; Capítulo 4; Volumen 2).

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto.

3.3.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

3.3.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

3.3.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Energía se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Energía. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_1ENER*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos:

- Revisión detallada de cada archivo anual del BNE y de anuarios de COCHILCO, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Generación de una planilla consolidada de datos de actividad que traduce mediante vínculos automatizados los valores del BNE al formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos. Evitando la transcripción manual de datos y posibles errores asociados.
- Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.
- Chequeo de la importación de datos desde los BNE y de Anuarios de COCHILCO a la planilla anual consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Verificar que los datos o parámetros que se repiten en varios años sean consistentes
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.

Verificación de cálculos:

- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Comparación de resultados con procedimiento anterior y el actual

Verificación de la documentación

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

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

Verificación del informe

- Verificar que las tablas e imágenes del informe correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

3.3.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Energía*, el Equipo Técnico de Energía ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Energía como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_1ENER*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

3.3.4.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

3.3.4.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

3.3.4.8. Plan de mejoramiento

Con base en las recomendaciones como resultado de los procesos de revisión externa (garantía de la calidad) y al análisis propio del Equipo Técnico de Energía, el plan de mejoramiento de sector *Energía* se basa en su mayoría a acciones para mejorar la calidad de las estadísticas energéticas nacionales mediante el mejoramiento del BNE.

Mejoras específicas para la presente subcategoría no se contemplan en la actualidad.

3.3.5. Petróleo y gas natural (1.B.2.)

3.3.5.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría comprende las emisiones fugitivas provenientes de todas las actividades de petróleo y gas natural con excepción de los aportes de la quema de combustible. Estos sistemas comprenden toda la infraestructura necesaria para producir, recopilar, procesar o refinar y llevar al mercado el gas natural y los productos derivados del petróleo. Las fuentes primarias de estas emisiones pueden incluir las fugas de equipos, pérdidas por evaporación, el venteo, la quema y las emisiones accidentales.

En la Tabla 100 se presentan los componentes y su relación con los datos nacionales que lo comprenden.

Tabla 100. 1.B.2. Petróleo y gas natural: componentes y supuestos relevantes

Componente	Definición IPCC	BNE	Observaciones
1.B.2.a. Petróleo	Emisiones por venteo, quema en antorcha y emanaciones por exploración, producción, transmisión, concentración, refinación del petróleo crudo y distribución de productos.		
1.B.2.a.i. Venteo	Venteo de corrientes y desecho de gas vinculadas a instalaciones petroleras	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Producción bruta de petróleo
1.B.2.a.iii. Todos los demás	Incluye fugas de equipos, pérdidas en almacenamiento, fugas en oleoductos, explosiones de pozos y todas las emisiones fugitivas no justificadas como venteo o quema de antorcha.		
1.B.2.a.iii.2. Producción y refinación	Emisiones fugitivas desde los pozos o minas hasta inicio sistema de transmisión.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Producción bruta de petróleo
1.B.2.a.iii.3. Transporte	Transporte de crudo para su comercialización a refinerías incluyendo oleoductos, buques, camiones. Considera evaporación en descarga y llenado.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Consumo bruto de petróleo
1.B.2.a.iii.4. Refinación	Emisiones fugitivas en refinerías de petróleo.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Consumo bruto de petróleo
1.B.2.b. Gas natural	Emisiones por venteo, quema en antorcha y emanaciones por exploración, producción, transmisión, procesamiento y almacenamiento del gas natural.		
1.B.2.b.i. Venteo	Venteo de corrientes y desecho de gas vinculadas a instalaciones de gas.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Producción bruta de gas natural
1.B.2.b.iii. Todos los demás	Incluye fugas de equipos, pérdidas en almacenamiento, fugas en gasoductos, explosiones de pozos y todas las emisiones fugitivas no justificadas como venteo o quema de antorcha.		
1.B.2.b.iii.2. Producción y refinación	Emisiones fugitivas desde los pozos hasta plantas procesadoras o inicio sistema de transmisión.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Producción bruta de gas natural
1.B.2.b.iii.3. Procesamiento	Emisiones fugitivas de instalaciones de procesamiento de gas.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Consumo bruto de gas natural
1.B.2.b.iii.4. Transmisión y almacenamiento	Emanaciones en sistemas de transporte de gas natural procesado a los mercados (sistemas de distribución o grandes consumidores) y el almacenamiento.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Consumo bruto de gas natural
1.B.2.b.iii.5. Distribución	Emanaciones en la distribución a usuarios finales.	Cuadro 12	(Balance Primario de energía en unidades físicas) Consumo bruto de gas natural

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.3.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

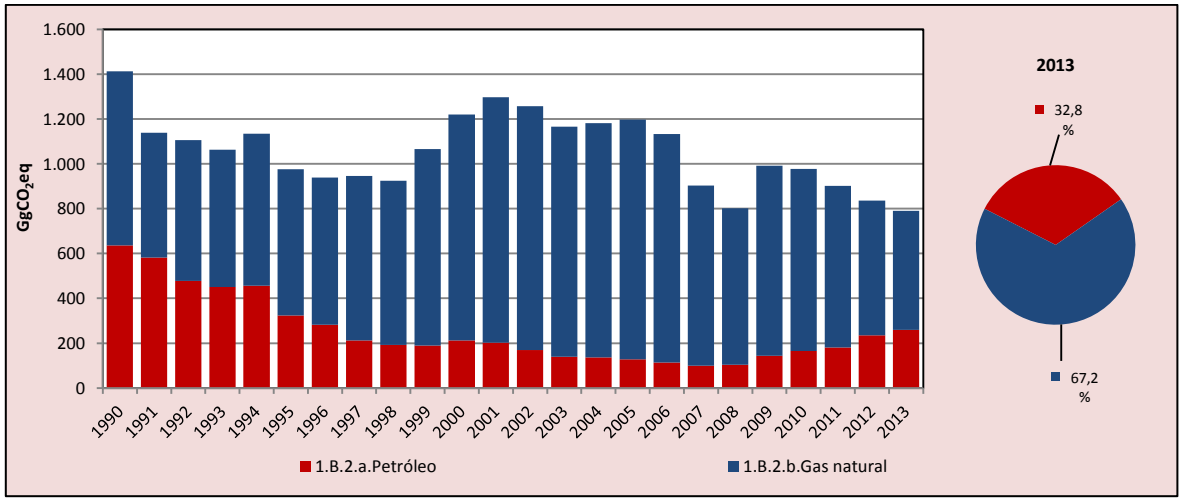
En 2013, las emisiones de GEI de la subcategoría contabilizaron 790,6 Gg CO_2 eq, disminuyendo en un 44,0 % desde 1990 y en un 35,3 % desde 2010 (Tabla 101 y Figura 59). Respecto a los componentes, el *Gas natural* representó el 67,2 % mientras que el *Petróleo* el restante 32,8 %.

Tabla 101. 1.B.2. Petróleo y gas natural: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
1.B.2.a. Petróleo	636,4	212,6	164,7	181,0	234,9	259,3
1.B.2.b. Gas natural	776,2	1.008,4	813,2	721,3	601,0	531,3
Total	1.412,7	1.221,0	977,9	902,3	835,9	790,6

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 59. 1.B.2. Petróleo y gas natural: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.3.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* usando datos de actividad desde el BNE y factores de emisión por defecto.

Ecuación 8. 1.B.2. Petróleo y gas natural: emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las emisiones fugitivas Nivel 1

$$\boldsymbol{Emisión_{GEI,industria} = actividad_{industria} \times Factor\ de\ emisión_{GEI,industria}}$$

Fuente: Ecuación 4.2.1; Capítulo 4; Volumen 2; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $Emisión_{GEI,indutrsia}$ = emisiones por gas de efecto invernadero y por industria (Gg).
- $actividad_{industria}$ = valor de la actividad por industria (unidades de actividad).
- $Factor\ de\ emisión_{GEI,industria}$ = factor de emisión por defecto por gas de efecto invernadero y por industria (Gg/unidades de actividad).

La Tabla 102 resume los métodos que se usaron para cada componente de la subcategoría. En varios componentes las emisiones de N_2O no aplican ya que emisiones de este GEI no ocurren en emisiones fugitivas, solo se generan en la quema de antorcha. En general muchas de las subcategorías o componentes no se estimaron ya que, por ser una categoría que tiene baja

incidencia en el resultado final, los esfuerzos se enfocaron en mejorar aquellas categorías de mayor impacto.

Tabla 102. 1.B.2. Petróleo y gas natural: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1.B.2. Petróleo y gas natural	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NE	NA, NE
1.B.2.a. Petróleo	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NE	NA, NE
1.B.2.a.i. Venteo	T1	D	T1	D	NA	NA
1.B.2.a.ii. Quema en antorcha	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.B.2.a.iii. Todos los demás	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA	NA
1.B.2.a.iii.1. Exploración	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.2.a.iii.2. Producción y refinación	T1	D	T1	D	NA	NA
1.B.2.a.iii.3. Transporte	NE	NE	T1	D	NA	NA
1.B.2.a.iii.4. Refinación	NE	NE	T1	D	NA	NA
1.B.2.a.iii.5. Distribución de productos de petróleo	NE	NE	NE	NE	NA	NA
1.B.2.a.iii.6. Otros	NE	NE	NE	NE	NA	NA
1.B.2.b. Gas natural	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NE	NA, NE
1.B.2.b.i. Venteo	T1	D	T1	D	NA	NA
1.B.2.b.ii. Quema en antorcha	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.B.2.b.iii. Todos los demás	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	NA, NE	NA, NE
1.B.2.b.iii.1. Exploración	NO	NO	NO	NO	NA	NA
1.B.2.b.iii.2. Producción y refinación	T1	D	T1	D	NA	NA
1.B.2.b.iii.3. Procesamiento	T1	D	T1	D	NA	NA
1.B.2.b.iii.4. Transmisión y almacenamiento	NE	NE	T1	D	NA	NA
1.B.2.b.iii.5. Distribución	T1	D	T1	D	NE	NE
1.B.2.b.iii.6. Otros	NE	NE	NE	NE	NE	NE

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
Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

3.3.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La fuente de datos de actividad para la subcategoría *Petróleo y gas natural* provienen de los BNE de las series anuales desde 1990 hasta 2013, en donde se usaron los datos de producción de petróleo y gas natural respectivamente. Estos se obtienen en miles de m^3 para el petróleo y en millones de m^3 para el gas natural y se utilizan con estas mismas unidades en el software del IPCC a excepción del *Venteo de gas natural* que fue llevado de millones a miles de m^3. La Tabla 103 y Tabla 104 presentan los valores correspondientes.

Tabla 103. 1.B.2. Petróleo y gas natural: datos de actividad de producción de *Petróleo* (miles de m^3) por componente, serie 1990-2013

Años	1.B.2.a.i.	1.B.2.a.iii.	1.B.2.a.iii.2.	1.B.2.a.iii.3.	1.B.2.a.iii.4.
	Venteo	Todos los demás	Producción y refinación	Transporte	Refinación
	Miles m3	Miles m3	Miles m3	Miles m3	Miles m3
1990	1.000,4	15.659,5	1.000,4	7.329,5	7.329,5
1991	915,0	15.343,0	915,0	7.214,0	7.214,0
1992	748,0	15.594,0	748,0	7.423,0	7.423,0
1993	706,0	16.560,0	706,0	7.927,0	7.927,0
1994	714,0	17.616,0	714,0	8.451,0	8.451,0
1995	503,0	18.569,0	503,0	9.033,0	9.033,0
1996	438,0	19.226,0	438,0	9.394,0	9.394,0
1997	327,3	20.032,0	327,3	9.852,3	9.852,3

Años	1.B.2.a.i.	1.B.2.a.iii.	1.B.2.a.iii.2.	1.B.2.a.iii.3.	1.B.2.a.iii.4.
	Venteo	Todos los demás	Producción y refinación	Transporte	Refinación
	Miles m3	Miles m3	Miles m3	Miles m3	Miles m3
1998	294,0	21.654,0	294,0	10.680,0	10.680,0
1999	290,0	22.872,0	290,0	11.291,0	11.291,0
2000	326,0	23.016,0	326,0	11.345,0	11.345,0
2001	309,0	23.059,0	309,0	11.375,0	11.375,0
2002	257,0	22.879,0	257,0	11.311,0	11.311,0
2003	210,0	24.316,0	210,0	12.053,0	12.053,0
2004	205,3	24.275,0	205,3	12.034,8	12.034,8
2005	192,0	24.538,8	192,0	12.173,4	12.173,4
2006	168,7	25.339,5	168,7	12.585,4	12.585,4
2007	148,0	23.018,8	148,0	11.435,4	11.435,4
2008	153,5	23.943,3	153,5	11.894,9	11.894,9
2009	216,4	23.164,6	216,4	11.474,1	11.474,1
2010	251,7	19.532,7	251,7	9.640,5	9.640,5
2011	277,0	20.905,0	277,0	10.314,0	10.314,0
2012	362,6	20.231,0	362,6	9.934,2	9.934,2
2013	400,5	21.647,7	400,5	10.623,6	10.623,6

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Tabla 104. 1.B.2. Petróleo y gas natural: datos de actividad de producción de *Gas natural* (miles de m^3) por componente, serie 1990-2013

Años	1.B.2.b.i.	1.B.2.b.iii.	1.B.2.b.iii.2.	1.B.2.b.iii.3.	1.B.2.b.iii.4.	1.B.2.b.iii.5.
	Venteo	Todos los demás	Producción y refinación	Procesamiento	Transmisión y almacenamiento	Distribución
	Miles m3	Miles m3	Miles m3	Miles m3	Miles m3	Miles m3
1990	2.358.419,9	10.480.676,6	2.358.419,9	2.707.418,9	2.707.418,9	2.707.418,9
1991	1.772.000,0	6.473.000,0	1.772.000,0	1.567.000,0	1.567.000,0	1.567.000,0
1992	1.999.000,0	7.351.000,0	1.999.000,0	1.784.000,0	1.784.000,0	1.784.000,0
1993	1.951.000,0	7.102.000,0	1.951.000,0	1.717.000,0	1.717.000,0	1.717.000,0
1994	2.185.000,0	7.516.000,0	2.185.000,0	1.777.000,0	1.777.000,0	1.777.000,0
1995	2.103.000,0	7.269.000,0	2.103.000,0	1.722.000,0	1.722.000,0	1.722.000,0
1996	2.112.000,0	7.341.000,0	2.112.000,0	1.743.000,0	1.743.000,0	1.743.000,0
1997	2.227.000,0	9.964.690,0	2.227.000,0	2.579.230,0	2.579.230,0	2.579.230,0
1998	1.992.000,0	12.975.000,0	1.992.000,0	3.661.000,0	3.661.000,0	3.661.000,0
1999	2.246.000,0	17.249.000,0	2.246.000,0	5.001.000,0	5.001.000,0	5.001.000,0
2000	2.436.000,0	21.804.000,0	2.436.000,0	6.456.000,0	6.456.000,0	6.456.000,0
2001	2.582.000,0	24.536.000,0	2.582.000,0	7.318.000,0	7.318.000,0	7.318.000,0
2002	2.539.000,0	24.679.000,0	2.539.000,0	7.380.000,0	7.380.000,0	7.380.000,0
2003	2.176.000,0	26.128.000,0	2.176.000,0	7.984.000,0	7.984.000,0	7.984.000,0
2004	2.104.372,0	28.104.131,5	2.104.372,0	8.666.586,5	8.666.586,5	8.666.586,5
2005	2.293.992,0	27.445.245,7	2.293.992,0	8.383.751,2	8.383.751,2	8.383.751,2
2006	2.198.863,0	25.473.918,4	2.198.863,0	7.758.351,8	7.758.351,8	7.758.351,8
2007	2.064.265,9	15.783.807,3	2.064.265,9	4.573.180,5	4.573.180,5	4.573.180,5
2008	2.108.433,9	10.071.614,8	2.108.433,9	2.654.393,6	2.654.393,6	2.654.393,6
2009	2.523.093,9	12.179.638,9	2.523.093,9	3.218.848,3	3.218.848,3	3.218.848,3
2010	1.948.147,5	17.798.495,1	1.948.147,5	5.283.449,2	5.283.449,2	5.283.449,2
2011	1.581.000,0	17.700.000,0	1.581.000,0	5.373.000,0	5.373.000,0	5.373.000,0
2012	1.231.648,5	15.870.126,0	1.231.648,5	4.879.492,5	4.879.492,5	4.879.492,5
2013	965.349,4	15.636.054,0	965.349,4	4.890.234,9	4.890.234,9	4.890.234,9

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

3.3.5.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión usados para el cálculo de las emisiones de GEI fueron los valores por defecto proporcionados por las *Directrices del IPCC de 2006*, diferenciando las actividades consideradas y las características socioeconómicas del país (en vías de desarrollo). La Tabla 105 y la Tabla 106 presentan los factores de emisión usados.

Tabla 105. 1.B.2. Petróleo y gas natural: factores de emisión usados para la estimación de GEI del componente Petróleo

Segmento de la Industria	Característica	Factor de emisión escogido	
		CO_2 ($Gg/10^3 m^3$)	CH_4 ($Gg/10^3 m^3$)
Venteo	Valor ponderado	0,00215	0,0104
Producción y mejora	Petróleo convencional	0,002	0,03
Transporte	Tuberías	0	0,000005
Refinamiento	Todo	0	0,000022

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 4.2.5; Capítulo 4; Volumen 2)

Tabla 106. 1.B.2. Petróleo y gas natural: factores de emisión usados para la estimación de GEI del componente Gas natural

Segmento de la Industria	Característica	Factor de emisión escogido	
		CO_2 ($Gg/10^3 m^3$)	CH_4 ($Gg/10^3 m^3$)
Venteo	Transmisión	0,0000052	0,0003900
Producción	Todo	0,0000970	0,1220000
Procesamiento	Transmisión	0,0000200	0,0002500
Transmisión y almacenamiento	Valor Ponderado de transmisión	0	0,0006330
Distribución	Todo	0,0000950	0,0018000

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA con base en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 4.2.5; Capítulo 4; Volumen 2)

3.3.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para cada componente y para cada GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 107.

Tabla 107. 1.B.2. Petróleo y gas natural: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
1.B.1.	Combustibles sólidos	CH_4	2,0%	2,0%	60,0%	300,0%	60,0%	300,0%
1.B.2.a.	Petróleo	CH_4	5,0%	5,0%	75,0%	75,0%	75,2%	75,2%
1.B.2.a.	Petróleo	CO_2	5,0%	5,0%	75,0%	75,0%	75,2%	75,2%
1.B.2.b.	Gas natural	CH_4	5,0%	5,0%	40,0%	250,0%	40,3%	250,0%
1.B.2.b.	Gas natural	CO_2	5,0%	5,0%	40,0%	250,0%	40,3%	250,0%

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

La incertidumbre de los datos de actividad proviene de los datos por defecto de las *Directrices del IPCC 2006*. Como son datos provenientes del BNE, la incertidumbre se fijó en ±5 % (Sección 4.2.2.7.2; Capítulo 4; Volumen 2).

Con respecto a los factores de emisión, se usaron FE por defecto de las *Directrices del IPCC 2006.* Se determinó usar para *Petróleo* ±75 % y para *Gas natural* -40 % y +250 % (Cuadro 4.1.5; Capítulo 4; Volumen 2).

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto.

3.3.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

3.3.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

3.3.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Energía se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Energía. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_1ENER*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Verificación de manejo, entrada y recopilación de datos:

- Revisión detallada de cada archivo anual del BNE y de anuarios de COCHILCO, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Generación de una planilla consolidada de datos de actividad que traduce mediante vínculos automatizados los valores del BNE al formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos. Evitando la transcripción manual de datos y posibles errores asociados.
- Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.
- Chequeo de la importación de datos desde los BNE y de Anuarios de COCHILCO a la planilla anual consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Verificar que los datos o parámetros que se repiten en varios años sean consistentes
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.

Verificación de cálculos:

- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Comparación de resultados con procedimiento anterior y el actual

Verificación de la documentación

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

Verificación del informe

- Verificar que las tablas e imágenes del informe correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.

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

3.3.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Energía*, el Equipo Técnico de Energía ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Energía como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_1ENER*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

3.3.5.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

3.3.5.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

3.3.5.8. Plan de mejoramiento

Con base en las recomendaciones como resultado de los procesos de revisión externa (garantía de la calidad) y al análisis propio del Equipo Técnico de Energía, el plan de mejoramiento de sector *Energía* se basa en su mayoría a acciones para mejorar la calidad de las estadísticas energéticas nacionales mediante el mejoramiento del BNE.

Mejoras específicas para la presente subcategoría no se contemplan en la actualidad.

3.3.6. Otras emisiones provenientes de la producción de energía (1.B.3.)

Esta subcategoría no fue estimada debido a falta de información.

3.4. Transporte y almacenamiento de CO_2 (1.C.)

Esta categoría no ocurre en el país.

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

4.1. Panorama general

4.1.1. Introducción

El sector *Procesos industriales y uso de productos* (*IPPU*) incluye las emisiones de GEI producidas por una gran variedad de actividades industriales que transforman materias primas por medios químicos o físicos. Además, considera el uso de GEI en los productos y los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles. Las principales fuentes de emisión son las descargas provenientes de los procesos industriales que transforman materias primas por medios químicos o físicos. Además, con frecuencia se usan GEI en productos tales como refrigeradores, espumas o latas de aerosol y en equipos eléctricos.

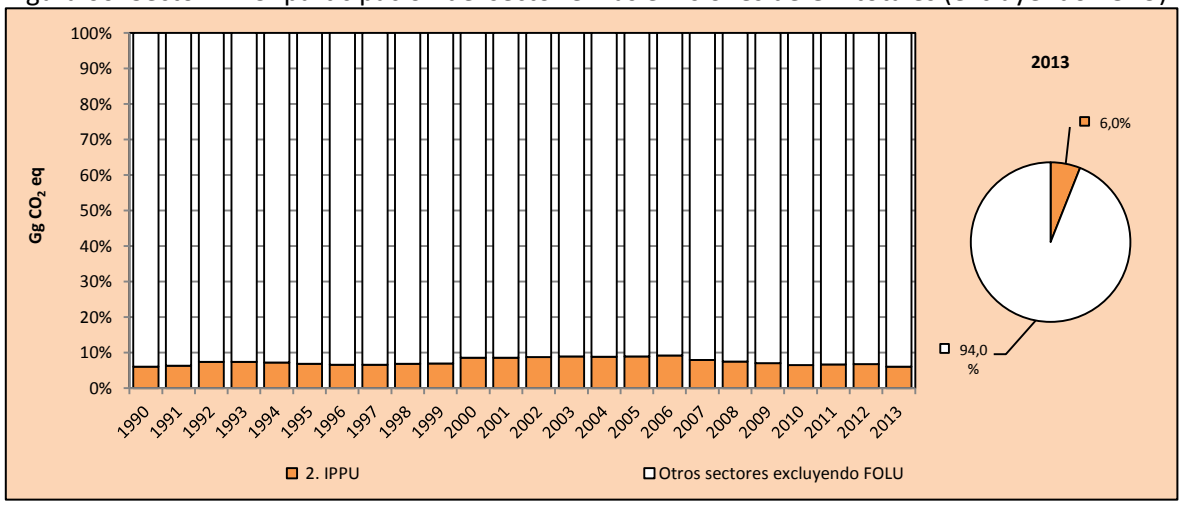
Durante los procesos mencionados puede producirse una gran variedad de GEI, incluidos el CO_2, CH_4, N_2O, hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

En el contexto nacional, en este sector se incluyen las emisiones de los procesos de la industria química, industria de los metales, industria de los minerales, uso de productos no energéticos de combustible; y emisiones asociadas al uso y consumo de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), estos últimos presentes en el país desde el año 2002.

4.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI

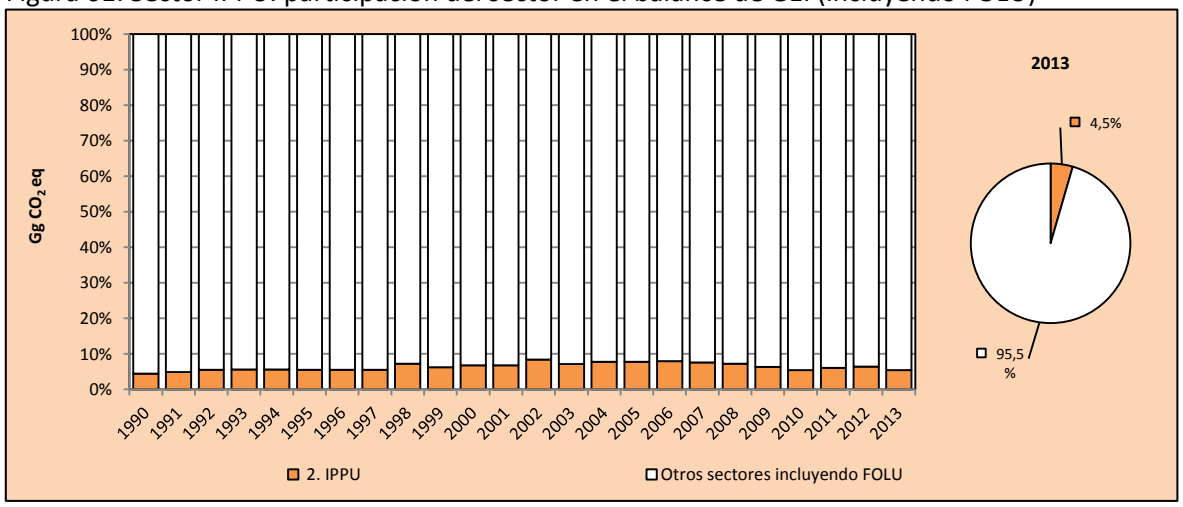
El sector *IPPU* representó el 6,0 % de las emisiones de GEI totales (Figura 60) y el 5,4 % del balance de GEI del país (Figura 61) para el 2013.

Figura 60. Sector IPPU: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 61. Sector IPPU: participación del sector en el balance de GEI (incluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

En el 2013, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 6.619,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 111,7 % desde 1990 y en un 10,2 % desde 2010 (Tabla 108 y Figura 62). Los principales causantes del incremento entre 1990 y 2006 son el crecimiento sostenido de la producción de metanol, la industria del cemento y la industria de la cal. Desde 2006 se observa una abrupta caída de las emisiones, debido a la disminución de la oferta de gas natural desde Argentina, materia prima para la producción de metanol. En 2008 se produce otra fuerte disminución de la actividad industrial del país debido a la crisis económica internacional (Banco Central de Chile, 2015), afectando a la producción de cemento y cal y, especialmente, a la industria del hierro y acero. Esta crisis se mantiene hasta 2010, momento en que se produce una reactivación económica que disminuye nuevamente en 2013. Adicionalmente el consumo de HFC para la refrigeración y climatización aumenta fuertemente en 2012.

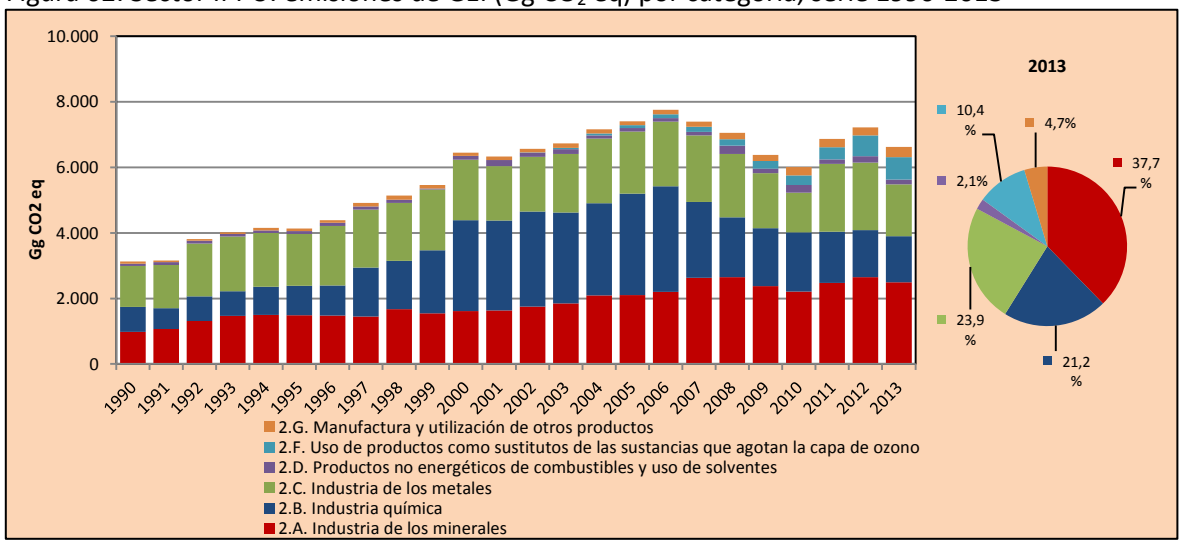
Respecto a las categorías, el 37,7 % de las emisiones de GEI del sector corresponden a la categoría *Industria de los minerales*, seguido de un 23,9 % de *Industria de los metales*, 21,2 % de *Industria química*, 10,4 % de *Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono*, un 4,7 % de *Manufactura y utilización de otros productos* y, finalmente, un 2,1 % de *Productos no energéticos de combustible y uso de solventes*.

Tabla 108. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.A. Industria de los minerales	982,8	1.619,1	2.215,1	2.470,5	2.645,5	2.496,7
2.B. Industria química	755,4	2.768,0	1.797,6	1.566,7	1.437,0	1.400,9
2.C. Industria de los metales	1.249,8	1.849,0	1.209,7	2.073,0	2.066,3	1.584,3
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	75,1	114,8	241,0	128,9	188,0	142,0
2.F. Uso de productos como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NO	NO	290,3	372,6	633,8	686,9
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	64,3	98,6	254,4	256,7	244,3	308,7
Total	**3.127,5**	**6.449,6**	**6.008,1**	**6.868,3**	**7.214,9**	**6.619,4**

NO = No ocurre
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 62. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

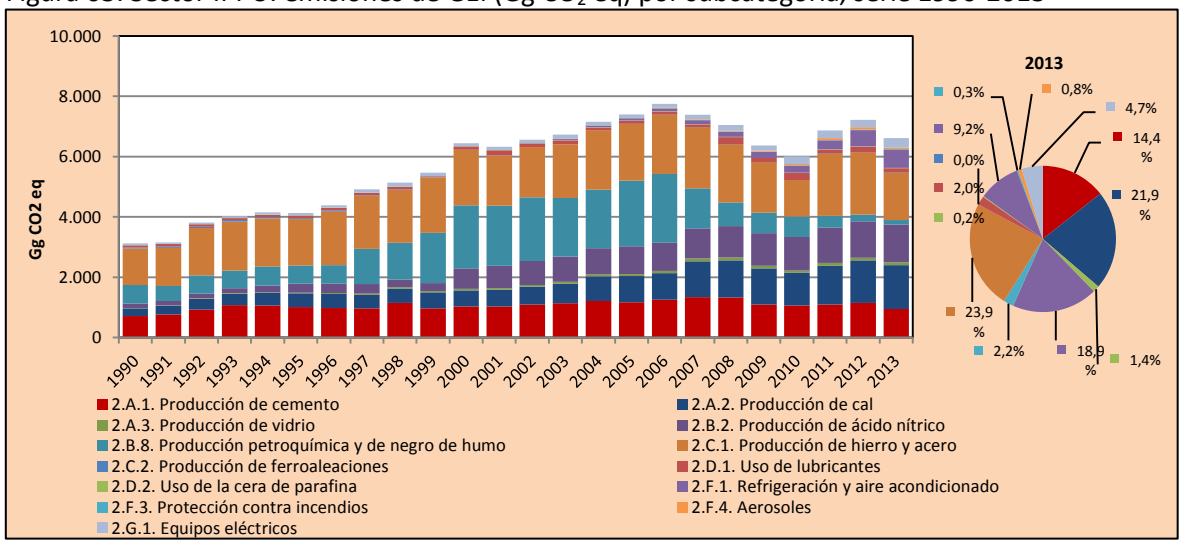
Respecto a las subcategorías (Tabla 109 y Figura 63), *Producción de hierro y acero* es la de mayor importancia con un 23,9 %, seguido de un 21,9 % de *Producción de cal*, 18,9 % de *Producción de ácido nítrico*, 14,4 % de *Producción de cemento*. La subcategoría *Refrigeración y aire acondicionado* contabilizó un 9,2 % y *Equipos eléctricos* un 4,7 %. El restante 6,9 % corresponde a otras subcategorías como *Producción petroquímica y de negro de humo*, *Uso de lubricantes*, *Producción de vidrio*, *Aerosoles*, *Protección contra incendios*, *Uso de cera de parafina* y *Producción de ferroaleaciones*.

Tabla 109. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.A.1. Producción de cemento	714,5	1.028,6	1.065,3	1.099,5	1.147,7	950,7
2.A.2. Producción de cal	256,3	537,9	1.076,4	1.283,7	1.413,1	1.451,3
2.A.3. Producción de vidrio	12,0	52,6	73,4	87,3	84,7	94,6
2.B.2. Producción de ácido nítrico	141,2	675,2	1.124,9	1.167,8	1.210,7	1.253,7
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	614,3	2.092,8	672,7	398,9	226,2	147,2
2.C.1. Producción de hierro y acero	1.218,1	1.840,5	1.209,4	2.072,9	2.066,2	1.584,2
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	31,7	8,5	0,2	0,0	0,1	0,1
2.D.1. Uso de lubricantes	68,1	105,7	231,8	119,9	179,3	130,3
2.D.2. Uso de la cera de parafina	7,1	9,1	9,3	9,0	8,7	11,7
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	0,0	0,0	236,9	298,7	547,3	611,8
2.F.3. Protección contra incendios	0,0	0,0	12,8	15,3	18,6	19,8
2.F.4. Aerosoles	0,0	0,0	40,6	58,6	68,0	55,2
2.G.1. Equipos eléctricos	64,3	98,6	254,4	256,7	244,3	308,7
Total	**3.127,5**	**6.449,6**	**6.008,1**	**6.868,3**	**7.214,9**	**6.619,4**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 63. Sector IPPU: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA.

En 2013, el principal GEI emitido por el sector fue el CO_2, representando un 65,9 % de las emisiones totales de GEI del sector. Lo sigue el N_2O con un 18,9 % y los HFC con un 10,3 %. El SF_6 alcanza un 4,7 % de las emisiones, el CH_4 un 0,2 % y, por último, los PFC totalizan un 0,1 % (Tabla 110 y Figura 64).

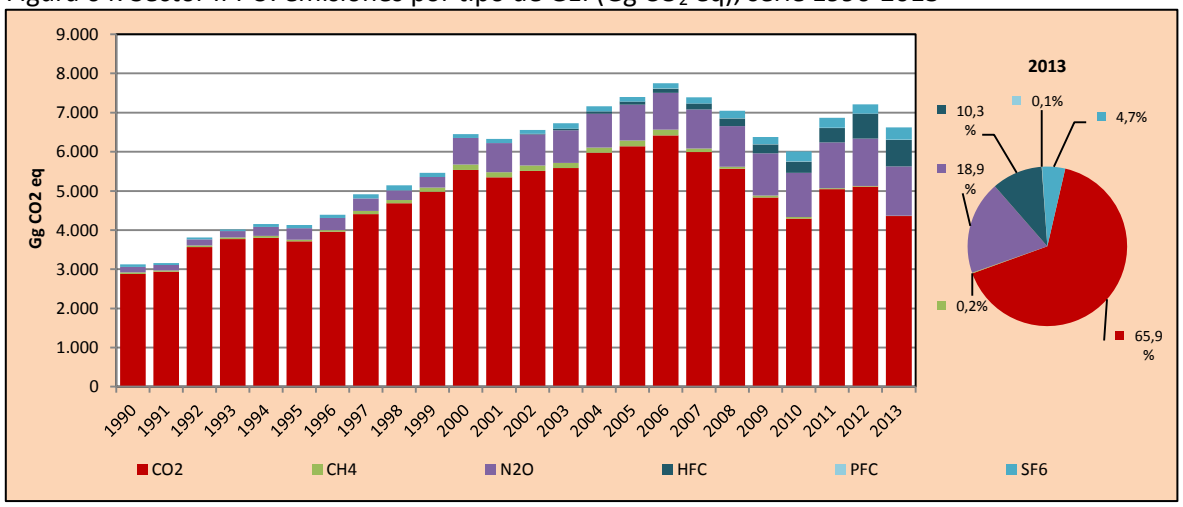
Tabla 110. Sector IPPU: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013

GEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
CO_2	2.880,6	5.535,0	4.293,2	5.044,4	5.110,7	4.360,2
CH_4	41,4	140,8	45,3	26,9	15,2	9,9
N_2O	141,2	675,2	1.124,9	1.167,8	1.210,7	1.253,7
HFC	NO	NO	284,2	366,7	628,2	681,4
PFC	NO	NO	6,1	5,9	5,7	5,4
SF_6	64,3	98,6	254,4	256,7	244,3	308,7
Total	**3.127,5**	**6.449,6**	**6.008,1**	**6.868,3**	**7.214,9**	**6.619,4**

NO = No ocurre

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 64. Sector IPPU: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para la estimación de las emisiones de GEI del sector *IPPU* se aplicaron los métodos Nivel 1 y Nivel 2 propuestos por las *Directrices del IPCC del 2006*. El método Nivel 2 se aplicó para las emisiones de CO_2 de la categoría *Industria de los minerales*. Es importante destacar que se mejoró la desagregación de uso por aplicaciones de gases HFC y PFC para la categoría *Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono*. Además, por primera vez se estimaron las emisiones de SF_6 de los equipos eléctricos en la categoría *Manufactura y utilización de otros productos*. En la Tabla 111 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 111. Sector IPPU: métodos aplicados por categoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2. Procesos industriales y uso de productos	**T1, T2, NA, NE, NO**	**D, NA, NE, NO**	**T1, IE, NA, NO**	**D, IE, NA, NO**	**T1, NA, NE, NO**	**D, NA, NE, NO**	**T1, NA, NE, NO**	**D, NA, NE, NO**	**T1, NA, NE, NO**	**D, NA, NE, NO**	**T1, NA, NO**	**D, NA, NO**
2.A. Industria de los minerales	T2, NE, NO	D, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO						
2.B. Industria química	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C. Industria de los metales	T1, NO	D, NO	IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, NO	D, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO						
2.E. Industria electrónica	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NO	NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO		
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NO	NO	NA, NO	NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
2.H. Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA						

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

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12, mientras que el cálculo de las emisiones de las subcategorías en donde se aplicó el método Nivel 2 se realizó a través de libros de cálculo

elaborados por el Equipo Técnico de IPPU con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

4.1.4. Datos de actividad del sector

En el sector *IPPU* los datos de actividad son en su mayoría producción de las diferentes industrias cuyo proceso conlleva a la emisión de GEI, o bien son cantidades de productos cuyo uso genera la emisión de GEI. Por lo tanto, se cuenta con una gran cantidad de fuentes de datos de actividad estadísticos y paramétricos que incluyen tanto al sector privado (empresas, asociaciones gremiales, etc.) como al sector público (encuestas, anuarios estadísticos, etc.). Mayoritariamente, y de forma muy general, para la estimación de las emisiones del sector se usan las toneladas de sustancia producida o usada. El detalle de los datos de actividad utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada categoría.

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

4.2.1. Descripción de la categoría

La categoría *Industria de los minerales* incluye las emisiones de CO_2 relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

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

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos siguientes:

- Producción de cemento,
- Producción de cal, y
- Producción de vidrio.

4.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Industria de los minerales* es la principal categoría emisora de GEI del sector *IPPU*, representando el 37,7 % de las emisiones de GEI del sector. En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 2.496,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 154,0 % desde 1990 y en un 12,7 % desde 2010. El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es el gran aumento de la industria de la cal, que ha crecido fuertemente desde 2007. También han influido la disminución de la producción de cemento a partir del 2009, debido a la baja de la actividad de construcción, producto de la crisis económica, la que se recupera a partir del 2010 y luego vuelve a bajar en 2013 (Tabla 112 y Figura 65).

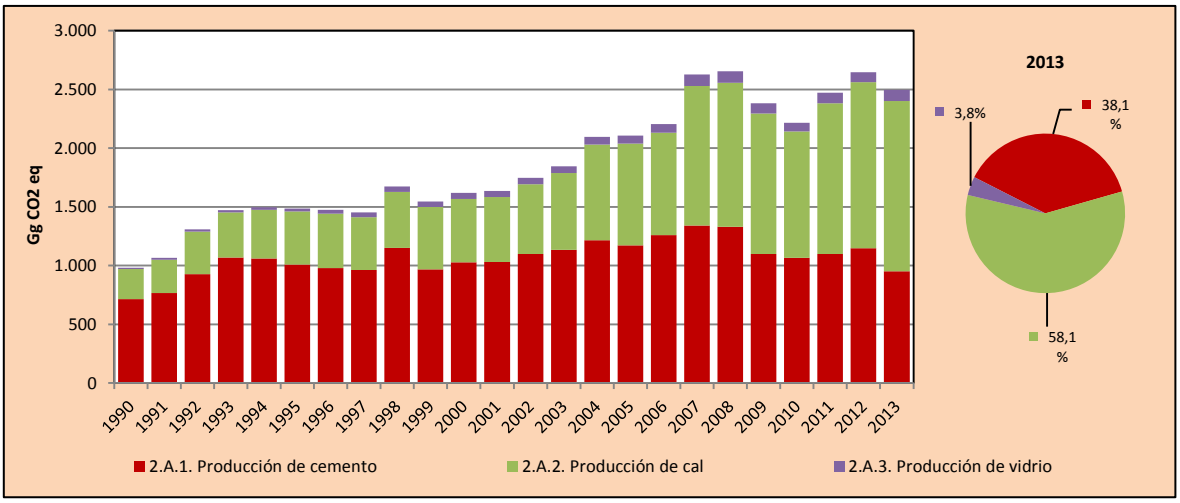
Respecto a las subcategorías, la *Producción de cal* es la de mayor relevancia con un 58,1 %, seguida de un 38,1 % de *Producción de cemento* y un 3,8 % de *Producción de vidrio* (Figura 65).

Tabla 112. 2.A. Industria de los minerales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.A.1. Producción de cemento	714,5	1.028,6	1.065,3	1.099,5	1.147,7	950,7
2.A.2. Producción de cal	256,3	537,9	1.076,4	1.283,7	1.413,1	1.451,3
2.A.3. Producción de vidrio	12,0	52,6	73,4	87,3	84,7	94,6
Total	**982,8**	**1.619,1**	**2.215,1**	**2.470,5**	**2.645,5**	**2.496,7**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 65. 2.A. Industria de los minerales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 2 para todas las subcategorías, usando datos de actividades país específicos desagregados y factores de emisión por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*. Esto constituye una mejora para las subcategorías *Producción de cemento* y *Producción de vidrio* con respecto al inventario anterior. La subcategoría *Otros usos de los carbonatos* no fue estimada por falta de información. En la Tabla 113 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 113. 2.A. Industria de los minerales*:* métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.A. Industria de los minerales	T2, NE, NO	D, NE, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO						
2.A.1. Producción de cemento	T2	D	NA	NA								
2.A.2. Producción de cal	T2	D	NA	NA								
2.A.3. Producción de vidrio	T2	D	NA	NA								
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	NE	NE	NA	NA								
2.A.5. Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						

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

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 2 se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de IPPU con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

4.2.4. Producción de cemento (2.A.1.)

4.2.4.1. Descripción de la subcategoría

En la fabricación del cemento, el CO_2 se genera durante la producción de clínker, un producto intermedio constituido de nódulos, que es sometido a una molturación fina conjuntamente con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) o anhidruro ($CaSO_4$)], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland). Durante la producción del clínker, se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio ($CaCO_3$), para producir cal (CaO) y CO_2 como productos derivados.

El cemento puede fabricarse completamente (por molturación) a partir de clínker importado, en cuyo caso la planta de producción de cemento puede ser considerada libre de toda emisión de CO_2 relacionada con el proceso de fabricación.

Entre 1990 y 2013, la producción de cemento en Chile ha ido en aumento, y se ha atribuido a tres empresas principales que acaparan la totalidad de la producción de cemento nacional.

4.2.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 950,7 Gg CO_2 eq (representando el 38,1 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 33,1 % desde 1990, pero disminuyendo en un 10,8 % desde 2010 (Tabla 112 y Figura 65). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de cemento desde la construcción, lo que condiciona la producción nacional de clínker. Es importante mencionar que, si bien en los últimos años la importación de clínker ha mostrado un aumento constante, para la estimación de las emisiones de GEI solo se considera la producción de clínker nacional.

4.2.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Producción de cemento* se aplicó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC del 2006,* basado en los datos de actividad de la producción nacional de clínker. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 9. 2.A.1. Producción de cemento: emisiones basadas en los datos sobre producción de clínker (Nivel 2)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = M_{cl} \cdot EF_{cl} \cdot CF_{CKD}}$$

Fuente: Ecuación 2.2; Capítulo 2; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*

Dónde:

- Emisiones de CO_2: emisiones de CO_2 provenientes de la producción, toneladas de CO_2
- M_{cl}: peso del clínker producido, toneladas
- EF_{cl}: factor de emisión para el clínker, toneladas de CO_2/toneladas de clínker

- CF_{CKD}: factor de corrección para las emisiones de polvo de horno de cemento (CKD, por sus siglas en inglés), sin dimensión.

4.2.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de la producción de clínker fueron entregados directamente por las tres principales empresas productoras de cemento del país. Sin embargo, esta información presentaba brechas para la serie 1990-1994 y el 2013, por lo que se aplicó un tratamiento de datos para completar los vacíos. El tratamiento aplicado consistió en promediar la relación consumo de clínker/producción de cemento para la serie 1995-2012 y extrapolar esta relación para el resto de la serie. Con esta relación y la producción de cemento, se puede estimar el consumo de clínker para los años con brecha. Luego, se puede despejar la producción de acuerdo a la importación y exportación de clínker. El consumo de clínker es equivalente al clínker producido más el clínker importado menos el clínker exportado, como se muestra en laEcuación 10. La producción de cemento para toda la serie viene del sitio web del Instituto del Cemento y el Hormigón. La Tabla 114 muestra los valores de consumo de clínker y producción de cemento.

Ecuación 10. 2.A.1. Producción de cemento: consumo de clínker y producción de cemento

$$\boldsymbol{Consumo = Producción + Importación - Exportación}$$

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Tabla 114. 2.A.1. Producción de cemento: producción, importación, exportación y consumo de clínker (t), producción de cemento (t) y relación clínker/cemento

Año	Producción de clínker (t)	Importaciones (t)	Exportaciones (t)	Consumo clínker (t)	Producción de cemento (t)	Relación Cl/Cm
1990	1.251.194,0	21,0	0,0	1.251.215,0	2.017.082,0	
1991	1.369.691,0	0,0	0,0	1.369.691,0	2.161.157,5	
1992	1.522.433,0	59.612,0	0,0	1.582.045,0	2.621.486,0	
1993	1.647.057,0	219.594,9	0,0	1.866.651,9	3.020.173,0	
1994	1.705.093,0	92.067,8	0,0	1.797.160,8	2.995.353,0	
1995	1.940.830,0	103.185,3	0,0	2.044.015,2	3.274.389,0	62,4%
1996	1.880.936,0	533.246,4	0,0	2.414.182,4	3.634.035,0	66,4%
1997	1.851.090,0	681.113,6	0,0	2.532.203,6	3.736.078,0	67,8%
1998	2.212.737,0	369.768,6	0,0	2.582.505,6	3.847.622,0	67,1%
1999	1.860.632,0	40.100,0	0,0	1.900.732,0	3.036.227,0	62,6%
2000	1.977.267,0	291.935,7	0,0	2.269.202,7	3.376.570,7	67,2%
2001	1.982.709,0	276.680,0	0,1	2.259.388,9	3.512.648,4	64,3%
2002	2.111.742,0	265.429,2	0,0	2.377.171,1	3.461.682,0	68,7%
2003	2.178.615,0	150.042,6	2,6	2.328.655,0	3.622.411,2	64,3%
2004	2.335.509,0	247.095,2	1,1	2.582.603,1	3.797.603,1	68,0%
2005	2.254.223,0	403.231,2	0,0	2.657.454,2	3.999.122,0	66,5%
2006	2.419.367,0	362.677,7	8.124,2	2.773.920,5	4.111.533,2	67,5%
2007	2.576.089,8	437.809,4	28.168,4	2.985.730,8	4.439.966,7	67,2%
2008	2.558.472,3	632.233,6	3.002,0	3.187.703,9	4.622.329,0	69,0%
2009	2.114.637,6	527.558,9	0,0	2.642.196,5	3.876.297,0	68,2%
2010	2.047.785,2	859.748,6	5.760,0	2.901.773,8	3.871.103,0	75,0%
2011	2.113.566,3	1.270.654,2	11.840,0	3.372.380,6	4.406.069,0	76,5%
2012	2.206.324,2	1.450.385,0	20.527,4	3.636.181,9	4.722.130,0	77,0%
2013	1.522.752,6	1.356.196,7	2.920,0	2.876.029,3	4.671.530,0	

Nota: valores en rojo es información incompleta

Fuente: La producción de cemento provienen del sitio web del ICH (http://ich.cl/?p=109). Los datos de importación y exportación de clínker fueron suministrados por el Servicio Nacional de Aduanas. Los datos de producción de clínker fueron suministrados por las empresas.

El valor promedio, específico de Chile, de la relación consumo de clínker/producción de cemento fue de 68,1 %. Este valor está por debajo de la relación por defecto indicado en las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 2.2.1.3.; Capítulo 2; Volumen 3), correspondiente a un 75 %.

Por lo tanto, los datos de actividad usados para la estimación de las emisiones de GEI son los correspondientes a la Tabla 115.

Tabla 115. 2.A.1. Producción de cemento: producción nacional de clínker (t), serie 1990-2013

Año	Producción de clínker (t)
1990	1.373.448,8
1991	1.471.551,0
1992	1.784.992,7
1993	2.056.462,2
1994	2.039.562,0
1995	1.940.830,0
1996	1.880.936,0
1997	1.851.090,0
1998	2.212.737,0
1999	1.860.632,0
2000	1.977.267,0
2001	1.982.709,0
2002	2.111.742,0
2003	2.178.615,0
2004	2.335.509,0
2005	2.254.223,0
2006	2.419.367,0
2007	2.576.089,8
2008	2.558.472,3
2009	2.114.637,6
2010	2.047.785,2
2011	2.113.566,3
2012	2.206.324,2
2013	1.827.608,9

Nota: valores en rojo es información tratada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.2.4.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión de CO_2 de la producción de clínker depende de su contenido de CaO y la entrada de fuentes no carbonatadas de CaO. Ante la falta de información país específica, se asume que el clínker contiene un 65 % de CaO, que este proviene en un 100 % del $CaCO_3$ y que se alcanza un 100 % de calcinación en el horno de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 2.2.1.2; Capítulo 2; Volumen 3). Por lo tanto, el factor de emisión (EF_{cl}) sin incluir el factor de corrección del CKD es de 0,51 t CO_2/t clínker.

El factor corrector del CKD (CF_{CKD}) tiene por objeto sumar a las emisiones del clínker las emisiones de las materias primas carbonatadas calcinadas. Ante la falta de información país específico que permita estimar este factor, se considera un factor corrector por defecto de un 2 por ciento, es decir, un factor de 1,02.

4.2.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es ±26,5 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 2.2.2; Capítulo 2;

Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 116.

Tabla 116. 2.A.1. Producción de cemento*:* resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.A.1.	Producción de cemento	CO_2	2,0%	2,0%	26,4%	26,4%	26,5%	26,5%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que, a pesar de mejorar el método de estimación, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.2.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013, se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. La principal fuente de los datos de actividad son las tres grandes empresas productoras nacionales de cemento, el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile y el Servicio Nacional de Aduanas. Estos datos de actividad fueron tratados según lo descrito en la sección 4.3.4.3.1. *supra*.

4.2.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.2.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Chequeos cruzados de la tendencia de la información reportada por la industria para la producción de clínker versus la tendencia de la producción de cemento.
- Chequeos cruzados de la tendencia de la información reportada por la industria para la producción de clínker versus la producción de clínker estimada bajo los supuestos de Nivel

1, que considera las importaciones, exportaciones y un contenido de clínker del 75 % para el cemento producido en el país.
- Comparación entre las emisiones calculadas en Nivel 1 versus Nivel 2.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.2.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.2.4.6.3. Verificación

La primera verificación consistió en comparar la producción de clínker con la producción de cemento para la serie 1995-2012, dado que los datos de clínker estaban completos para este período de tiempo. El resultado de la comparación, muestra diferencias para algunos años las que se deben principalmente al aumento en las importaciones del clínker. Además, se aprecian diferencias en la tendencia para los primeros años y los últimos, debido principalmente al fuerte aumento de las importaciones para esos años.

Posteriormente, se comparó la tendencia de la producción de cemento con la tendencia del consumo de clínker para 1995-2012. Si bien la relación entre consumo de clínker (entendido como la producción de clínker, más las importaciones y menos las exportaciones) y producción de cemento oscila entre un 62,4 % y 77,0 %, presentan la misma tendencia, teniendo las mismas alzas y disminuciones.

4.2.4.7. Recálculos

4.2.4.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

La necesidad de la mejora de la estimación de las emisiones de esta subcategoría se debe a que el INGEI anterior la consideraba una categoría principal. Dado esto y la voluntad de las grandes empresas para entregar mejor información, es que se decidió avanzar a la aplicación de un método Nivel 2, basado en la producción de clínker nacional.

4.2.4.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

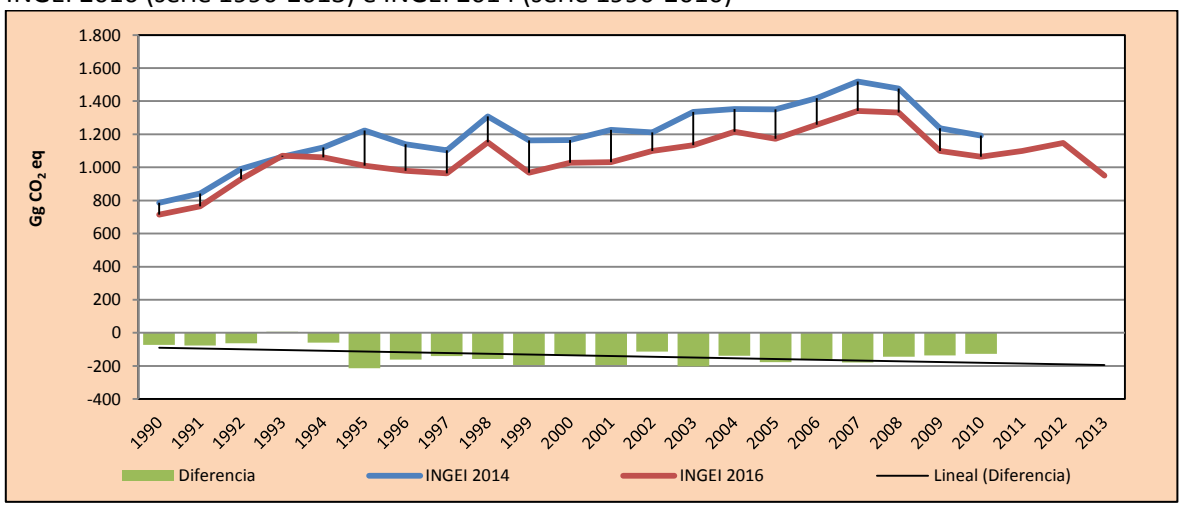
En la Tabla 117 y Figura 66 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe al supuesto de que un 75 % de contenido de clínker en el cemento, sobredimensionando la cantidad de clínker producida en el país. Con los nuevos datos se determinó que la relación de clínker y de cemento es de 68,1 % en promedio. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 135,5 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 117. 2.A.1. Producción de cemento*:* comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	786,7	1.165,1	1.191,8			
INGEI 2016	714,5	1.028,6	1.065,3	1.099,5	1.147,7	950,7
Diferencia	**-72,2**	**-136,5**	**-126,5**			
Diferencia%	**-10,1%**	**-13,3%**	**-11,9%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 66. 2.A.1. Producción de cemento: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.2.4.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales, que tengan participación en la subcategoría, para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país, especialmente aquella relacionada con el contenido de CaO del clínker y los valores necesarios para mejorar el factor corrector de CKD.
- Oficializar las mesas de trabajo con el sector privado por medio del establecimiento algún convenio de cooperación, en el que se incluyan, además, otros procedimientos referidos a la calidad de los datos entregados.

4.2.5. Producción de cal (2.A.2.)

4.2.5.1. Descripción de la subcategoría

La *producción de cal* se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituración y el calibrado, la calcinación de las materias primas para producir cal y (si se requiere) la hidratación de la cal para obtener hidróxido de calcio. El óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma durante el proceso de calcinación, al calentar la piedra caliza para descomponer los

carbonatos. Dicho proceso se hace generalmente en hornos de caña u hornos rotatorios a altas temperaturas, liberándose CO_2.

En Chile los proveedores tradicionales de cal más importantes son cuatro empresas (*Revista Minería Chilena, 2009*). Sin embargo, existen también empresas que producen gran cantidad de cal para consumo propio. Considerando los diferentes usos de este producto, la industria productora de cal en Chile ha crecido considerablemente en los últimos años, presentando una recuperación en los niveles de producción desde el 2011 en adelante, en comparación con la gran desaceleración ocurrida en el 2009.

4.2.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Producción de cal* es la principal subcategoría emisora dentro de la categoría *Industria de los minerales,* representando el 58,1 % de sus emisiones de GEI. En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 1.451,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 466,2 % desde 1990 y en un 34,8 % desde 2010 (Tabla 112 y Figura 65). La principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de cal por las diferentes industrias, como la minería, lo que condiciona la producción nacional de cal, que ha ido en constante aumento.

4.2.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Producción de cal* se aplicó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en los datos de la producción nacional de cal por tipo. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 11. 2.A.2. Producción de cal: emisiones basadas en los datos de producción nacional de cal, por tipos (Nivel 2)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (EF_{cal,i} \cdot M_{l,i} \cdot CF_{lkd,i} \cdot C_{h,i})}$$

Fuente: Ecuación 2.6; Capítulo 2; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- Emisiones de CO_2: emisiones de CO_2 provenientes de la producción de cal, toneladas de CO_2
- $EF_{cal,i}$: factor de emisión para la cal tipo *i*, toneladas de CO_2/toneladas de cal
- $M_{l,i}$: producción de cal de tipo *i*, toneladas
- $CF_{lkd,i}$: factor de corrección para las emisiones del polvo de horno de cal (LKD, por sus siglas en inglés) para la cal de tipo *i*, sin dimensión
- $C_{h,i}$: factor corrector para la cal hidratada del tipo de cal *i*, sin dimensión.

4.2.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de la producción de cal fueron entregados por las grandes empresas productoras. Es importante mencionar que en el país solo se produce cal viva (con fuerte proporción de calcio). En la Tabla 118 se presenta el total de la producción nacional para toda la serie.

Tabla 118. 2.A.2. Producción de cal: producción nacional de cal viva (t), serie 1990-2013

Año	Producción de cal viva (t)
1990	345.414,6
1991	384.446,8
1992	487.882,8
1993	516.434,2
1994	558.065,8
1995	609.939,8
1996	625.324,5
1997	603.893,1
1998	643.149,0
1999	717.364,2
2000	724.921,7
2001	744.917,7
2002	799.334,2
2003	880.769,1
2004	1.097.932,9
2005	1.168.271,4
2006	1.176.143,7
2007	1.600.624,6
2008	1.649.963,6
2009	1.611.343,2
2010	1.450.540,1
2011	1.729.969,2
2012	1.904.263,6
2013	1.955.862,0

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.2.5.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión de CO_2 depende de la relación estequiométrica entre el CO_2 y el CaO (SR_{CaO}), y del contenido de CaO de la cal. Para la cal viva o cal con fuerte proporción de calcio, el cociente estequiométrico es de 0,785 mientras que el valor por defecto para el contenido de CaO de la cal es de 0,95 (Cuadro 2.4; Capítulo 2; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*). Se utilizan estos valores por defecto al no contar con valores país específicos. De acuerdo a lo anterior, el factor de emisión queda calculado por la ecuación siguiente:

Ecuación 12. 2.A.2. Producción de cal: factores de emisión para la producción de cal (Nivel 2)

$$EF_{cal,a} = SR_{CaO} \cdot Contenido\ CaO$$

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en Ecuación 2.9; Capítulo 2; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*

Dónde:

- $EF_{cal,a}$: factor de emisión para la cal viva, toneladas de CO_2/toneladas de cal
- SR_{CaO}: cociente estequiométrico del CO_2 y CaO, toneladas de CO_2/toneladas de CaO
- Contenido CaO: proporción de CaO en la cal, toneladas de CaO/toneladas de cal

La Tabla 119 detalla el factor de emisión para la cal viva. Además, incluye los factores correctores para el LKD generado como producto derivado; y para la cal viva "apagada" que se transforma en cal hidratada. Ante la falta de información adicional, ambos factores correctores son por defecto.

Tabla 119. 2.A.2. Producción de cal*:* valores usados para la estimación del factor de emisión de CO_2 de la producción de cal viva (con fuerte proporción de calcio)

Tipo de cal	Factor corrector para LKD por defecto (*)	Factor corrector para la cal hidratada por defecto (*)	Factor de emisión (t CO_2/t cal) (**)
Cal viva (con fuerte proporción de calcio)	1,02	0,97	0,75

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en (*) Sección 2.3.1.3.; Capítulo 2; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006* (**) Cuadro 2.4; Capítulo 2; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*

4.2.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±36,4 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 2.3.2.; Capítulo 2; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 120.

Tabla 120. 2.A.2. Producción de cal: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.A.2.	Producción de cal	CO_2	2,0%	2,0%	36,3%	36,3%	36,4%	36,4%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que, a pesar de mejorar el método de estimación, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.2.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Adicionalmente los valores de la serie temporal fueron revisados y, de acuerdo a lo informado por las empresas, no contiene mayores problemas o vacíos.

4.2.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.2.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Comparación entre las emisiones calculadas en Nivel 1 versus Nivel 2.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.2.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.2.5.6.3. Verificación

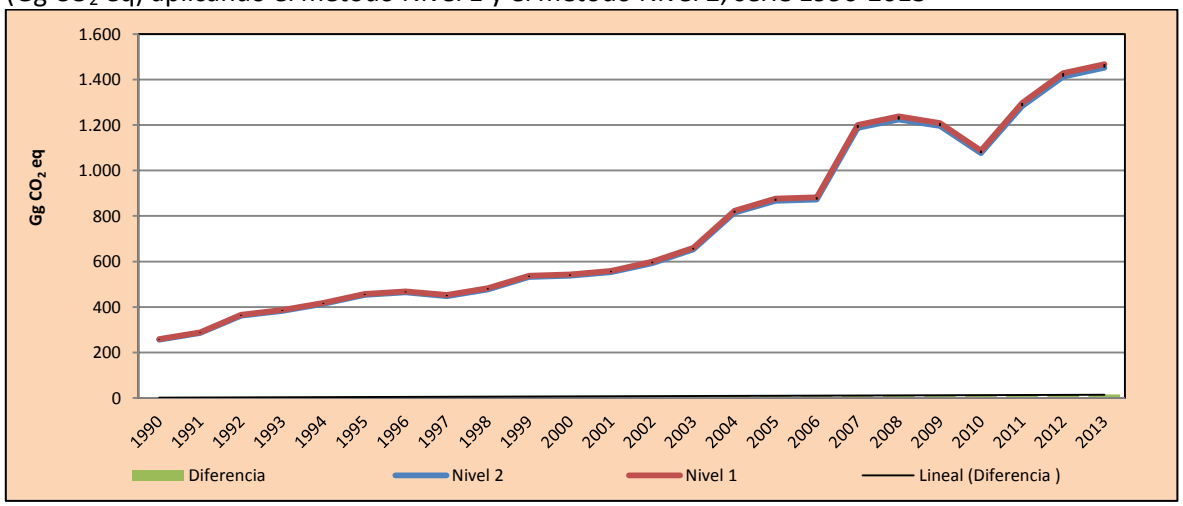
Se compararon las emisiones resultantes de la aplicación del método Nivel 1 y el método Nivel 2 para la categoría (Tabla 121 y Figura 67), la diferencia porcentual entre ambos métodos no supera el 1,1 %, quedando el Nivel 1 por sobre el Nivel 2. Además, no se observan diferencias significativas en la tendencia de las emisiones.

Tabla 121. 2.A.2. Producción de cal*: c*omparación entre la estimación de emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) aplicando el método Nivel 1 y el método Nivel 2, serie 1990-2013

Año	Nivel 2	Nivel 1	Diferencia
1990	256,3	259,1	2,8
1991	285,3	288,3	3,0
1992	362,0	365,9	3,9
1993	383,2	387,3	4,1
1994	414,1	418,5	4,4
1995	452,6	457,5	4,9
1996	464,0	469,0	5,0
1997	448,1	452,9	4,8
1998	477,2	482,4	5,2
1999	532,3	538,0	5,7
2000	537,9	543,7	5,8
2001	552,8	558,7	5,9
2002	593,1	599,5	6,4
2003	653,6	660,6	7,0
2004	814,7	823,4	8,7
2005	866,9	876,2	9,3
2006	872,8	882,1	9,3
2007	1.187,7	1.200,5	12,8
2008	1.224,4	1.237,5	13,1
2009	1.195,7	1.208,5	12,8
2010	1.076,4	1.087,9	11,5
2011	1.283,7	1.297,5	13,8
2012	1.413,1	1.428,2	15,1
2013	1.451,3	1.466,9	15,5

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 67. 2.A.2. Producción de cal*: c*omparación entre la estimación de emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) aplicando el método Nivel 1 y el método Nivel 2, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.2.5.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

4.2.5.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Identificación de todas las empresas productoras de cal, ya que no solo existen plantas que producen este producto para su comercialización, sino, para su consumo interno, como las que producen hierro y acero.
- Oficializar las mesas de trabajo con el sector privado por medio del establecimiento algún convenio de cooperación, en el que se incluyan, además, otros procedimientos referidos a la calidad de los datos entregados.

4.2.6. Producción de vidrio (2.A.3.)

4.2.6.1. Descripción de la subcategoría

Las principales materias primas del vidrio que emiten CO_2 durante el proceso de fundición son: la piedra caliza ($CaCO_3$), la dolomita Ca, $Mg(CO_3)_2$ y la ceniza de sosa (Na_2CO_3). Estos materiales, allí donde se extraen como carbonatos minerales para ser utilizados en la industria del vidrio, representan una producción primaria de CO_2 y deben incluirse en las estimaciones de emisiones.

El vidrio producido en el país se usa para fabricar diversos productos, entre estos, botellas, iluminación, recipientes, vajilla e instrumentos de laboratorio, siendo usado también como material de construcción. Entre 1990 y 2013, la producción de vidrio en Chile ha ido en aumento, y se ha atribuido principalmente al creciente mercado de la elaboración de recipientes de vidrio.

4.2.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de contabilizaron 94,6 Gg CO_2 eq (representando el 3,8 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 686,5 % desde 1990 y en un 28,8 % desde 2010 (Tabla 112 y Figura 65). La principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de vidrio tipo recipiente por parte de la industria, efecto ligado al crecimiento económico del país. Esta relación explica el estancamiento de la producción hacia el 2008 y la disminución durante el 2010 debido al terremoto.

4.2.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Producción de vidrio* se utilizó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC del 2006,* basado en la producción de vidrio y porcentaje de cullet o chatarra de vidrio reciclada por tipo de vidrio, y la aplicación de factor de emisión por defecto. Lo anterior queda representado por la ecuación siguiente:

Ecuación 13. 2.A.3. Producción de vidrio: emisiones basadas en el proceso de fabricación del vidrio (Nivel 2)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i [M_{g,i} \cdot EF_i \cdot (1 - CR_i)]}$$

Fuente: Ecuación 2.11; Capítulo 2; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- Emisiones de CO_2: emisiones totales de CO_2 de la producción total nacional de vidrio
- $M_{g,i}$: masa de vidrio fundido de tipo *i*, toneladas
- EF_i: factor de emisión para la fabricación de vidrio del tipo *i*, toneladas de CO_2/toneladas de producción de vidrio tipo *i*
- CR_i: es la proporción de cullet para la fabricación de vidrio tipo *i,* fracción sin dimensión.

4.2.6.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

En el país se producen dos tipos de vidrio: recipiente y flotado. Los datos de actividad de cada tipo se obtuvieron directamente de los grandes fabricantes. Adicionalmente reportaron el porcentaje de cullet anual, el cual fue ponderado para obtener el promedio nacional por tipo de vidrio. La Tabla 122 presenta el total de la producción nacional y el porcentaje de cullet para toda la serie.

Tabla 122. 2.A.3. Producción de vidrio: producción nacional de vidrio (t) por tipo y porcentaje de cullet, serie 1990-2013

Año	Recipiente		Flotado	
	Producción (t)	% de cullet	Producción (t)	% de cullet
1990	55.272,0	39,0%	29.473,8	20,0%
1991	72.788,0	36,9%	29.473,8	20,0%
1992	90.304,0	35,5%	29.473,8	20,0%
1993	107.820,0	34,6%	29.473,8	20,0%
1994	125.336,0	34,0%	29.473,8	20,0%
1995	146.757,0	35,3%	29.473,8	20,0%
1996	188.852,0	34,5%	49.598,0	30,0%
1997	211.939,0	37,0%	89.468,0	25,0%
1998	221.235,0	35,3%	88.001,0	23,0%
1999	216.340,0	34,9%	90.402,0	20,0%
2000	257.734,0	34,2%	97.347,0	16,9%

Año	Recipiente		Flotado	
	Producción (t)	% de cullet	Producción (t)	% de cullet
2001	260.971,0	33,4%	87.319,0	22,0%
2002	281.391,0	33,0%	88.425,0	16,0%
2003	318.293,6	37,8%	95.308,0	14,0%
2004	342.276,3	33,0%	98.048,0	11,5%
2005	354.179,0	34,2%	102.202,0	12,5%
2006	396.068,0	34,8%	103.018,0	10,6%
2007	535.997,7	29,0%	110.095,0	11,3%
2008	535.515,7	29,9%	108.425,0	11,2%
2009	490.290,0	35,8%	100.726,0	11,0%
2010	522.453,8	36,0%	16.727,0	9,0%
2011	512.636,9	33,3%	90.015,3	18,1%
2012	495.210,0	36,3%	101.958,6	13,8%
2013	533.533,1	32,8%	103.497,0	11,2%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en información de las empresas

4.2.6.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión de CO_2 para la producción de vidrio depende del tipo de producción. Ante la falta de factores de emisión país específico, se aplicó el factor de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 2.6; Capítulo 2; Volumen 3) el cual corresponde a 0,21 kg de CO_2/kg de vidrio, tanto para el vidrio flotado como para el vidrio recipiente.

4.2.6.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es ±12,2 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 2.4.2.; Capítulo 2; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 123.

Tabla 123. 2.A.3. Producción de vidrio: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.A.3.	Producción de vidrio	CO_2	7,1%	7,1%	10,0%	10,0%	12,2%	12,2%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que, a pesar de mejorar el método de estimación, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.2.6.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013, se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Adicionalmente los valores de la serie fueron revisados y, de acuerdo a lo informado por las empresas, no contiene mayores problemas o vacíos.

4.2.6.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.2.6.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Chequeos cruzados de la información entregada por las empresas versus la información pública.
- Chequeo con expertos externos al equipo sectorial de las categorías que involucran procesos productos que no ocurren en el país.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.2.6.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.2.6.6.3. Verificación

Para verificar la calidad de los datos de actividad se comparó la producción nacional, agregada de las empresas, versus lo estimado a partir del índice de producción física para la fabricación de vidrio elaborado por la SOFOFA[15]. La Tabla 124 y Figura 68 muestra que, si bien existen diferencias dado que un valor es una estimación y el otro un agregado de información suministrada por las empresas, la tendencia es la misma, teniendo incluso las mismas variaciones interanuales.

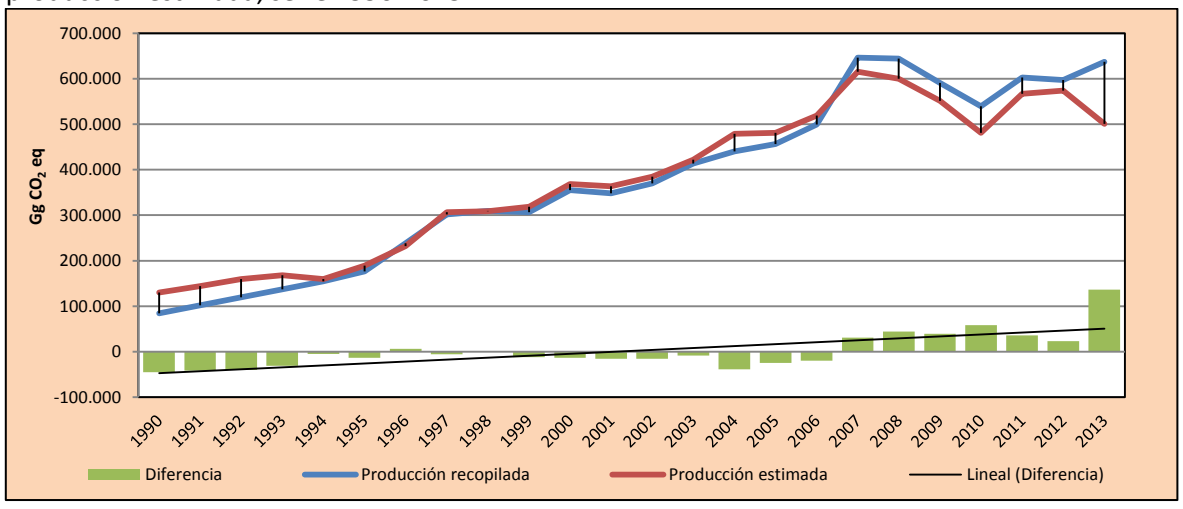
[15] Recuperado de http://web.sofofa.cl/informacion-economica/indicadores-industriales/informacion-sectorial-de-la-industria/minerales-no-metalicos-y-metalica-basica

Tabla 124. 2.A.3. Producción de vidrio: comparación de producción de vidrio recopilada (t) versus producción estimada (t), serie 1990-2013

Año	Producción recopilada	Producción estimada	Diferencia
1990	84.745,8	129.779,0	-45.033,3
1991	102.261,8	143.924,9	-41.663,2
1992	119.777,8	159.757,9	-39.980,2
1993	137.293,8	168.063,8	-30.770,1
1994	154.809,8	159.887,7	-5.078,0
1995	176.230,8	189.217,8	-12.987,0
1996	238.450,0	232.434,2	6.015,8
1997	301.407,0	306.797,6	-5.390,6
1998	309.236,0	309.003,8	232,2
1999	306.742,0	318.607,4	-11.865,4
2000	355.081,0	368.702,1	-13.621,1
2001	348.290,0	363.909,0	-15.619,0
2002	369.816,0	384.925,0	-15.109,0
2003	413.601,6	421.795,2	-8.193,7
2004	440.324,3	479.159,4	-38.835,1
2005	456.381,0	481.268,4	-24.887,4
2006	499.086,0	518.808,2	-19.722,2
2007	646.092,7	615.399,3	30.693,4
2008	643.940,7	599.792,8	44.147,9
2009	591.016,0	551.286,4	39.729,6
2010	539.180,8	480.846,6	58.334,2
2011	602.652,3	566.892,8	35.759,5
2012	597.168,6	574.063,3	23.105,3
2013	637.030,1	500.671,0	136.359,2

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 68. 2.A.3. Producción de vidrio: comparación de producción de vidrio recopilada versus producción estimada, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Por otra parte, las proporciones de cullet se mantienen dentro de lo recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 2.6; Capítulo 2; Volumen 3). Para vidrio de tipo recipiente el rango recomendado oscila entre 30 % y 60 %, mientras que el nacional oscila entre 29 % y 38 %, con un promedio de 35 %. Para el vidrio de tipo flotado el rango recomendado es de un 10 % a 25 %, siendo el nacional de 9 % a 30 % con un promedio de 17 %.

4.2.6.7. Recálculos

4.2.6.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Dado la voluntad de las grandes empresas para entregar mejor información, es que se decidió avanzar a la aplicación de un método Nivel 2, basado en la producción por tipo de vidrio.

4.2.6.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

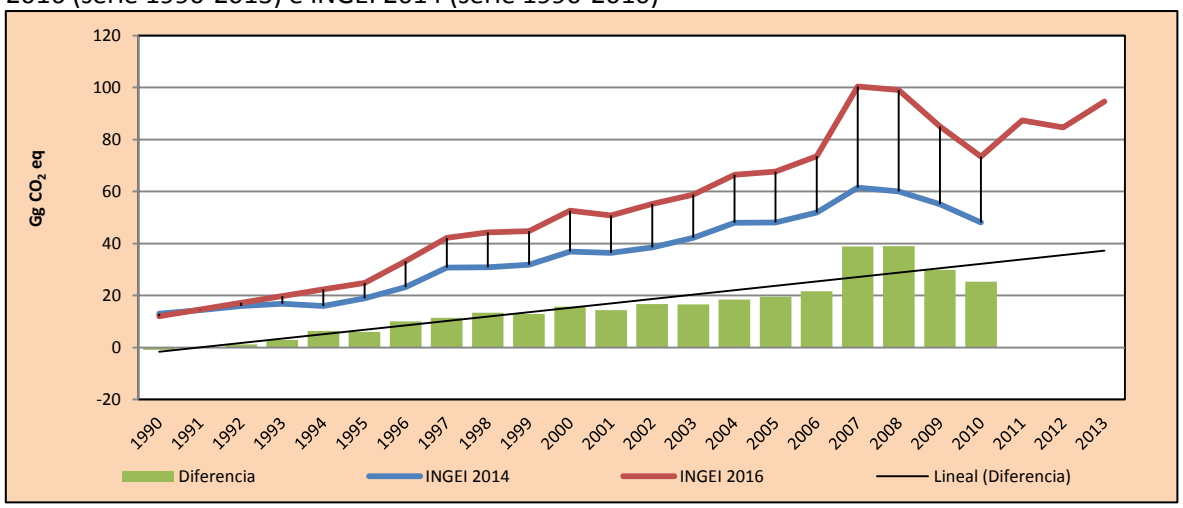
En la Tabla 125 y Figura 69 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe al cambio de método desde el Nivel 1 al método Nivel 2 que implica un aumento del factor de emisión (de 0,20 kg de CO_2/kg de vidrio a 0,21 kg de CO_2/kg de vidrio) y la disminución en la proporción de cullet (de un 50 % por defecto se cambió a un 35 % en promedio para recipiente y 17 % en promedio para flotado). Adicionalmente, la producción recopilada para el presente ejercicio tiene una tendencia al alza mucho más marcada que la producción estimada para el INGEI 2014, lo que explica el aumento constante en la diferencia entre las estimaciones de emisiones. Esto generó un aumento de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 15,2 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 125. 2.A.3. Producción de vidrio: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	13,0	36,9	48,1			
INGEI 2016	12,0	52,6	73,4	87,3	84,7	94,6
Diferencia	**-1,0**	**15,7**	**25,4**			
Diferencia%	**-7,9%**	**29,9%**	**34,5%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 69. 2.A.3. Producción de vidrio: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.2.6.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales, que tengan participación en las categorías principales de emisiones de GEI del sector, para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país.
- Estimar valores de incertidumbre nacionales.
- Oficializar las mesas de trabajo con el sector privado por medio del establecimiento algún convenio de cooperación, en el que se incluyan, además, otros procedimientos referidos a la calidad de los datos entregados.

4.2.7. Otro uso de carbonatos en los procesos (2.A.4.)

Esta subcategoría no fue estimada por falta de datos de actividad.

4.2.8. Otros (2.A.5.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3. Industria química (2.B.)

4.3.1. Descripción de la categoría

La categoría *Industria química* incluye las emisiones de GEI que resultan de la producción de varios productos inorgánicos y orgánicos para los cuales la experiencia de varios países ha confirmado que contribuyen significativamente a los niveles de emisión mundial o nacional de GEI. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

- *2.B.1. Producción de amoníaco.*
- *2.B.2. Producción de ácido nítrico.*
- *2.B.3. Producción de ácido adípico.*
- *2.B.4. Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico*
- *2.B.5. Producción de carburo*
- *2.B.6. Producción de dióxido de titano*
- *2.B.7. Producción de ceniza de sosa*
- *2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo*

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos siguientes:

- Producción de ácido nítrico
- Producción de metanol, y
- Producción de etileno.

4.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Industria química* es la tercera categoría emisora de GEI del sector *IPPU* (21,2 %). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 1.400,9 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 85,4 % desde 1990 y en un 22,1 % desde 2010. El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la producción de metanol. Las emisiones de GEI han disminuido desde 2006 por la fuerte caída de la producción de metanol, asociada a la disminución de la oferta de gas natural, principal insumo de la industria. En los últimos años el crecimiento sostenido de la producción de ácido nítrico ha provocado que tenga un papel más protagónico en cuanto a las emisiones de GEI (Tabla 126 y Figura 70).

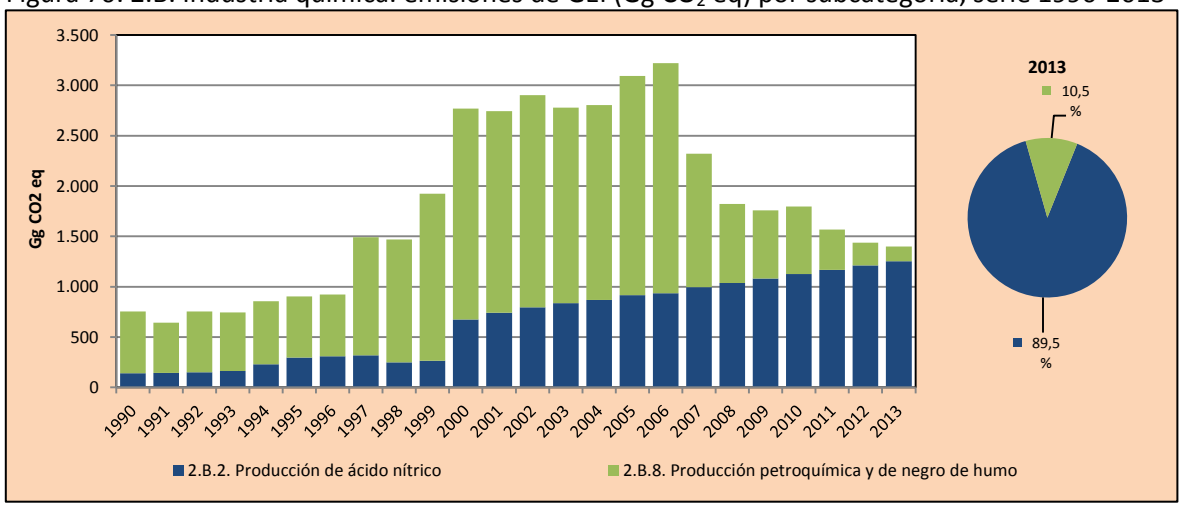
Respecto a las subcategorías (Figura 70), la *Producción de ácido nítrico* es la de mayor relevancia con un 89,5 %, seguida de un 10,5 % de la *Producción petroquímica y de negro de humo*.

Tabla 126. 2.B. Industria química: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.B.2. Producción de ácido nítrico	141,2	675,2	1.124,9	1.167,8	1.210,7	1.253,7
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	614,3	2.092,8	672,7	398,9	226,2	147,2
Total	**755,4**	**2.768,0**	**1.797,6**	**1.566,7**	**1.437,0**	**1.400,9**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 70. 2.B. Industria química: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 1 para todas las subcategorías, usando datos de actividades del país y factores de emisión por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*. De acuerdo a lo reportado por la Asociación Gremial de Industriales Químicos de Chile (ASIQUIM A.G.)[16] no existe producción nacional representativa para el resto de las subcategorías. En la Tabla 127 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

[16] Recuperado de http://www.asiquim.com/nwebq/guia_quimica2014-16/empreyproduc/empreypro.html

Tabla 127. 2.B. Industria química: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.B. Industria química	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.1. Producción de amoníaco	NO	NO	NA	NA	NA	NA						
2.B.2. Producción de ácido nítrico	NA	NA	NA	NA	T1	D						
2.B.3. Producción de ácido adípico	NA	NA	NA	NA	NO	NO						
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NA	NA	NA	NA	NO	NO						
2.B.5. Producción de carburo	NO	NO	NO	NO	NA	NA						
2.B.6. Producción de dióxido de titanio	NO	NO	NA	NA	NA	NA						
2.B.7. Producción de ceniza de sosa	NO	NO	NA	NA	NA	NA						
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	T1	D	T1	D	NA	NA						
2.B.9. Producción fluoroquímica												
2.B.10. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

4.3.4. Producción de amoníaco (2.B.1.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3.5. Producción de ácido nítrico (2.B.2.)

4.3.5.1. Descripción de la subcategoría

El ácido nítrico se emplea en la industria química para la producción de nitratos metálicos, ácido sulfúrico, ácido arsénico y ácido nitroso, entre otros. Además, el ácido nítrico es utilizado para la fabricación de explosivos, fabricación de diversos colorantes y tinturas, productos farmacéuticos, para fotograbado en imprentas, en joyería y en la industria de la ingeniería.

Entre 1990 y 2013, la producción de ácido nítrico en Chile ha mantenido un crecimiento constante, especialmente desde 2000. En Chile existe una única empresa que produce ácido nítrico.

4.3.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Producción ácido nítrico* es la principal subcategoría emisora dentro de la categoría *Industria química* representando el 89,5 % de sus emisiones de GEI. En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 1.253,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 788,0 % desde 1990 y en un 11,4 % desde 2010 (Tabla 126 y Figura 70). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es el crecimiento sostenido de la producción de ácido nítrico.

4.3.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de N_2O de la subcategoría *Producción de ácido nítrico* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en la multiplicación de los datos de

producción por el factor de emisión por defecto correspondiente. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 14. 2.B.2. Producción de ácido nítrico: emisiones de N_2O de la producción de ácido nítrico (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ N_2O = EF \cdot NAP}$$

Fuente: Ecuación 3.5; Capítulo 3; Volumen; Directrices del IPCC del 2006

Donde:

- Emisiones de N_2O: emisiones de la producción de ácido nítrico, kg de N_2O.
- EF: factor de emisión por defecto, kg N_2O/toneladas de ácido nítrico producido.
- NAP: producción nacional de ácido nítrico, toneladas.

4.3.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de la producción de ácido nítrico fueron obtenidos del *Inventario Nacional de GEI, sectores Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes* (Poch y Deuman 2008)[17] para la serie 1990-2006, puesto que las posibles fuentes consideraban la información confidencial. El resto de la serie fue extrapolado linealmente a partir de los datos existentes. A continuación, se presentan los datos de producción.

Tabla 128. 2.B.2. Producción de ácido nítrico: datos de actividad, serie 1990-2013

Año	Producción (t)
1990	50.600,0
1991	51.400,0
1992	54.000,0
1993	58.500,0
1994	82.000,0
1995	107.000,0
1996	111.000,0
1997	114.000,0
1998	89.000,0
1999	95.000,0
2000	242.000,0
2001	266.000,0
2002	285.000,0
2003	300.000,0
2004	312.000,0
2005	328.300,0
2006	335.068,0
2007	357.024,3
2008	372.410,1
2009	387.796,0
2010	403.181,9
2011	418.567,7
2012	433.953,6
2013	449.339,4

Nota: valores en rojo es información extrapolada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

[17] Recuperado de http://www.sinia.cl/1292/articles-50188_recurso_1.pdf

4.3.5.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión de N_2O para la producción de ácido nítrico depende del tipo de proceso productivo. Ante la ausencia de información referente a las características del proceso de producción de ácido nítrico se usó el factor de emisión más alto, de acuerdo a lo recomendado en las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 3.3.2.2; Capítulo 3; Volumen 3). El factor de emisión de N_2O de la producción de ácido nítrico corresponde a 9 kg de N_2O/toneladas de ácido nítrico producido, factor correspondiente a plantas de alta presión de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.3; Capítulo 3; Volumen 3).

4.3.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es ±40,0 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 3.3.3.2; Capítulo 3; Volumen 3 para el dato de actividad; y Cuadro 3.3; Capítulo 3; Volumen 3 para el factor de emisión). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 129.

Tabla 129. 2.B.2. Producción de ácido nítrico: incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.B.2.	Producción de ácido nítrico	N_2O	2,0%	2,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.3.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013, se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Los datos de actividad fueron tratados según lo descrito en la sección 4.4.4.3.1. *supra*.

4.3.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.3.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector *IPPU*. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo.

4.3.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.3.5.6.3. Verificación

Se compararon las emisiones actuales con las del proceso anterior para detectar posibles errores en el ingreso de valores o posibles cambios en los factores de emisión o en los datos de actividad. No se encontraron cambios o errores.

4.3.5.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

4.3.5.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesa de trabajo con la empresa Enaex, única empresa productora de ácido nítrico en el país, para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial.
- Oficializar las mesas de trabajo con el sector privado por medio del establecimiento algún convenio de cooperación, en el que se incluyan, además, otros procedimientos referidos a la calidad de los datos entregados.

4.3.6. Producción de ácido adípico (2.B.3.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3.7. Producción de caprolactama glioxil y ácido glioxílico (2.B.4.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3.8. Producción de carburo (2.B.5.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3.9. Producción de dióxido de titanio (2.B.6.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3.10. Producción de ceniza de sosa (2.B.7.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3.11. Producción petroquímica y de negro de humo (2.B.8.)

4.3.11.1. Descripción de la subcategoría

La industria petroquímica utiliza combustibles fósiles o productos de refinerías de petróleo como alimentación a procesos. En Chile, la industria petroquímica incluye a la producción de metanol y la producción de etileno.

Entre 1990 y 2013, la producción petroquímica ha disminuido, atribuyéndose a la baja oferta de gas natural, principal insumo para la producción de metanol. La producción de etileno se ha mantenido constante en el tiempo.

4.3.11.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 147,2 Gg CO_2 eq (representando el 10,5 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 76,0 % desde 1990 y en un 78,1 % desde 2010 (Tabla 126 y Figura 70). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la producción de metanol, que representa el 99,4 % de las emisiones de la subcategoría (Tabla 130 y Figura 71). Las variaciones interanuales observadas en la componente metanol se deben principalmente a la caída del abastecimiento de gas natural por parte de Argentina (*Reporte Anual de Methanex 2012*)[18]

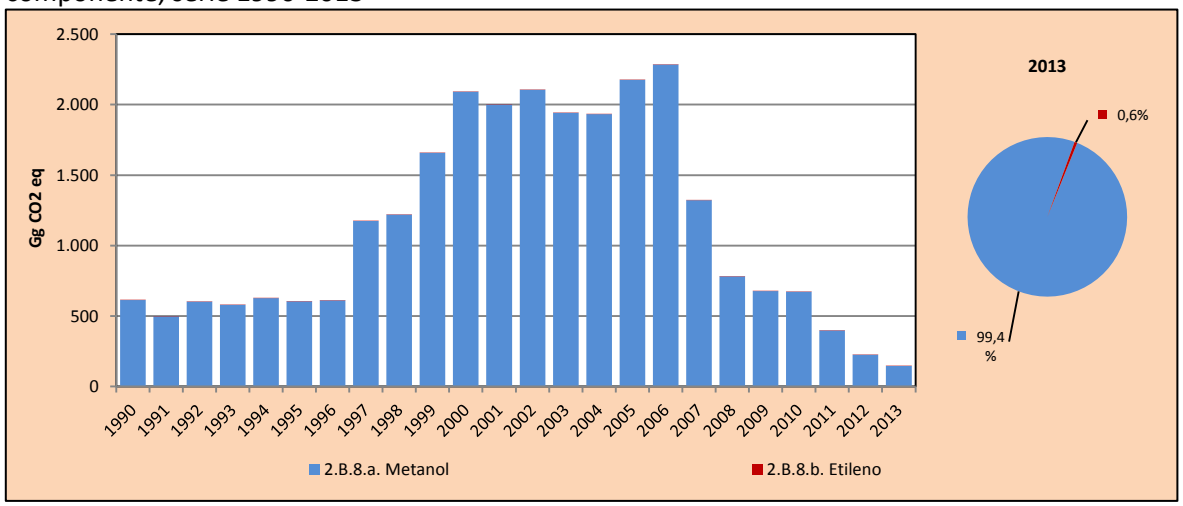
Tabla 130. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.B.8.a. Metanol	613,4	2.091,7	671,9	397,8	225,3	146,4
2.B.8.b. Etileno	0,8	1,1	0,7	1,1	0,9	0,8
Total	**614,3**	**2.092,8**	**672,7**	**398,9**	**226,2**	**147,2**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

[18] Recuperado de http://www.methanex.cl/noticias/2013/noticia0313a.pdf

Figura 71. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.3.11.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Producción petroquímica y de negro de humo* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC del* 2006 basada en la multiplicación de los datos de la actividad productiva de cada componente por el factor de emisión correspondiente.

Metanol (2.B.8.a.)

Para la estimación de emisiones de CO_2 debido a la producción de metanol se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC del 2006*. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 15. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: cálculo de la emisión de CO_2 de la producción de metanol (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = FE_{CO2} \cdot PM \cdot GAF/100}$$

Fuente: Ecuación 3.15; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006

Donde:

- Emisiones de CO_2: emisiones de CO_2 de la producción de metanol, toneladas.
- FE_{CO2}: factor de emisión de CO_2 para la producción de metanol, toneladas de CO_2/toneladas de metanol producido.
- PM: producción de metanol, toneladas.
- GAF: factor de ajuste geográfico.

Es importante notar el factor de ajuste geográfico (GAF) que da cuenta de la variabilidad regional de la eficiencia de los fraccionadores al vapor no se considera para la producción de metanol, ya que solo es aplicable a la producción de etileno, de acuerdo a las *Directrices del IPPC de 2006* (Sección 3.9.2.2.; Capítulo 3; Volumen 3).

Para la estimación de emisiones de CH_4 debido a la producción de metanol se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC del 2006*. Ante la falta de información desagregada, se

consideran las emisiones en su totalidad, usando un único factor de emisión por defecto de acuerdo a las recomendaciones de las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 3.9.2.2.; Capítulo 3; Volumen 3). Lo anterior se representa en la ecuación siguiente:

Ecuación 16. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: estimación de emisiones de CH_4 de la producción de metanol (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = FE_{CH4} \cdot PM}$$

Fuente: Ecuaciones 3.23 y 3.24, y Sección 3.9.2.2; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006

Donde:

- Emisiones de CH_4: emisiones de CH_4 de la producción de metanol, toneladas.
- FE_{CH4}: factor de emisión de CH_4 para la producción de metanol, toneladas de CH_4/toneladas de metanol producido.
- PM: producción de metanol, toneladas.

Etileno (2.B.8.b.)

Para la estimación de emisiones de CO_2 debido a la producción de etileno se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC del 2006*. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 17. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: estimación de emisiones de CO_2 de la producción de etileno (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = FE_{CO2} \cdot PM \cdot GAF/100}$$

Fuente: Ecuación 3.15; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006

Donde:

- Emisiones de CO_2: emisiones de CO_2 de la producción de etileno, toneladas.
- FE_{CO2}: factor de emisión de CO_2 para la producción de etileno, toneladas de CO_2/toneladas de metanol producido.
- PE: producción de etileno, toneladas.
- GAF: factor de ajuste geográfico.

Para la estimación de emisiones de CH_4 debido a la producción de etileno se aplicó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC del 2006*. Ante la falta de información desagregada, se consideran las emisiones en su totalidad, usando un único factor de emisión por defecto de acuerdo a las recomendaciones de las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 3.9.2.2.; Capítulo 3; Volumen 3). Lo anterior se representa en la ecuación siguiente:

Ecuación 18. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: estimación de emisiones de CH_4 de la producción de etileno (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = FE_{CH4} \cdot PE}$$

Fuente: Ecuaciones 3.23 y 3.24, y Sección 3.9.2.2; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006

Donde:

- Emisiones de CH_4: emisiones de CH_4 de la producción de etileno, toneladas.

- FE_{CH4}: factor de emisión de CH_4 para la producción de etileno, toneladas de CH_4/toneladas de metanol producido.
- PE: producción de etileno, toneladas.

4.3.11.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de la producción de metanol y de etileno fueron obtenidos del Balance Nacional de Energía (BNE), elaborado por el Ministerio de Energía. A continuación, se presentan los datos.

Tabla 131. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: datos de actividad, serie 1990-2013

Año	Metanol (t)	Etileno (t)
1990	854.000,0	722,3
1991	693.000,0	831,4
1992	840.000,0	789,7
1993	807.000,0	749,6
1994	874.000,0	765,5
1995	841.000,0	841,3
1996	853.000,0	901,9
1997	1.635.000,0	826,1
1998	1.700.000,0	915,5
1999	2.309.000,0	1.017,9
2000	2.912.000,0	982,2
2001	2.784.000,0	1.101,2
2002	2.932.000,0	1.133,8
2003	2.703.000,0	1.007,2
2004	2.691.960,0	1.061,4
2005	3.028.639,0	1.034,8
2006	3.181.987,8	959,3
2007	1.841.278,5	942,5
2008	1.087.784,2	927,4
2009	941.820,4	959,9
2010	935.461,0	629,7
2011	553.831,0	921,8
2012	313.716,6	748,2
2013	203.815,0	706,6

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.3.11.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la producción de metanol dependen del tipo de proceso. Se consideró un proceso de reformado al vapor convencional sin unidad de reformado primaria, de acuerdo a lo recomendado por las *Directrices del IPCC del 2006* (Cuadro 3.11; Capítulo 3; Volumen 3) cuando no se cuenta con información adicional (Tabla 132).

Tabla 132. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: Factores de emisión para la componente Metanol

Factor	Valor	Unidad
Factor de emisión de CO_2	0,67	t CO_2/t metanol
Factor de emisión de CH_4	2,30	kg de CH_4/t metanol

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en (*) Cuadro 3.12; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006 (**) Sección 3.9.2.2.; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006.

Los factores de emisión para la producción de etileno dependen del tipo de proceso. Para seleccionar los factores, se consideró un proceso de escisión al vapor, siendo el etano la sustancia

de alimentación, de acuerdo a lo recomendado por las *Directrices del IPCC del 2006* (Cuadro 3.11; Capítulo 3; Volumen 3) cuando no se cuenta con información adicional (Tabla 133).

Tabla 133. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: Factores de emisión para la componente Etileno

Factor	Valor	Unidad
Factor de emisión de CO_2	0,95	t CO_2/t etileno
Factor de emisión de CH_4	6,00	kg CH_4/t etileno
Factor de ajuste geográfico	110,0%	

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en (*) Cuadro 3.14; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006 (**) Cuadro 3.16; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006 (***) Cuadro 3.14; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006.

4.3.11.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de -28,4 % y +27,9 %. La incertidumbre de los datos de actividad fue entregada por el equipo elaborador del BNE. No se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC del 2006* (Cuadro 3.27; Capítulo 3; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada por componente se presenta en la Tabla 134.

Tabla 134. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.B.8.a.	Metanol	CH_4	1,0%	1,0%	80,0%	30,0%	80,0%	30,0%
2.B.8.a.	Metanol	CO_2	1,0%	1,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%
2.B.8.b.	Etileno	CH_4	1,0%	1,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%
2.B.8.b.	Etileno	CO_2	1,0%	1,0%	31,6%	31,6%	31,6%	31,6%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que, a pesar de mejorar el método de estimación, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.3.11.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

4.3.11.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.3.11.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE,

correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector IPPU. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo.

4.3.11.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.3.11.6.3. Verificación

Se compararon las emisiones actuales con las del proceso anterior para detectar posibles errores en el ingreso de valores o posibles cambios en los factores de emisión o en los datos de actividad.

4.3.11.7. Recálculos

4.3.11.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Se detectaron leves diferencias entre los datos de actividad utilizados durante la actualización anterior y el presente proceso.

4.3.11.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

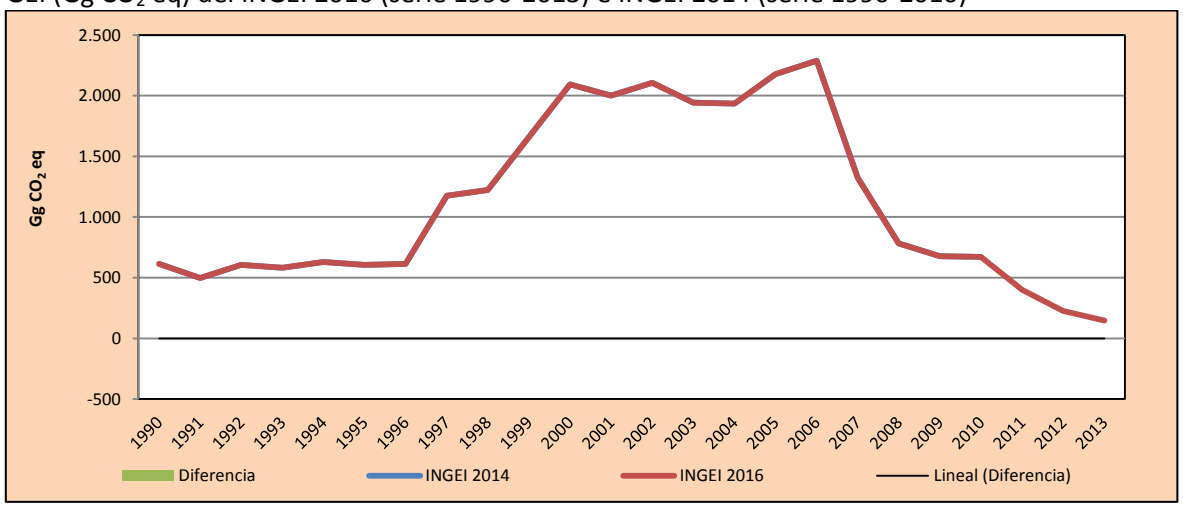
En la Tabla 135 y Figura 72 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe cambios en los datos de actividad utilizados. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 0,002 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 135. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	614,3	2.092,8	672,3			
INGEI 2016	614,3	2.092,8	672,7	398,9	226,2	147,2
Diferencia	**-0,0**	**-0,0**	**0,3**			
Diferencia %	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 72. 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.3.11.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesa de trabajo con la empresa Methanex, única empresa productora de metanol, para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial.
- Trabajo coordinado con equipo del sector *Energía* quienes utilizan el BNE, ante cambios en los datos de actividad y las unidades de presentación de estos. Se tendrá especial cuidado de revisar la información necesaria para la componente *Etileno.*
- Oficializar las mesas de trabajo con el sector privado por medio del establecimiento algún convenio de cooperación, en el que se incluyan, además, otros procedimientos referidos a la calidad de los datos entregados.

4.3.12. Producción fluoroquímica (2.B.9.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.3.13. Otros (2.B.10.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.4. Industria de los metales (2.C.)

4.4.1. Descripción de la categoría

La categoría *Industria de los metales* incluye las emisiones de GEI relacionadas que resultan de la producción de metales. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

- *2.C.1. Producción de hierro y acero*
- *2.C.2. Producción de ferroaleaciones*
- *2.C.3. Producción de aluminio*
- *2.C.4. Producción de magnesio*
- *2.C.5. Producción de plomo*
- *2.C.6. Producción de cinc*

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos siguientes:

- Producción de hierro y acero
- Producción de ferroaleaciones

4.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Industria de los metales* es la segunda categoría emisora de GEI del sector *IPPU* (23,9 %). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 1.584,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 26,8 % desde 1990 y en un 31,0 % desde 2010. El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la industria del hierro y el acero, dado que la participación e influencia de la industria de las ferroaleaciones es nula. A partir de 2008 se observa una fuerte disminución de la actividad del hierro y el acero debido a la crisis económica que se agudiza en 2010. En 2011 se registra un aumento en esta actividad, que va nuevamente hacia la baja en 2013, lo que evidencia la alta fluctuación de estos mercados (Tabla 136 y Figura 73).

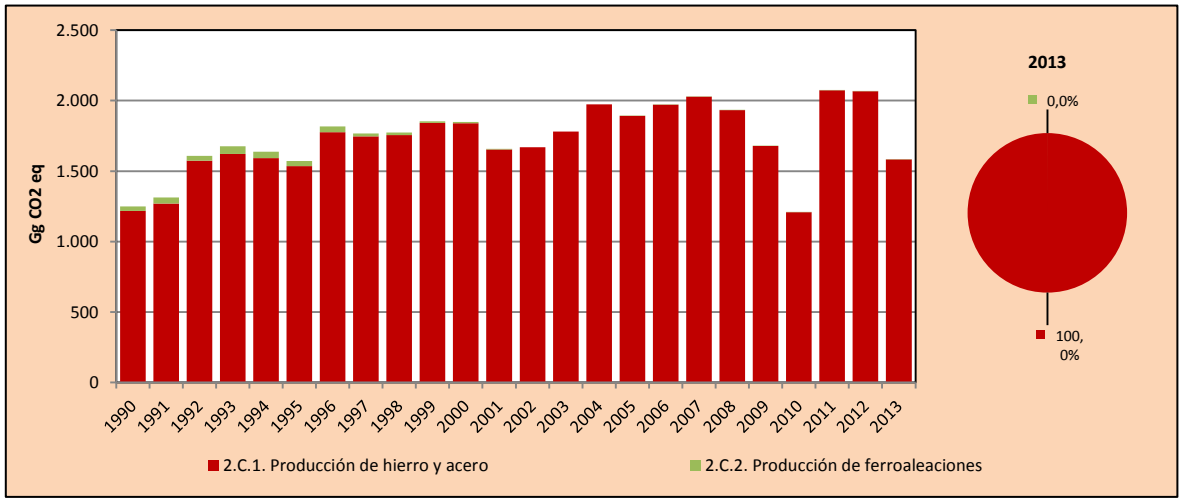
Respecto a las subcategorías (Figura 73), la *Producción de hierro y acero* es la de mayor relevancia con prácticamente el 100,0 % de las emisiones de GEI, mientras que la *Producción de ferroaleaciones* tiende al 0,0 %.

Tabla 136. 2.C. Industria de los metales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.C.1. Producción de hierro y acero	1.218,1	1.840,5	1.209,4	2.072,9	2.066,2	1.584,2
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	31,7	8,5	0,2	0,0	0,1	0,1
Total	**1.249,8**	**1.849,0**	**1.209,7**	**2.073,0**	**2.066,3**	**1.584,3**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 73. 2.C. Industria de los metales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.4.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 1 para todas las subcategorías, usando datos de actividades país específicos desagregados y factores de emisión por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*. De acuerdo a lo conversado con la Asociación Chilena de Industrias metalúrgicas y metalmecánicas (ASIMET), no se registran actividades para el resto de las subcategorías. En la Tabla 137 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 137. 2.C. Industria de los metales: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.C. Industria de los metales	T1, NO	D, NO	IE, NA, NO	D, IE, NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO
2.C.1. Producción de hierro y acero	T1	D	IE	IE	NA	NA						
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	T1	D	NO	D	NA	NA						
2.C.3. Producción de aluminio	NO	NO	NA	NA					NO	NO		
2.C.4. Producción de magnesio	NO	NO					NA	NA	NA	NA	NO	NO
2.C.5. Producción de plomo	NO	NO										
2.C.6. Producción de cinc	NO	NO										
2.C.7. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

4.4.4. Producción de hierro y acero (2.C.1.)

4.4.4.1. Descripción de la subcategoría

El hierro es el metal más producido en tonelaje, acaparando un 95 % de la producción mundial de todos los metales. Tiene grandes aplicaciones en productos siderúrgicos, utilizándolo como elemento matriz para alojar otros elementos de aleación, tanto metálicos como no metálicos, que confieren distintas propiedades al material.

Por su parte, el principal destino de los productos de acero en el mercado local es la industria de la construcción, con un 32,4 % del total, seguido por los formadores con 25,4 %, la minería con 19,4 %, trefiladores con 11 %, y el restante 11,8 % se destina a la industria metalmecánica, envases y maestranzas[19].

Entre 1990 y 2013, la producción de hierro en Chile se ha ido mantenido en constante crecimiento, duplicando su producción. La producción de acero se ha mantenido en alza, sufriendo una gran caída desde el 2007 hasta el 2010, momento en que aumenta la demanda del material.

4.4.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Producción de hierro y acero* es la principal subcategoría emisora dentro de la categoría *Industria de los metales* representando casi el 100,0 % de sus emisiones de GEI. En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 1.584,2 Gg CO_2 eq incrementándose en un 30,0 % desde 1990 y en un 31,0 % desde 2010 (Tabla 136 y Figura 73). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la producción de acero de hornos básicos de oxígeno (BOF, por sus siglas en inglés), con un 79,7 % de las emisiones de GEI totales de la subcategoría (Tabla 138 y Figura 74). Es importante mencionar que el 2010 hay una disminución de las emisiones producto de las dificultades de la industria ubicadas en el sur del país luego del terremoto ocurrido en febrero de ese año.

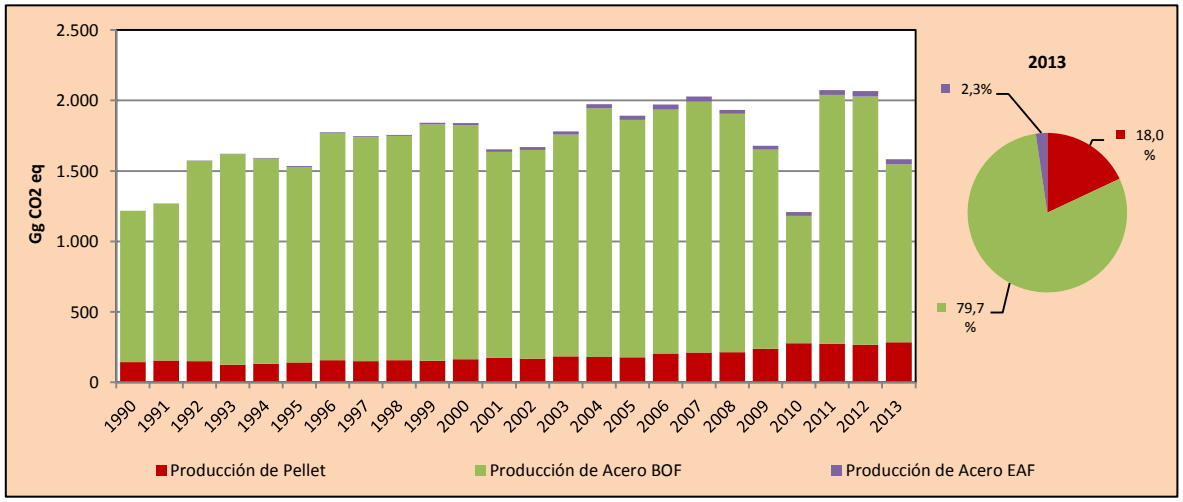
Tabla 138. 2.C.1. Producción de hierro y acero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Producción de Pellet	143,9	165,3	278,6	272,5	266,0	285,4
Producción de Acero BOF	1.074,3	1.657,8	901,7	1.766,5	1.761,4	1.262,0
Producción de Acero EAF	0,0	17,3	29,1	33,9	38,8	36,7
Total	**1.218,1**	**1.840,5**	**1.209,4**	**2.072,9**	**2.066,2**	**1.584,2**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

[19] Recuperado de http://www.cochilco.cl/estudios/info-hierro.asp

Figura 74. 2.C.1. Producción de hierro y acero: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.4.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Producción de hierro y acero* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en los datos de la producción nacional de hierro y acero por tipo de proceso. El método se basa en la multiplicación de los datos de la actividad productiva de cada tipo de producto por el factor de emisión correspondiente. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 19. 2.C.1. Producción de hierro y acero: estimación de emisiones de CO_2 provenientes de la producción de hierro y acero (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ CO_2 = BOF \cdot FE_{BOF} + EAF \cdot FE_{EAF} + OHF \cdot FE_{OHF}}$$

Fuente: Ecuación 4.4; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones CO_2: emisiones totales de CO_2 de la industria del hierro y acero, toneladas.
- BOF: producción de acero BOF, toneladas.
- FE_{BOF}: factor de emisión de CO_2, toneladas de CO_2/toneladas de acero BOF.
- EAF: producción de acero en hornos de acero eléctrico (EAF por sus siglas en inglés), toneladas.
- FE_{EAF}: factor de emisión de CO_2, toneladas de CO_2/toneladas de acero EAF.
- OHF: producción de acero en hornos de solera (OHF por sus siglas en inglés), toneladas.
- FE_{EAF}: factor de emisión de CO_2, toneladas de CO_2/toneladas de acero OHF.

En el caso nacional solo existe producción de acero tipo BOF y EAF, por lo que no se incluyen las emisiones de acero OHF.

Como buena práctica se estimaron las emisiones de la producción nacional de pellets. El método se basa en la multiplicación de los datos de la actividad productiva por el factor de emisión correspondiente. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 20. 2.C.1. Producción de hierro y acero: estimación de emisiones de CO_2 provenientes de la producción de pellets

$$\boldsymbol{Emisiones\ CO_2 = P \cdot FE_P}$$

Fuente: Ecuación 4.8; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- P: producción de pellets, toneladas.
- FE_P: factor de emisión de CO_2, toneladas de CO_2/toneladas de pellets.

4.4.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de la producción de pelet y acero BOF se obtuvieron por parte de la empresa Compañía de Acero del Pacífico (CAP) para toda la serie. Los datos de la producción de acero EAF fueron entregados por Gerdau Aza, a partir de 1995. Dado que se tiene conocimiento de que la producción de acero EAF de Gerdau Aza comenzó en 1992[20], la producción para 1992-1994 fue estimado a partir de una extrapolación lineal de los datos de producción de 1995-1997 (Tabla 139).

Tabla 139. 2.C.1. Producción de hierro y acero: datos de actividad (t), serie 1990-2013

Año	Pellet (t)	Acero BOF (t)	Acero EAF (t)
1990	4.795.275,6	735.802,0	
1991	5.175.196,9	763.466,0	
1992	5.035.433,1	972.582,0	37.866,7
1993	4.210.629,9	1.022.434,0	46.316,7
1994	4.409.448,8	997.306,0	54.766,7
1995	4.743.110,2	950.138,0	62.600,0
1996	5.281.496,1	1.104.541,0	72.900,0
1997	5.058.070,9	1.087.436,0	79.500,0
1998	5.250.000,0	1.090.109,0	80.400,0
1999	5.085.629,9	1.149.575,0	140.000,0
2000	5.510.826,8	1.135.508,0	216.500,0
2001	5.762.000,0	1.001.359,0	245.446,0
2002	5.630.000,0	1.013.149,0	266.333,6
2003	6.158.000,0	1.077.027,0	285.662,0
2004	6.030.000,0	1.208.424,0	367.379,0
2005	5.949.000,0	1.152.869,0	384.525,0
2006	6.833.000,0	1.184.517,0	447.487,0
2007	7.042.000,0	1.219.445,0	457.364,0
2008	7.120.000,0	1.158.164,0	363.887,0
2009	7.950.000,0	967.927,0	340.209,0
2010	9.288.000,0	617.606,0	363.802,0
2011	9.084.000,0	1.209.911,0	424.108,0
2012	8.866.000,0	1.206.458,0	484.647,0
2013	9.513.000,0	864.411,0	459.122,7

Nota: valores en rojo es información extrapolada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

[20] Recuperado de http://www.cochilco.cl/estudios/info-hierro.asp

4.4.4.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión por defecto de CO_2 depende del tipo de producción, en el caso nacional se considera la producción de pellet, de acero BOF y acero EAF (Tabla 140).

Tabla 140. 2.C.1. Producción de hierro y acero: factores de emisión de CO_2

Producción	Factor de emisión (t CO_2/t producción)
Pellet	0,03
Acero BOF	1,46
Acero EAF	0,08

Fuente: Cuadro 4.1; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC 2006

4.4.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±25,5 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas en las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 4.2.3.; Capítulo 4; Volumen 3). Es importante notar que para la incertidumbre de los datos de actividad se consideró la recomendada para datos de actividad derivados por compañía. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 141.

Tabla 141. 2.C.1. Producción de hierro y acero: incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.C.1.	Producción de hierro y acero	CO_2	5,0%	5,0%	25,0%	25,0%	25,5%	25,5%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en Cuadro 4.4; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC 2006

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que, a pesar de mejorar el método de estimación, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.4.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Los datos de producción entregados por las empresas son consistentes para toda la serie salvo para 1992 al 1994 en el caso de la producción de acero EAF. El vacío de datos fue arreglado por medio de una extrapolación lineal de los datos de producción EAF con base en los datos de 1995 a 1997.

4.4.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.4.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE,

correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector IPPU. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.4.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.4.4.6.3. Verificación

Se compararon las emisiones actuales con las del proceso anterior para detectar posibles errores en el ingreso de valores o posibles cambios en los factores de emisión o en los datos de actividad. Debido a cambios en las fuentes de datos de actividad, las emisiones fueron recalculadas.

Las emisiones del coque metalúrgico no se contabilizaron en este informe. Todas las emisiones referentes al coque fueron contabilizadas en el sector *Energía*.

4.4.4.7. Recálculos

4.4.4.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Se detectaron diferencias entre los datos de actividad utilizados durante la actualización anterior y el presente proceso.

4.4.4.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

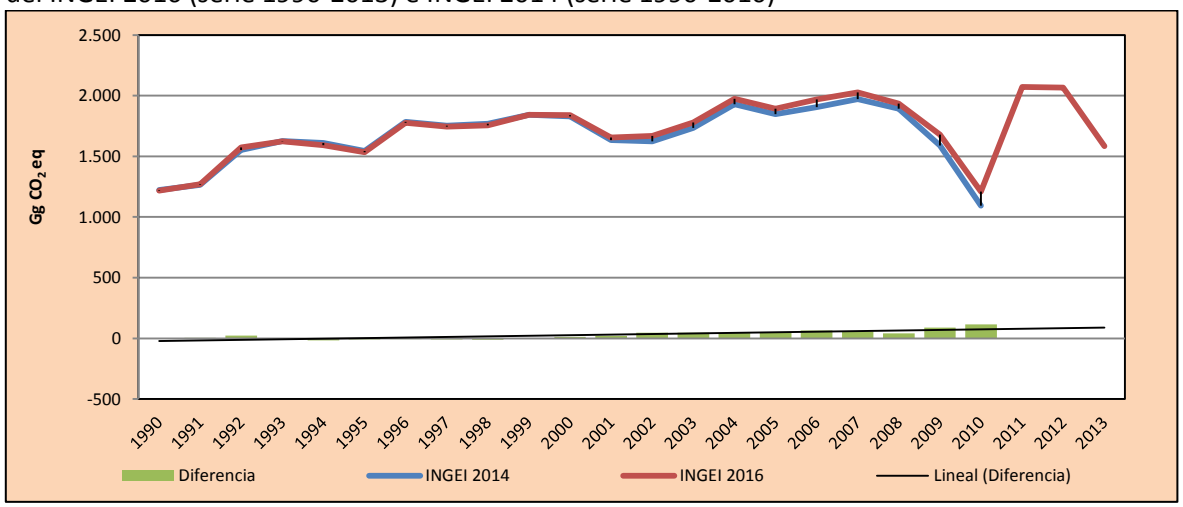
En la Tabla 142 y la Figura 75 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). Las diferencias se deben al refinamiento de los datos de actividad entregados directamente por las empresas. Esto generó un aumento de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 26,0 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 142. 2.C.1. Producción de hierro y acero: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	1.221,4	1.829,0	1.094,1			
INGEI 2016	1.218,1	1.840,5	1.209,4	2.072,9	2.066,2	1.584,2
Diferencia	**-3,2**	**11,5**	**115,3**			
Diferencia %	**-0,3%**	**0,6%**	**9,5%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 75. 2.C.1. Producción de hierro y acero: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.4.4.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas CAP y Gerdau Aza para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país, especialmente la información referida a consumo de materias primas y su contenido de carbono.
- Conformación de mesas de trabajo con COCHILCO para el levantamiento oficial de la información estadística y paramétrica necesaria para mejorar la metodología.
- Revisar información de consumo de energéticos incluida en el BNE para
- Oficializar las mesas de trabajo con el sector privado por medio del establecimiento algún convenio de cooperación, en el que se incluyan, además, otros procedimientos referidos a la calidad de los datos entregados.

4.4.5. Producción de ferroaleaciones (2.C.2.)

4.4.5.1. Descripción de la subcategoría

En Chile se producen cuatro tipos de ferroaleaciones: ferrocromo, ferromanganeso, ferrosiliconmanganeso y ferrosilicón. Su producción ha disminuido considerablemente. El ferrosilicón dejó de producirse en 2000, el ferrosilicomanganeso en 2001 y el ferromanganeso en 2002. La producción de ferrocromo se ha mantenido en el país, pero ha mostrado una disminución significativa.

4.4.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 0,1 Gg CO_2 eq (representando casi el 0,0 % de las emisiones de la categoría), disminuyendo en un 99,7 % desde 1990 y en un 62,0 % desde 2010 (Tabla 136 y Figura 73). El principal causante de la disminución es el cierre de la industria, dejándose de producir ferrosilicon, ferromanganeso y ferrosilicomanganeso. Por otra parte, la producción de ferrocromo ha disminuido significativamente.

4.4.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Producción de ferroaleaciones* se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, basado en la producción de cada tipo de ferroaleación y la aplicación de un factor de emisión por defecto correspondiente. En el caso nacional, se considera la producción de ferrocromo, ferrosilicomanganeso, ferromanganeso y ferrosilicon, siendo la producción de este último única emisora de CH_4. Lo anterior queda representado por las ecuaciones siguientes:

Ecuación 21. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: estimación de emisiones de CO_2 para la producción de ferroaleaciones (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i MP_i \cdot FE_i}$$

Fuente: Ecuación 4.15; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Ecuación 22. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: estimación de emisiones de CH_4 de la producción de ferrosilicón (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = MF \cdot FE_{CH4}}$$

Fuente: con base en Ecuación 4.18; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones de CO_2: emisiones de CO_2 de la producción nacional de ferroaleaciones, toneladas.
- MP_i: producción de la ferroaleación de tipo *i*¸ toneladas.
- FE_i: factor de emisión de CO_2 para la ferroaleación *i*, tonelada de CO_2/tonelada de ferroaleación del tipo *i*.
- Emisiones de CH_4: emisiones de CO_2 de la producción nacional de ferroaleaciones, kg.
- MF: producción de ferrosilicon, toneladas.

- FE_{CH4}: factor de emisión de CH_4 para la producción de ferrosilicon, kg de CH_4/toneladas de ferrosilicon.

4.4.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Las estadísticas nacionales de producción de ferroaleaciones se obtuvieron del *U.S. Geological Survey: The Mineral Industry of Chile – 1994 to 2013*[21] datos que detallan la producción por tipo de ferroaleación (Tabla 143). Es importante mencionar que a partir de 1999 se deja de producir ferrosilicón, por lo que desde 2000 a 2013 no ocurren emisiones de CH_4.

Tabla 143. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: datos de actividad (t), serie 1990-2013.

Año	Ferrocromo (t)	Ferromanganeso (1% C) (t)	Ferrosilicomanganeso (t)	Ferrosilicón 90% Si (t)
1990	1.870,0	3.590,0	985,0	4.660,0
1991	2.509,0	6.779,0	1.674,0	5.516,0
1992	2.110,0	7.460,0	1.564,0	3.830,0
1993	680,0	8.916,0	1.612,0	7.550,0
1994	1.579,0	9.646,0	995,0	5.504,0
1995	2.730,0	7.987,0	1.617,0	4.279,0
1996	2.079,0	8.498,0	1.599,0	4.650,0
1997	2.000,0	5.517,0	3.175,0	1.294,0
1998	2.000,0	3.652,0	3.921,0	1.159,0
1999	0,0	2.833,0	2.048,0	1.000,0
2000	0,0	4.011,0	1.800,0	0,0
2001	0,0	2.213,0	0,0	0,0
2002	0,0	0,0	0,0	0,0
2003	0,0	0,0	0,0	0,0
2004	0,0	0,0	0,0	0,0
2005	131,0	0,0	0,0	0,0
2006	84,0	0,0	0,0	0,0
2007	193,0	0,0	0,0	0,0
2008	54,0	0,0	0,0	0,0
2009	11,0	0,0	0,0	0,0
2010	184,0	0,0	0,0	0,0
2011	35,0	0,0	0,0	0,0
2012	67,0	0,0	0,0	0,0
2013	70,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en USGS

4.4.5.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para el CO_2 y CH_4 dependen del tipo de ferroaleación producida. Ante la falta de factores de emisión país específico, se aplicó el factor de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC de* 2006 los que se indican en la Tabla 144.

Tabla 144. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: factores de emisión, por tipo de producto y tipo de GEI.

Producción	Factor de emisión	Unidad
Ferrocromo	1,3	(t CO_2/t producción)
Ferromanganeso (1% C)	1,5	(t CO_2/t producción)
Ferrosilicomanganeso	1,4	(t CO_2/t producción)
Ferrosilicón 90% Si	4,8	(t CO_2/t producción)
Ferrosilicón 90% Si (*)	1,1	(t CH_4/t producción)

Fuente: Cuadro 4.5; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC 2006; (*) Cuadro 4.7; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC 2006

[21] Recuperado de http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/sa.html#ci

4.4.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±25,5 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas en las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 4.3.3.; Capítulo 4; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 145.

Tabla 145. 2.C.2. Producción de ferroaleaciones: incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	CH_4	5,0%	5,0%	25,0%	25,0%	25,5%	25,5%
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	CO_2	5,0%	5,0%	25,0%	25,0%	25,5%	25,5%

Fuente: Cuadro 4.9; Capítulo 4; Volumen 3; Directrices del IPCC 2006

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.4.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

4.4.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.4.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la

agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector IPPU. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.

- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.4.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.4.5.6.3. Verificación

Las emisiones de agentes reductores y materiales de los procesos (carbón, gas natural, etc.) se incluyen en el sector *Energía* para evitar doble conteo.

La información recopilada fue contrasta con la del inventario anterior. Se mantiene la tendencia y no hay cambios en los datos para la serie anterior 1990-2010.

4.4.5.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

4.4.5.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales como ASIMET y COCHILCO, para levantar información estadística y paramétrica que represente de mejor manera la realidad nacional.

4.4.6. Producción de aluminio (2.C.3.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.4.7. Producción de magnesio (2.C.4.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.4.8. Producción de plomo (2.C.5.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.4.9. Producción de cinc (2.C.6.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.4.10. Otros (2.C.7.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.5. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes (2.D.)

4.5.1. Descripción de la categoría

La categoría *Uso de productos no energéticos de combustible y de solventes* incluye las emisiones de GEI generadas por los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, excepto: i) la combustión con fines energéticos, y ii) el uso como sustancia de alimentación a procesos o como agente reductor. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

- *2.D.1. Uso de lubricantes.*
- *2.D.2. Uso de cera de parafina.*
- *2.D.3. Uso de solventes.*

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos siguientes:

- Lubricantes, y
- Ceras.

4.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Uso de productos no energéticos de combustible* es la menor categoría emisora de GEI del sector *IPPU* (2,1 %). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 142,0 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 89,0 % desde 1990 y han disminuido en un 41,1 % desde 2010. El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de lubricantes y, por consiguiente, la importación y producción del mismo (Tabla 146 y Figura 76).

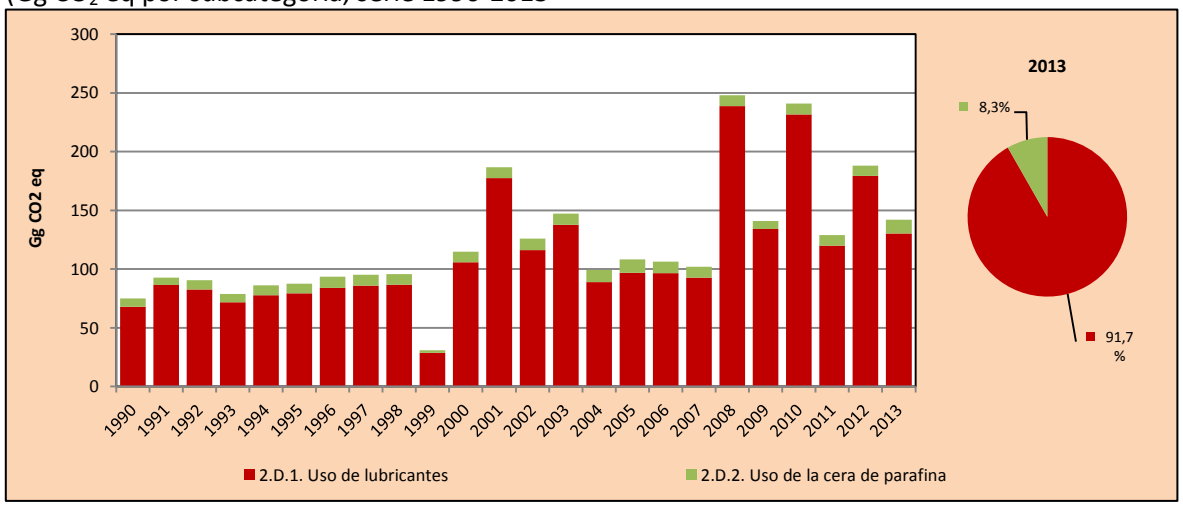
Respecto a las subcategorías (Figura 76), el *Uso de lubricantes* es la de mayor relevancia con un 91,7 %, mientras que *Uso de la cera de parafina* aporta el 8,3 % restante.

Tabla 146. 2.D. Uso de productos no energéticos de combustible y solvente: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.D.1. Uso de lubricantes	68,1	105,7	231,8	119,9	179,3	130,3
2.D.2. Uso de la cera de parafina	7,1	9,1	9,3	9,0	8,7	11,7
Total	**75,1**	**114,8**	**241,0**	**128,9**	**188,0**	**142,0**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 76. 2.D. Uso de productos no energéticos de combustible y solvente: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.5.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 1 para todas las subcategorías, usando datos de actividades país específicos desagregados y factores de emisión por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*. El uso de solventes derivados del petróleo y del carbón no constituye una fuente de emisión de gases de efecto invernadero, o es, a lo sumo, insignificante de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, siendo las emisiones de COVDM y de GEI indirecto relevantes para esta subcategoría. En la Tabla 147 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 147. 2.D. Uso de productos no energéticos de combustible y solvente: métodos aplicados por subcategoría.

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	T1, NO	D, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO						
2.D.1. Uso de lubricantes	T1	D										
2.D.2. Uso de la cera de parafina	T1	D	NA	NA	NA	NA						
2.D.3. Uso de solventes												
2.D.4. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO						

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

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

4.5.4. Uso de lubricantes (2.D.1.)

4.5.4.1. Descripción de la subcategoría

Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte.

El consumo de lubricantes en Chile, entre 1990 y 2013, ha sido extremadamente variable. Durante dicho período, el uso de lubricantes se ha sustentado principalmente en las importaciones, ya que la producción nacional de éstos es notablemente inferior a la importación.

4.5.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Uso de lubricantes* es la principal subcategoría emisora dentro de la categoría *Uso de productos no energéticos de combustible y solventes*, representando el 91,7 % de sus emisiones de GEI. En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 130,3 Gg CO_2 eq incrementándose en un 91,4 % desde 1990 y disminuyendo en un 43,8 % desde 2010 (Tabla 146 y Figura 76). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de lubricantes y, por consiguiente, la importación y producción del mismo.

4.5.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Uso de lubricantes* se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a la, de las *Directrices del IPCC del 2006*, basado en aplicar un factor de emisión para el CO_2 a los datos de la cantidad de lubricantes que se consumen en el país. El factor de emisión está referido a un factor de oxidación durante el uso (ODU, del inglés *Oxidised During Use*) y el contenido de carbono de los lubricantes. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 23. 2.D.1. Uso de lubricantes: estimación de emisiones de CO_2 (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = LC \cdot CC_{lub} \cdot ODU_{lub} \cdot 44/12}$$

Fuente: Ecuación 5.2; Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC del 2006

Donde:

- Emisiones CO_2: emisiones de CO_2 generadas por los lubricantes, toneladas.
- LC: consumo total de lubricantes, TJ.
- CC_{lun}: contenido de carbono de los lubricantes, por defecto, toneladas de C/TJ.
- ODU_{lub}: factor ODU (basado en la composición por defecto de lubricante), fracción.
- 44/12: cociente de masa del CO_2/C.

4.5.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad del consumo de lubricantes provienen de un balance entre la producción, las importaciones y exportaciones. El balance para el consumo es el siguiente:

Ecuación 24. 2.D.1. Uso de lubricantes: balance de masa para estimar consumo de lubricantes

$$\boldsymbol{Consumo = Producción + Importación - Exportación}$$

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Los datos de producción se obtienen del INE, que proporciona datos desde 1998 hasta 2013. La producción para 1990-1997 fue estimada a partir de un promedio entre los datos de 1998-2000. Las importaciones y exportaciones fueron proporcionadas por el Servicio Nacional de Aduanas, para toda la serie (Tabla 148).

Tabla 148. 2.D.1. Uso de lubricantes: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013.

Año	Producción (TJ)	Importación (TJ)	Exportación (TJ)	Consumo (TJ)
1990	861,8	3.974,0	194,7	4.641,1
1991	861,8	5.263,8	225,8	5.899,9
1992	861,8	5.089,3	307,8	5.643,3
1993	861,8	4.344,9	312,8	4.893,9
1994	861,8	4.692,9	250,8	5.303,9
1995	861,8	4.751,2	207,6	5.405,4
1996	861,8	5.077,6	203,7	5.735,7
1997	861,8	5.300,3	308,6	5.853,5
1998	793,0	5.409,8	281,0	5.921,8
1999	882,6	1.311,3	244,2	1.949,6
2000	909,9	6.510,7	214,8	7.205,8
2001	3.388,6	8.737,1	31,7	12.094,0
2002	3.371,2	4.666,6	120,5	7.917,3
2003	4.100,8	5.343,0	58,8	9.385,0
2004	675,9	5.452,9	64,1	6.064,6
2005	643,9	6.051,3	85,8	6.609,4
2006	603,8	6.138,2	156,0	6.586,0
2007	695,5	5.847,4	224,2	6.318,7
2008	9.897,1	6.713,7	333,2	16.277,6
2009	3.214,3	6.251,9	315,0	9.151,1
2010	8.989,4	7.226,5	414,4	15.801,5
2011	1.359,6	7.252,2	439,1	8.172,7
2012	4.994,7	7.497,1	268,3	12.223,5
2013	616,5	8.551,9	286,7	8.881,7

Nota: valores en rojo es información tratada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA con base en INE

Es importante mencionar que los datos de la producción de lubricantes son muy variables para la serie. Esto se debe a que la encuesta que levanta el INE para generar los datos, tiene un nivel de participación y respuesta muy variable.

4.5.4.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión de CO_2 se compone de un factor de contenido de carbono específico multiplicado por el factor ODU. Para esta subcategoría se utilizaron factores por defecto, de acuerdo a las *Directrices del IPCC del 2006*. Los valores usados se muestran en la Tabla 149.

Tabla 149. 2.D.1. Uso de lubricantes: factores de emisión

Dato	Valor
Contenido de carbono (t C/TJ) (*)	20,0
Factor ODU (**)	0,2

Fuente: (*) Cuadro 1.3; Capítulo 1; Volumen 2; Directrices del IPCC del 2006 (**) Cuadro 5.2; Capítulo 5; Volumen 3 de las Directrices del IPCC del 2006

4.5.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±53,9 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC del 2006* (Sección 5.2.3; Capítulo 5; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 150.

Tabla 150. 2.D.1. Uso de lubricantes: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.D.1.	Uso de lubricantes	CO_2	20,0%	20,0%	50,1%	50,1%	53,9%	53,9%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que, a pesar de mejorar el método de estimación, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.5.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Los datos de actividad debieron ser tratados dado que la información de INE contiene vacío de datos para 1990-1997. Para subsanar esta situación se promedió la producción entre 1998-2000. No se realizó ningún tipo de extrapolación lineal debido a la gran variabilidad de los datos y la ausencia de un dato sustituto ad-hoc.

4.5.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.5.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.

- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector IPPU. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.5.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.5.4.6.3. Verificación

Se verificó la coherencia de la serie temporal. La producción de lubricantes muestra un comportamiento errático, debido a la diferencia de empresas que reportan sus datos al INE para cada año.

4.5.4.7. Recálculos

4.5.4.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Se detectaron diferencias entre los datos de actividad utilizados durante la actualización anterior y el presente proceso.

4.5.4.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

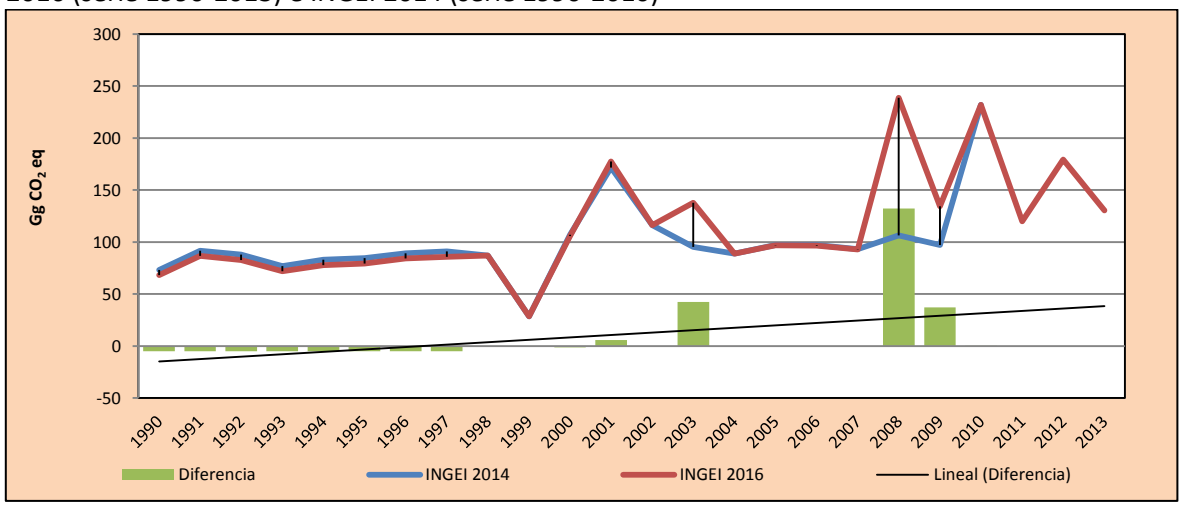
En la Tabla 151 y Figura 77 se observa como variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). Estas variaciones son especialmente importantes para 2003 y 2008. Los aumentos y variaciones en general, se deben principalmente a cambios en los datos de producción de lubricantes. Esto generó un aumento de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 8,3 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 151. 2.D.1. Uso de lubricantes: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	73,2	106,9	231,8			
INGEI 2016	68,1	105,7	231,8	119,9	179,3	130,3
Diferencia	**-5,1**	**-1,2**	**0,0**			
Diferencia %	**-7,5%**	**-1,1%**	**0,0%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 77. 2.D.1. Uso de lubricantes: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.5.4.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con el INE para mejorar los datos de producción de lubricantes.

4.5.5. Uso de la cera de parafina (2.D.2.)

4.5.5.1. Descripción de la subcategoría

Las ceras de parafina se utilizan en aplicaciones tales como velas, cajas corrugadas, revestimientos de papel, encolados de placas, producción de alimentos, betunes de brillo, tensoactivos (como los utilizados en los detergentes), entre otros usos.

Entre 1990 y 2013, el consumo se sustenta principalmente en las importaciones, ya que la producción, de acuerdo a la información entregada por el INE, es bastante menor que las importaciones.

4.5.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 11,7 Gg CO_2 eq (representando el 8,3 % de la categoría), incrementándose en un 65,8 % desde 1990 y en un 26,4 % desde 2010 (Tabla 146 y Figura 76). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de cera y, por consiguiente, las importaciones del mismo.

4.5.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Uso de cera de parafina* se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*. El método se basa en aplicar un factor de emisión para el CO_2 a la cantidad de cera de parafina que se consumen en el país. El factor de emisión está referido al factor ODU y al contenido de carbono de la cera de parafina. Lo anterior se refleja en la ecuación siguiente:

Ecuación 25. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: estimación de emisiones de CO_2 (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = PW \cdot CC_{cera} \cdot ODU_{cera} \cdot 44/12}$$

Fuente: Ecuación 5.4; Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones CO_2: emisiones de CO_2 generadas por las ceras, toneladas.
- PW: consumo total de ceras, TJ.
- CC_{cera}: contenido de carbono de las ceras de para fina, por defecto, toneladas de C/TJ.
- ODU_{cera}: factor ODU de la cera de parafina, fracción.
- 44/12: cociente de masa del CO_2/C.

4.5.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad del consumo de lubricantes provienen de un balance entre la producción, las importaciones y exportaciones. El balance para el consumo es el siguiente:

Ecuación 26. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: balance de masa para la estimación de consumo de cera de parafina

$$\boldsymbol{Consumo = Producción + Importación - Exportación}$$

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Los datos de producción se obtienen del INE, que proporciona datos para 1996-2000 y para 2007. La ausencia de datos para el resto de la serie se debe a que no todos los productores contestan la encuesta, generando vacíos que deben ser corregidos. Para estimar la producción durante la serie 1990-1995, se promedió la producción durante 1996-1998. La producción de 2000 fue desestimada por considerarse un valor atípico (para 1999 se tiene una producción de 93,7 t mientras que 2000 se tienen 827,9 t). Para el resto de los años de la serie se promedió la producción de 1999-2007. La importación y exportación de ceras de parafina fue entregada por el INE para toda la serie temporal (Tabla 152).

Tabla 152. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: datos de actividad (TJ), serie 1990-2013

Año	Producción (TJ)	Importación (TJ)	Exportación (TJ)	Consumo (TJ)
1990	0,9	482,1	0,6	482,5
1991	0,9	424,7	1,1	424,5
1992	0,9	525,0	1,6	524,3
1993	0,9	490,2	2,2	489,0
1994	0,9	579,0	5,7	574,3
1995	0,9	574,0	4,5	570,5
1996	0,7	652,1	5,5	647,3
1997	1,0	651,0	9,3	642,6
1998	1,1	621,6	13,8	608,9

Año	Producción (TJ)	Importación (TJ)	Exportación (TJ)	Consumo (TJ)
1999	3,8	181,8	21,4	164,1
2000	6,5	630,0	14,1	622,3
2001	6,5	634,6	5,4	635,7
2002	6,5	686,7	20,6	672,5
2003	6,5	684,6	36,0	655,1
2004	6,5	720,7	30,1	697,0
2005	6,5	797,2	29,1	774,6
2006	6,5	699,6	31,6	674,4
2007	9,1	643,7	23,6	629,2
2008	6,5	643,7	22,5	627,7
2009	6,5	475,5	24,3	457,7
2010	6,5	660,8	35,5	631,7
2011	6,5	636,6	28,1	614,9
2012	6,5	600,2	10,2	596,4
2013	6,5	805,1	12,2	799,4

Nota: valores en rojo es información tratada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.5.5.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión de CO_2 se compone de un factor de contenido de carbono específico multiplicado por el factor ODU. Para esta subcategoría se utilizaron factores por defecto, de acuerdo a las *Directrices del IPCC del 2006*. Los valores usados se muestran en la Tabla 153.

Tabla 153. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: factores de emisión

Dato	Valor
Contenido de carbono (t C/TJ) (*)	20,0
Factor ODU (**)	0,2

Fuente: (*) Cuadro 1.3; Capítulo 1; Volumen 2; Directrices del IPCC 2006 (**) Sección 5.3.2.2.; Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

4.5.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±102,1 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 5.3.3.; Capítulo 5; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 154.

Tabla 154. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	CO_2	20,0%	20,0%	100,1%	100,1%	102,1%	102,1%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.5.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Los datos de actividad debieron ser tratados dado que la información de INE contiene vacío de datos. El tratamiento de los datos se explica en la sección 4.5.5.3.1. *supra*.

4.5.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.5.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector *IPPU*. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.5.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.5.5.6.3. Verificación

Se verificó la coherencia de la serie. La producción de cera muestra un comportamiento errático, debido a la diferencia de empresas que reportan sus datos al INE para cada año.

4.5.5.7. Recálculos

4.5.5.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Se detectaron diferencias entre los datos de actividad utilizados durante la actualización anterior y el presente proceso, debido al cambio en el tratamiento de los vacíos de datos.

4.5.5.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

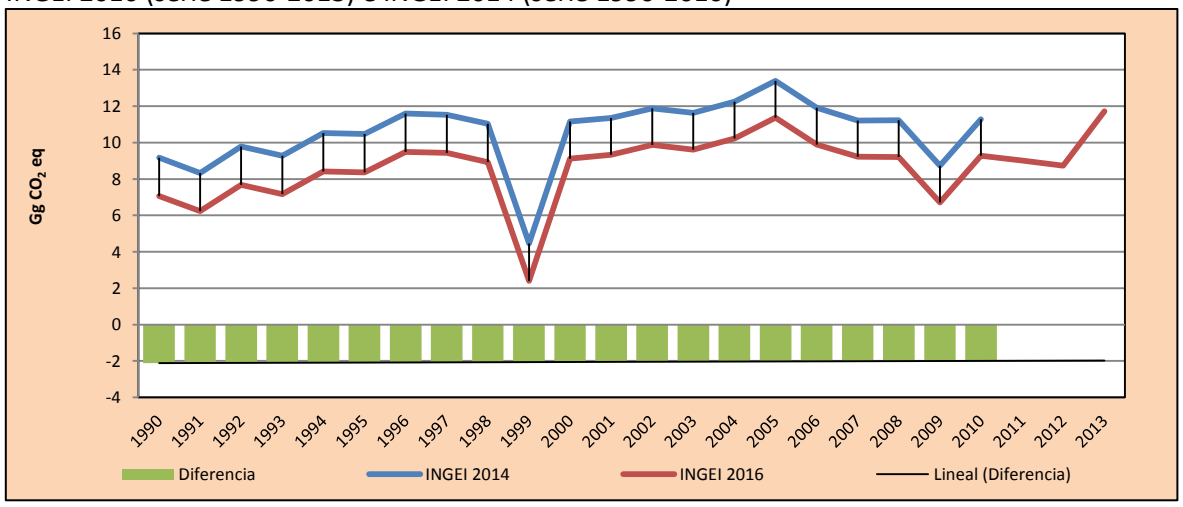
En la Tabla 155 y la Figura 78 se observa como variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente al cambio en el tratamiento de los datos. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 2,1 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013. Sin embargo, la tendencia de las emisiones se mantiene.

Tabla 155. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	9,2	11,2	11,3			
INGEI 2016	7,1	9,1	9,3	9,0	8,7	11,7
Diferencia	**-2,1**	**-2,0**	**-2,0**			
Diferencia %	**-29,8%**	**-22,2%**	**-21,8%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 78. 2.D.2. Uso de la cera de parafina: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.5.5.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con el INE para mejorar los datos de producción de cera de parafina.

4.5.6. Uso de solventes (4.D.3.)

De acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, esta subcategoría debe considerarse aparte y constituye una fuente importante de COVDM. No se consideran emisiones de GEI.

4.5.7. Otros (4.D.4.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.6. Industria electrónica (2.E.)

Esta categoría no ocurre en el país.

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

4.7.1. Descripción de la categoría

La categoría *Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono* incluye las emisiones de los gases fluorados HFC y, en una medida muy limitada, los PFC que sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). Las subcategorías incluidas son:

- *2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado.*
- *2.F.2. Agentes espumantes.*
- *2.F.3. Protección contra incendios.*
- *2.F.4. Aerosoles.*
- *2.F.5. Solventes.*

En el contexto nacional, Aduanas comienza a registrar el ingreso de estos gases desde 2002. La categoría incluye las emisiones de los procesos productivos siguientes:

- Refrigeración y aire acondicionado.
- Protección contra incendios.
- Aerosoles.

4.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono* es la cuarta categoría emisora de GEI del sector *IPPU* (10,4 %). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 686,9 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 4.438,9 % desde 2002 y en un 136,6 % desde 2010. El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es debido principalmente el consumo de HFC para la refrigeración y la climatización, teniendo una fuerte alza el 2012 (Tabla 156 y Figura 79).

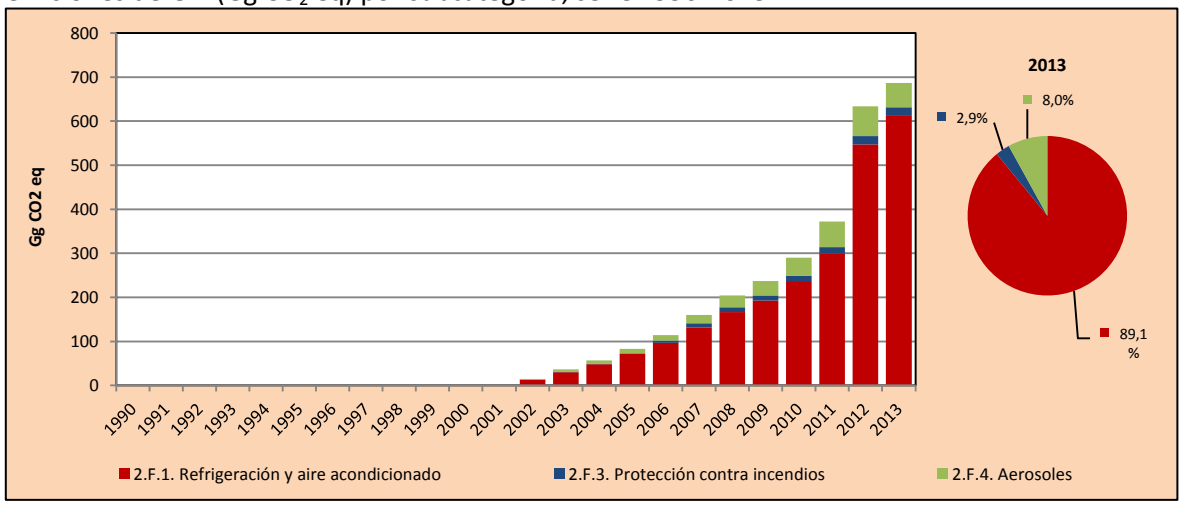
Respecto a las subcategorías (Figura 79), la *Refrigeración y aire acondicionado* es la de mayor relevancia con un 89,1 % de las emisiones totales, seguida de un 8,0 % de *Aerosoles* y de un 2,9 % de *Protección contra incendios*.

Tabla 156. 2.F. Uso de productos sustitutos que las sustancias que agotan la capa de ozono: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	NO	NO	236,9	298,7	547,3	611,8
2.F.3. Protección contra incendios	NO	NO	12,8	15,3	18,6	19,8
2.F.4. Aerosoles	NO	NO	40,6	58,6	68,0	55,2
Total	**NO**	**NO**	**290,3**	**372,6**	**633,8**	**686,9**

NO = No ocurre
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 79. 2.F. Uso de productos sustitutos que las sustancias que agotan la capa de ozono: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.7.3. Aspectos metodológicos de la categoría

En cuanto a los aspectos metodológicos, se aplicaron métodos de Nivel 1 para las subcategorías *Refrigeración y aire acondicionado*, *Protección contra incendios* y *Aerosoles*, usando factores de emisión por defecto, de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*. De acuerdo a lo expresado por la sección de Ozono del Departamento Climático del MMA no se realiza soplado de espumas en el país por lo que la subcategoría *Agentes espumantes* no fue estimada. En cuanto a la subcategoría *Solventes*, no se registra consumo de sustancias asociadas a esta actividad (Tabla 157).

Tabla 157. 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono: métodos aplicados por subcategoría.

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NO	NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO		
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	NA	NA					T1	D	T1	D		
2.F.2. Agentes espumantes	NA	NA					NE	NE	NE	NE		
2.F.3. Protección contra incendios	NA	NA					T1	D	T1	D		
2.F.4. Aerosoles							T1	D	NA	NA		
2.F.5. Solventes							NE	NE	NE	NE		
2.F.6. Otras aplicaciones (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		

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
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

Es importante mencionar que los datos de actividad necesarios para estimar las emisiones de todas las subcategorías presentadas en esta categoría fueron proporcionados de manera agregada por gas por Aduanas. La información fue desagregada por aplicación en función de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 7.1; Capítulo 7; Volumen 3). Adicionalmente se utilizó el juicio experto de profesionales de la sección de Ozono del Departamento Climático del MMA, que cuentan con conocimiento del uso nacional de estos gases en el país, lo que permitió mejorar la desagregación propuesta por las *Directrices del IPCC de 2006*. La Tabla 158 muestra los resultados.

Tabla 158. 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de *ozono:* distribución de consumo de HFC y PFC por aplicación.

Fórmula química	Refrigeración y aire acondicionado	Extinción de incendios y protección contra explosiones	Aerosoles	Limpieza con solventes	Soplado de espumas
HFC-23	95,0%	5,0%			De acuerdo a lo indicado por el equipo de Ozono del Ministerio de Medio Ambiente, en Chile no se realiza soplado de espumas.
HFC-32	100,0%				
HFC-125	95,0%	5,0%			
HFC-134a	90,0%	5,0%	5,0%		
HFC-143a	100,0%				
HFC-152a	50,0%		50,0%		
HFC-227ea	33,3%	33,3%	33,3%		
HFC-236fa	50,0%	50,0%			
HFC.245fa			100,0%		
HFC-365mfc			50,0%	50,0%	
HFC-43-10mee			50,0%	50,0%	
PFC-14		100,0%			
PFC-31-10		100,0%			
PFC-51-14				100,0%	

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA de acuerdo a Directrices del IPCC 2006 y a la sección de Ozono.

4.7.4. Refrigeración y aire acondicionado (2.F.1.)

4.7.4.1. Descripción de la subcategoría

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado se utilizan en diversas aplicaciones, entre ellas, refrigeración doméstica, refrigeración comercial, procesos industriales, transporte refrigerado y sistema de aire acondicionado estacionario y móvil.

El uso de compuestos fluorados para refrigeración y aire acondicionado es abastecido en un 100 % por importaciones, ya que dichos compuestos no se producen en Chile. A partir del 2002 comenzaron a importarse estos productos en Chile, y su importación ha crecido considerablemente en el tiempo. Las exportaciones, por el contrario, son insignificantes.

4.7.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Refrigeración y aire acondicionado* es la principal subcategoría emisora dentro de la categoría *Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono*, representando el 89,1 % de sus emisiones de GEI. En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 611,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 4.759,9 % desde 2002 y en un 158,2 % desde 2010 (Tabla 156 y Figura 79). El principal causante de la tendencia y las

variaciones interanuales es el ingreso constante de HFC-134a y el aumento de las importaciones de los gases HFC-152a, HFC-143a y HFC-32 a partir del 2012.

4.7.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de HFC de la subcategoría *Refrigeración y aire acondicionado* se utilizó un método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*, basado en la multiplicación del consumo neto de cada gas para la aplicación por el factor de emisión correspondiente, de acuerdo a la lógica de emisiones reales. Adicionalmente se incluye un factor debido a las emisiones de los bancos de gases, que intenta dar cuenta del retardo entre el consumo y las emisiones. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 27. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: cálculo de las emisiones totales de una aplicación con bancos (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones} = \sum_{\boldsymbol{i}} (\boldsymbol{Consumo\ Neto_i} \cdot \boldsymbol{EF_{CN,i}} + \boldsymbol{Banco_i} \cdot \boldsymbol{EF_{B,i}})$$

Fuente: con base en Ecuación 7.2B; Capítulo 7; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones: emisiones totales para la aplicación refrigeración y aire acondicionado.
- Consumo Neto$_i$: consumo neto del gas fluorado *i*, toneladas.
- $EF_{CN,i}$: factor de emisión para el gas fluorado *i*.
- Banco$_i$: banco total del gas fluorado *i.*
- $EF_{CN,i}$: factor de emisión para el gas fluorado *i* en banco.

4.7.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de los gases fluorados usados para refrigeración son elaborados a partir de la información de importación y exportación proporcionados por Aduanas. Además, las importaciones y exportaciones son distribuidas para cada aplicación, de acuerdo a la Tabla 158. Según lo informado por la sección de Ozono del MMA, en el país no existe producción ni destrucción de gases fluorados. El balance para el consumo es el siguiente:

Ecuación 28. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: balance de masa para la estimación de consumo de HFC

$$\boldsymbol{Consumo} = \boldsymbol{Importación} - \boldsymbol{Exportación}$$

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Se debieron aplicar algunas correcciones a los datos de actividad al encontrarse que, para algunos años, la exportación de ciertos gases superaba a la importación. Este hecho parece no seguir el mercado nacional, dado que no se produce ningún tipo de HFC y PFC en el país. Para corregir los datos se optó por modificar la importación, equiparándose con la exportación reportada. Este hecho ocurre para el HFC-152a en 2004 y para el HFC-125 en 2005. A continuación, se presenta el consumo neto para cada sustancia referida en esta aplicación (Tabla 159).

Tabla 159. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: consumo neto de gases fluorados (t), serie 2002-2013.

Año	HFC-32 (t)	HFC-125 (t)	HFC-134a (t)	HFC-143a (t)	HFC-152a (t)	HFC-227ea (t)	HFC-236fa (t)
2002	0,000	0,000	64,333	0,000	0,345	0,000	0,041
2003	0,000	0,000	99,689	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,000	0,851	113,886	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,000	0,000	155,493	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	1,227	183,825	0,000	0,704	0,000	0,000
2007	0,663	3,492	235,884	0,907	0,000	2,721	0,000
2008	0,913	6,543	210,162	16,004	0,423	4,707	0,000
2009	0,195	6,159	232,466	0,100	1,229	6,596	0,087
2010	0,035	4,137	336,420	4,485	1,591	7,090	0,000
2011	0,035	11,753	372,320	22,865	0,764	15,553	0,000
2012	36,437	228,948	312,357	221,910	0,488	14,246	0,000
2013	77,745	264,414	373,748	215,079	1,825	6,657	0,000

Nota: valores en rojo es información tratada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Es importante mencionar que los HFC y PFC ingresan al país desde 2002, de acuerdo a lo informado por Aduanas.

4.7.4.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión para el banco corresponde a un 15 % anual para toda el área de refrigeración y aire acondicionado, de acuerdo a lo recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 7.5.2.1.; Capítulo 7; Volumen 3) ante la ausencia de valores desagregados por subaplicación.

Adicionalmente es necesario asumir algunos supuestos, de acuerdo a lo recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 7.5.2.1.; Capítulo 7; Volumen 3):

- La vida útil de los equipos es de 15 años promedio, para todas las subaplicaciones.
- La tasa de crecimiento de las ventas de nuevos equipos es de un 3 %.
- No existe destrucción de los gases al final de la vida útil (supuesto confirmado por la sección de Ozono del MMA).

4.7.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±102,0 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 2.3.2.; Capítulo 2; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 160.

Para los datos de actividad se optó por una incertidumbre del 20 % dado que se trata de la misma fuente de información usada para la estimación de los datos de actividad para las subcategorías de la categoría *Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes*. En el caso del factor de emisión, se decidió por una incertidumbre del 100 %, ya que se trata de un factor promedio para todas las subaplicaciones incluidas en el área de refrigeración y aire acondicionado, por lo que se sospecha de un alto nivel de incerteza.

Tabla 160. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado	HFC	20,0%	20,0%	100,0%	100,0%	102,0%	102,0%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.7.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Se debieron aplicar algunas correcciones a los datos de actividad las que se describen en la sección 4.7.4.3.1. *supra*.

4.7.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.7.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Se revisó la relación entre las importaciones y exportaciones para cada gas, suponiendo que las importaciones siempre debían ser mayores a las exportaciones, ante la nula actividad productiva del país.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector IPPU. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.7.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.7.4.6.3. Verificación

No se realizaron mayores actividades para la verificación de las emisiones.

4.7.4.7. Recálculos

4.7.4.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para mejorar los datos de actividad entregados por Aduanas, la sección de Ozono del MMA desagregó el destino de cada gas de acuerdo a la aplicación. Esto mejoró los datos de actividad disponibles para esta subcategoría.

4.7.4.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

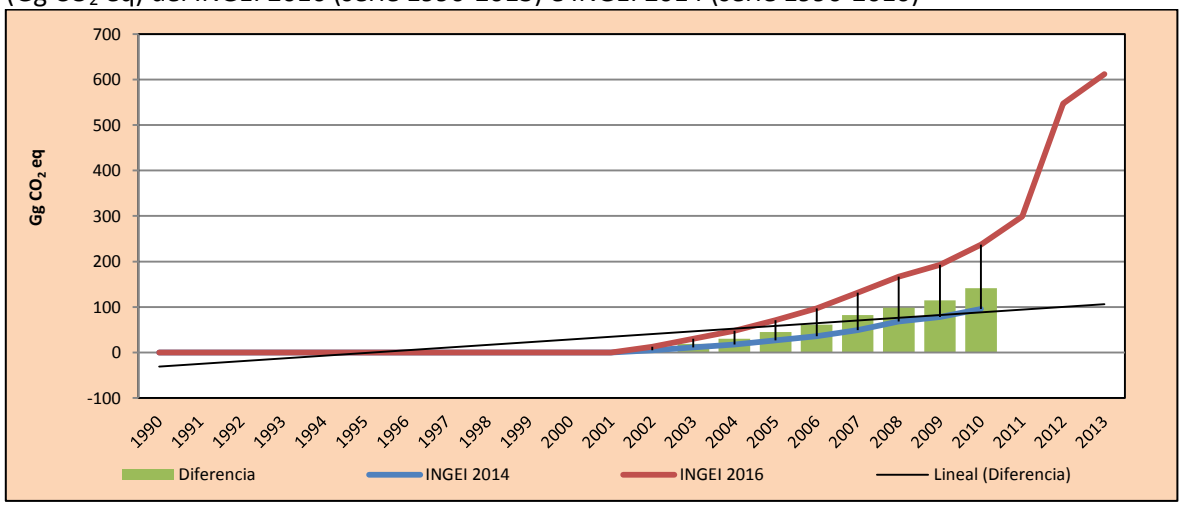
En la Tabla 161 y Figura 80 la se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe a la mejora en la desagregación de los datos de actividad (Tabla 159), que aumenta el consumo de HFC por parte de las aplicaciones refrigeración y aire acondicionado con respecto al ejercicio anterior. Esto generó un aumento de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 66,6 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 161. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014			95,8			
INGEI 2016			236,9	298,7	547,3	611,8
Diferencia			**141,2**			
Diferencia %			**59,6%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 80. 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.7.4.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales relacionadas con la industria de la refrigeración y el aire acondicionado, y el Servicio Nacional de Aduanas para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país.
- Coordinación con la sección de Ozono del MMA para la incorporación de información relacionada con recambio tecnológico equipos relacionados con la refrigeración y aire acondicionado y el uso de sustitutos de SAO.

4.7.5. Agentes espumantes (2.F.2.)

Esta subcategoría no fue estimada por falta de datos de actividad.

4.7.6. Protección contra incendios (2.F.3.)

4.7.6.1. Descripción de la subcategoría

Hay dos tipos generales de equipos contra incendios que usan los HFC y PFC para reemplazar parcialmente los halones: los equipos portátiles (de chorro corriente) y los equipos fijos (de anegación). Los HFC y PFC se utilizan como principal sustituto de los halones en los equipos de anegación. Sin embargo, el uso de estos gases en la protección contra incendios no es masivo debido a sus costos.

El uso de compuestos fluorados para protección contra incendios de Chile es abastecido en un 100 % por importaciones, ya que dichos compuestos no se producen en Chile. A partir de 2002

comenzaron a importarse estos productos en Chile, y su importación ha crecido considerablemente en el tiempo. Las exportaciones, por el contrario, son insignificantes.

4.7.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 19,8 Gg CO_2 eq (representando un 3,8 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 9.983,4 % desde 2002 y en un 54,2 % desde 2010 (Tabla 156 y Figura 79). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es el ingreso de nuevos gases al mercado como el HFC-125, el HFC-227ea y el PFC-14, junto al consumo constante de HFC-134a.

4.7.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Protección contra incendios* se utilizó el método de Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en la multiplicación del consumo neto por aplicación por el factor de emisión correspondiente, de acuerdo a la lógica de emisiones reales., Adicionalmente se incluye un factor debido a las emisiones de los bancos de gases, que intenta dar cuenta del retardo entre el consumo y las emisiones. Lo anterior queda representado por la ecuación siguiente:

Ecuación 29. 2.F.3. Protección contra incendios: estimación de emisiones de gases fluorados (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones} = \sum_{i} (\boldsymbol{Consumo\ Neto_i} \cdot \boldsymbol{EF_{CN,i}} + \boldsymbol{Banco_i} \cdot \boldsymbol{EF_{B,i}})$$

Fuente: con base en Ecuación 7.2B; Capítulo 7; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- Emisiones: emisiones totales de cada gas fluorado para la aplicación de protección contra incendios.
- Consumo $Neto_i$: consumo neto del gas fluorado *i*, toneladas.
- $EF_{CN,i}$: factor de emisión para el gas fluorado *i*.
- $Banco_i$: banco total del gas fluorado *i.*
- $EF_{CN,i}$: factor de emisión para el gas fluorado *i* en banco.

4.7.6.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de los gases fluorados usados para la extinción de incendios son elaborados a partir de la información de importación y exportación proporcionados por Aduanas. Además, las importaciones y exportaciones son distribuidas para cada aplicación, de acuerdo a la Tabla 158. Según lo informado por la sección de Ozono del MMA, en el país no existe producción ni destrucción de gases fluorados. El balance para el consumo es el siguiente:

Ecuación 30. 2.F.3. Protección contra incendios: balance de masa para la estimación de consumo de HFC y PFC

$$\boldsymbol{Consumo} = \boldsymbol{Importación} - \boldsymbol{Exportación}$$

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Se debieron aplicar algunas correcciones a los datos de actividad al encontrarse que, para algunos años, la exportación de ciertos gases superaba a la importación. Este hecho parece no seguir el mercado nacional, dado que no se produce ningún tipo de HFC y PFC en el país. Para corregir los datos se optó por modificar la importación, equiparándose con la exportación reportada. Este hecho ocurre para el PFC-14 en 2002 y para el HFC-125 en 2005. A continuación, se presenta el consumo neto para cada sustancia referida a esta aplicación (Tabla 162).

Tabla 162. 2.F.3. Protección contra incendios: consumo neto de gases fluorados (t), serie 2002-2013.

Año	HFC-125 (t)	HFC-134a (t)	HFC-227ea (t)	HFC-236fa (t)	PFC-14 (t)
2002	0,000	3,574	0,000	0,041	0,000
2003	0,000	5,538	0,000	0,000	0,000
2004	0,045	6,327	0,000	0,000	0,000
2005	0,000	8,639	0,000	0,000	2,865
2006	0,065	10,213	0,000	0,000	10,740
2007	0,184	13,105	2,721	0,000	13,385
2008	0,344	11,676	4,707	0,000	0,342
2009	0,324	12,915	6,596	0,087	0,000
2010	0,218	18,690	7,090	0,000	0,000
2011	0,619	20,684	15,553	0,000	0,000
2012	12,050	17,353	14,246	0,000	0,049
2013	13,917	20,764	6,657	0,000	31,280

Nota: valores en rojo es información tratada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.7.6.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión para el banco corresponde a un 4 % anual de acuerdo a lo recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 7.6.2.2.; Capítulo 7; Volumen 3) ante la ausencia de valores desagregados por subaplicación.

Adicionalmente es necesario asumir algunos supuestos, de acuerdo a lo recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 7.6.2.2.; Capítulo 7; Volumen 3):

- La vida útil de los equipos es de 15 años promedio.
- La tasa de crecimiento de las ventas de nuevos equipos es de un 3 %.
- No existe destrucción de los gases al final de la vida útil.

4.7.6.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±20,1 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión. Para los datos de actividad se optó por una incertidumbre del 20 %, ante la ausencia de mejor información por parte de Aduanas, al igual que para la subcategoría *Refrigeración y aire acondicionado*. En el caso del factor de emisión, se decidió por una incertidumbre del 2 %, de acuerdo a lo recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 7.6.2.2; Capítulo 7; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en laTabla 163.

Tabla 163. 2.F.3. Protección contra incendios: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.F.3.	Protección contra incendios	HFC	20,0%	20,0%	2,0%	2,0%	20,1%	20,1%
2.F.3.	Protección contra incendios	PFC	20,0%	20,0%	2,0%	2,0%	20,1%	20,1%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los datos de actividad.

4.7.6.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Se debieron aplicar algunas correcciones a los datos de actividad las que se describen en la sección 4.7.5.3.1. *supra*.

4.7.6.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.7.6.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Se revisó la relación entre las importaciones y exportaciones para cada gas, suponiendo que las importaciones siempre debían ser mayores a las exportaciones, ante la nula actividad productiva del país.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector *IPPU*. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.7.6.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.7.6.6.3. Verificación

No se realizaron mayores actividades para la verificación de las emisiones.

4.7.6.7. Recálculos

4.7.6.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para mejorar los datos de actividad entregados por Aduanas, la sección de Ozono del MMA desagregó el destino de cada gas de acuerdo a la aplicación. Esto mejoró los datos de actividad disponibles para esta subcategoría.

4.7.6.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

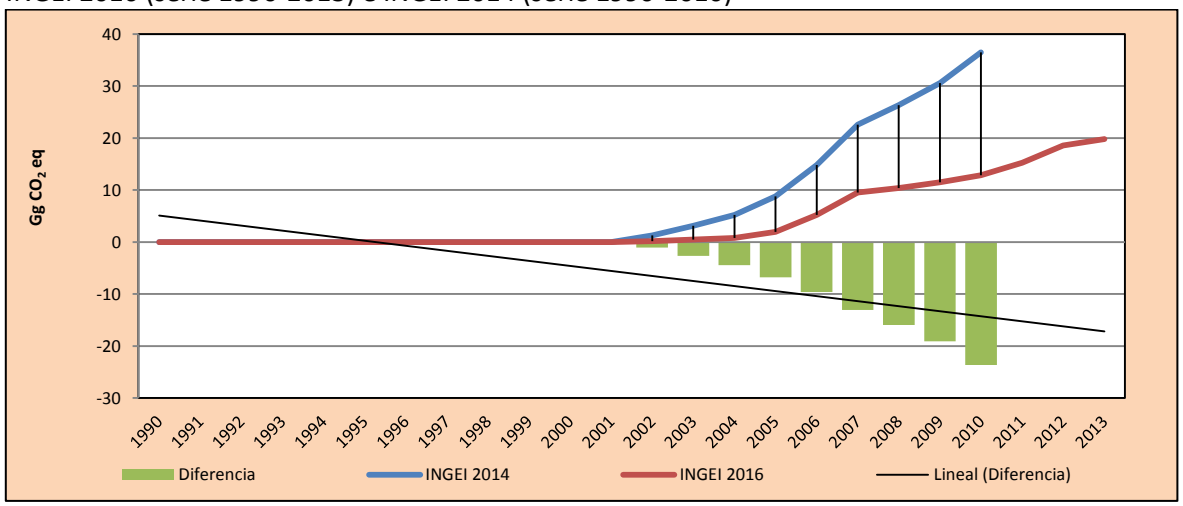
En la Tabla 164 y la Figura 81 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe a la mejora en la desagregación de los datos de actividad (Tabla 162), que disminuye el consumo de HFC por parte de las aplicaciones de extinción del fuego con respecto al ejercicio anterior. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 10,7 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 164. 2.F.3. Protección contra incendios: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010).

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014			36,5			
INGEI 2016			12,8	15,3	18,6	19,8
Diferencia			**-23,7**			
Diferencia %			**-184,4%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 81. 2.F.3. Protección contra incendios: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.7.6.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales relacionadas con la industria de la protección contra el fuego, y el Servicio Nacional de Aduanas para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país.

4.7.7. Aerosoles (2.F.4.)

4.7.7.1. Descripción de la subcategoría

Los aerosoles se utilizan como inhaladores dosificados, productos de higiene personal, productos para uso doméstico, productos industriales, y otros productos como infladores de neumáticos.

El uso de compuestos fluorados para aerosoles en Chile, es abastecido en un 100 % por importaciones, ya que dichos compuestos no se producen en Chile. A partir de 2002 comenzaron a importarse estos productos en Chile, y su importación ha crecido considerablemente en el tiempo. Las exportaciones, por el contrario, son insignificantes.

4.7.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 55,2 Gg CO_2 eq (representando el 8,0 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 2.253,7 % desde 2002 y en un 36,1 % desde 2010 (Tabla 156 y Figura 79). El principal causante de la tendencia el consumo constante y creciente de HFC-134a. Por otra parte, el uso de HFC-227ea provoca las principales variaciones interanuales, alcanzando un máximo en 2011 para luego disminuir significativamente.

4.7.7.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Aerosoles* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* basado en el supuesto que considera que las emisiones ocurren generalmente poco después de la producción, en promedio seis meses después de la venta. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 31. 2.F.4. Aerosoles: estimación de emisiones para los usos de los aerosoles (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones_t = S_t \bullet EF + S_{t-1} \bullet (1 - EF)}$$

Fuente: Ecuación 7.6; Capítulo 7; Volumen 3; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- $Emisiones_t$: emisiones año t, toneladas.
- S_t: cantidad de HFC y PFC confinada en los productos con aerosol vendidos en el año t, toneladas.
- S_{t-1}: cantidad de HFC y PFC confinada en los productos con aerosol vendidos en el año t-1, toneladas.
- EF: factor de emisión como fracción de la sustancia química emitida durante el primer año, fracción.

4.7.7.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de los gases fluorados usados para los aerosoles son elaborados a partir de la información de importación y exportación proporcionados por Aduanas. Además, las importaciones y exportaciones son distribuidas para cada aplicación, de acuerdo a la Tabla 158. Según lo informado por la sección de Ozono del MMA, en el país no existe producción ni destrucción de gases fluorados. El balance para el consumo es el siguiente:

Ecuación 32. 2.F.4. Aerosoles: balance de masa para la estimación de consumo de HFC y PFC

$$\boldsymbol{Consumo = Importación - Exportación}$$

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Se debieron aplicar algunas correcciones a los datos de actividad al encontrarse que, para algunos años, la exportación de ciertos gases superaba a la importación. Este hecho parece no seguir el mercado nacional, dado que no se produce ningún tipo de HFC y PFC en el país. Para corregir los datos se optó por modificar la importación, equiparándose con la exportación reportada. Este hecho ocurre para el HFC-152a en 2004 (Tabla 165).

Tabla 165. 2.F.4. Aerosoles: consumo de aerosoles, serie 2002-2013.

Año	HFC-134a (t)	HFC-152a (t)	HFC-227ea (t)
2002	3,574	0,345	0,000
2003	5,538	0,000	0,000
2004	6,327	0,000	0,000
2005	8,639	0,000	0,000
2006	10,213	0,704	0,000
2007	13,105	0,000	2,721
2008	11,676	0,423	4,707
2009	12,915	1,229	6,596
2010	18,690	1,591	7,090
2011	20,684	0,764	15,553

Año	HFC-134a (t)	HFC-152a (t)	HFC-227ea (t)
2012	17,353	0,488	14,246
2013	20,764	1,825	6,657

Nota: valores en rojo es información tratada
Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.7.7.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión usado corresponde a 0,5 fracción de la sustancia química emitida, para todas las sustancias, de acuerdo al factor por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 7.3.2.2.; Capítulo 7; Volumen 3).

4.7.7.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±102,0 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión. Para los datos de actividad se optó por una incertidumbre del 20 %, ante la ausencia de mejor información por parte de Aduanas, al igual que para la subcategoría *Refrigeración y aire acondicionado*, y *Protección contra incendios*. En el caso del factor de emisión, se decidió por una incertidumbre del 100 %, ya que se trata de un factor promedio, por lo que se sospecha de un alto nivel de incerteza. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 166.

Tabla 166. 2.F.4. Aerosoles: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.F.4.	Aerosoles	HFC	20,0%	20,0%	100,0%	100,0%	102,0%	102,0%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.7.7.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Se debieron aplicar algunas correcciones a los datos de actividad las que se describen en la sección 4.7.6.3.1. *supra*.

4.7.7.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.7.7.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE,

correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Se revisó la relación entre las importaciones y exportaciones para cada gas, suponiendo que las importaciones siempre debían ser mayores a las exportaciones, ante la nula actividad productiva del país.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector IPPU. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

4.7.7.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.7.7.6.3. Verificación

No se realizaron mayores actividades para la verificación de las emisiones.

4.7.7.7. Recálculos

4.7.7.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para mejorar los datos de actividad entregados por Adunas, la sección de Ozono del MMA desagregó el destino de cada gas de acuerdo a la aplicación. Esto mejoró los datos de actividad disponibles para esta subcategoría.

4.7.7.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

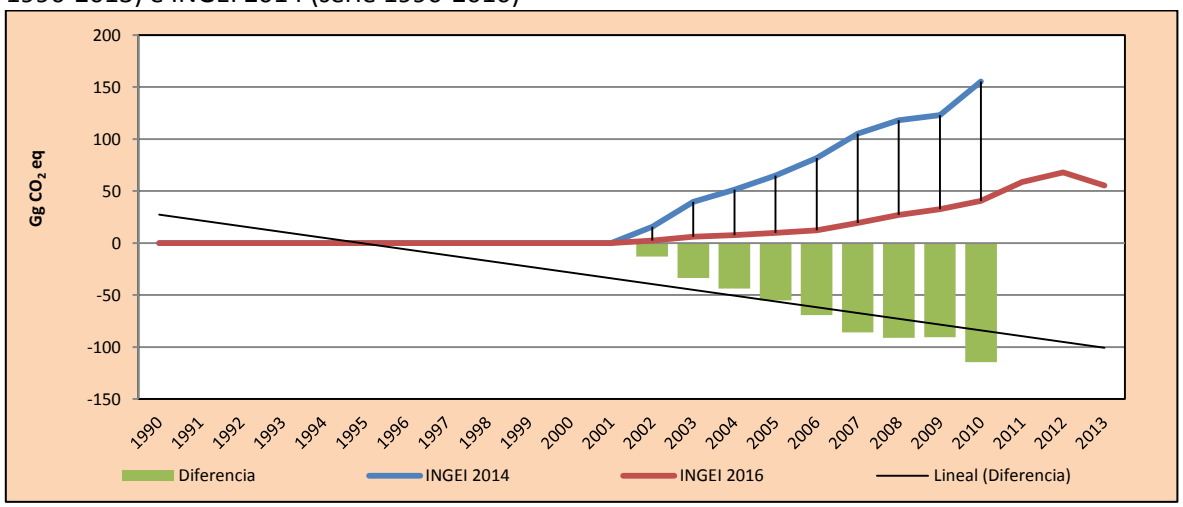
En la Tabla 167 y la Figura 82 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe a la mejora en la desagregación de los datos de actividad (Tabla 165), que disminuye el consumo de HFC por parte de las aplicaciones de aerosoles con respecto al ejercicio anterior. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 66,4 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 167. 2.F.4. Aerosoles: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014			155,2			
INGEI 2016			40,6	58,6	68,0	55,2
Diferencia			**-114,6**			
Diferencia %			**-282,4%**			

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 82. 2.F.4. Aerosoles: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.7.7.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales relacionadas con la industria de los aerosoles, y Aduanas para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país.
- Coordinación con la sección de Ozono del MMA para la incorporación de información relacionada con el uso de sustitutos de SAO en aerosoles.

4.7.8. Solventes (2.F.5.)

Esta subcategoría no fue estimada por falta de datos de actividad.

4.7.9. Otros (2.F.6.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.8. Manufactura y utilización de otros productos (2.G.)

4.8.1. Descripción de la categoría

La categoría *Manufactura y utilización de otros productos* incluye las emisiones del uso de SF_6, PFC y N_2O en diferentes aplicaciones que se basan en las diferentes propiedades físicas de estas sustancias, como la elevada constante dieléctrica del SF_6, la estabilidad de los PFC y los efectos anestésicos del N_2O. Las subcategorías incluidas son:

- *2.G.1. Equipos eléctricos.*
- *2.G.2. SF_6 y PFC de otros usos de productos.*
- *2.G.3. N_2O de usos de productos.*

En el contexto nacional solo se registra la actividad relacionada con equipos eléctricos.

4.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI

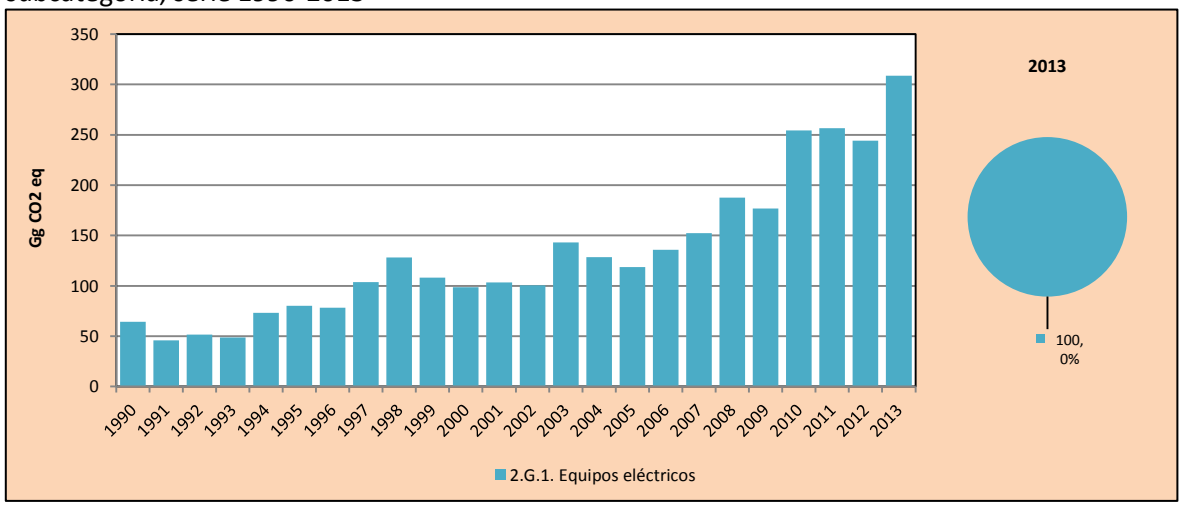
La categoría *Manufactura y utilización de otros productos* es la quinta categoría emisora de GEI del sector *IPPU* representando el 4,7 % de las emisiones del sector. En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 308,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 380,3 % desde 1990 y en un 21,4 % desde 2010. El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la creciente instalación de interruptores de alta tensión y subestaciones eléctricas, y la mantención de las mismas. Las emisiones de esta categoría corresponden en su totalidad a las emisiones de la subcategoría *Equipos eléctricos* (Tabla 168 y Figura 83).

Tabla 168. 2.G. Manufactura y utilización de otros productos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.G.1. Equipos eléctricos	64,3	98,6	254,4	256,7	244,3	308,7
Total	**64,3**	**98,6**	**254,4**	**256,7**	**244,3**	**308,7**

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 83. 2.G. Manufactura y utilización de otros productos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.8.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 1. La subcategoría *SF_6 y PFC de otros usos de productos* no ocurre en el país, mientras que *N_2O de usos de productos* no fue estimada por falta de datos de actividad. En la Tabla 169 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 169. 2.G. Manufactura y utilización de otros productos: aspectos metodológicos.

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF_6	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NO	NO	NA, NO	NA, NO	T1, NA, NO	D, NA, NO
2.G.1. Equipos eléctricos									NO	NO	T1	D
2.G.2. SF_6 y PFC de otros usos de productos									NO	NO	NO	NO
2.G.3. N_2O de usos de productos					NE	NE						
2.G.4. Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

4.8.4. Equipos eléctricos (2.G.1.)

4.8.4.1. Descripción de la subcategoría

El hexafluoruro de azufre (SF_6) se emplea como aislante eléctrico y para interrumpir la corriente en los equipos utilizados en la transmisión y distribución de electricidad. Las emisiones se producen en cada etapa del ciclo de vida útil de los equipos, incluida la fabricación, la instalación, el uso, el mantenimiento y la eliminación. La mayor parte del SF_6 utilizado en los equipos eléctricos se emplea en conmutadores y subestaciones con aislación de gas (GIS, del inglés, Gas-Insulated Substations) y en los disyuntores a gas (GCB, del inglés, Gas Circuit Breakers), aunque parte del SF_6

se emplea en líneas de alta tensión con aislación de gas (GIL, del inglés, Gas-Insulated Lines), en transformadores para aparatos de medida externos con aislación de gas y en otros equipos.

Entre 1990 y 2013, la instalación y uso de equipos eléctricos en Chile ha ido en aumento, de la mano con el crecimiento de la capacidad eléctrica de los diferentes sistemas que componen el sistema eléctrico nacional y la red de transmisión asociada.

4.8.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

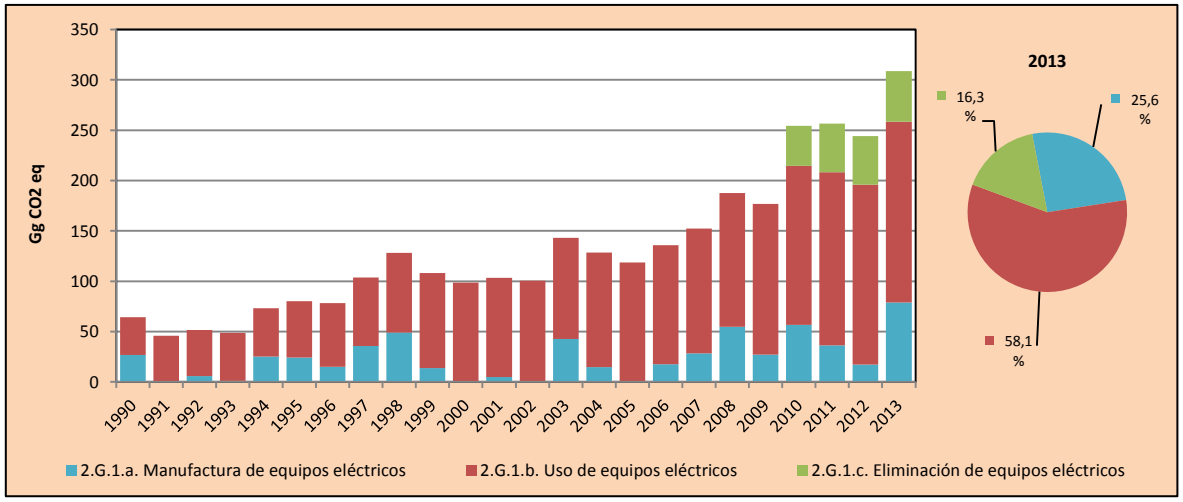
La subcategoría *Equipos eléctricos* es la única subcategoría emisora dentro de la categoría *Manufactura y utilización de otros productos* representando el 100,0 % de sus emisiones de GEI. En 2013, las emisiones de GEI de contabilizaron 94,6 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 380,3 % desde 1990 y en un 21,4 % desde 2010 (Tabla 170 y Figura 84). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la creciente instalación de interruptores de alta tensión y subestaciones eléctricas, y la mantención de las mismas.

Tabla 170. 2.G.1. Equipos eléctricos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
2.G.1.a. Manufactura de equipos eléctricos	26,7	0,0	56,6	36,3	17,3	79,0
2.G.1.b. Uso de equipos eléctricos	37,6	98,6	158,1	171,9	178,6	179,4
2.G.1.c. Eliminación de equipos eléctricos	0,0	0,0	39,7	48,4	48,4	50,4
Total	64,3	98,6	254,4	256,7	244,3	308,7

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Figura 84. 2.G.1. Equipos eléctricos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.8.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *Equipos eléctricos* se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC 2006*, basado en la sumatoria de las emisiones de cada una de las etapas del ciclo de vida de cada tipo de equipo eléctrico (manufactura, instalación, uso y disposición). La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 33. 2.G.1. Equipos eléctricos: método del factor de emisión por defecto (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisión_{Total} = E_{Manufactura} + E_{Instalación} + E_{Uso} + E_{Disposición}}$$

Fuente: Ecuación 8.1; Capítulo 8; Volumen 3; Directrices del IPCC 2006.

Donde:

- $E_{Manufactura} = Factor\ Emisión_{Manufactura} \cdot Total\ SF_6 consumido\ Manufactura,$
- $E_{Instalación} =$ $Factor\ Emisión_{Instalación} \cdot$ $Capacidad\ total\ de\ equipo\ nuevo\ llenado\ en\ sitio\ (y\ no\ en\ la\ fabrica),$
- $E_{Uso} = Factor\ Emisión_{Uso} \cdot Capacidad\ total\ de\ equipos\ instalados,$ y
- $E_{Disposición} = Fracción\ SF_6\ remanente\ \cdot Capacidad\ total\ equipos\ retirados.$

Es importante mencionar que en el caso nacional no existe manufactura de estos equipos.

4.8.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad recopilados para la estimación de emisiones corresponden a la capacidad de SF_6 en nuevos equipos instalados, SF_6 presente en los equipos en uso de acuerdo a la capacidad nominal y, la capacidad de los equipos retirados. Los datos se obtuvieron para toda la serie temporal, distinguiendo entre equipos interruptores de alta tensión y subestaciones eléctricas encapsuladas (GIS). Los datos fueron estimados por la principal empresa importadora de SF_6 del país, en función de los datos disponibles de equipos para 2014 y el crecimiento de la red de transmisión en función de la potencia instalada (Tabla 171 y Tabla 172).

Tabla 171. 2.G.1. Equipos eléctricos: datos de actividad de equipos eléctricos de alta tensión (kg) para las diferentes etapas del ciclo de vida, serie 1990-2013

Año	Capacidad instalada (kg)	Sistemas en operación (kg)	Remanente en equipos retirados (kg)
1990	2.403,7	10.901,0	0,0
1991	0,0	13.304,8	0,0
1992	530,1	13.304,8	0,0
1993	103,5	13.834,9	0,0
1994	2.264,7	13.939,1	0,0
1995	2.187,9	16.203,7	0,0
1996	1.346,6	18.391,7	0,0
1997	3.216,4	19.738,2	0,0
1998	4.422,0	22.954,0	0,0
1999	1.236,8	27.376,1	0,0
2000	0,0	28.612,9	0,0
2001	429,7	28.612,9	0,0
2002	48,0	29.042,6	0,0
2003	3.848,2	29.090,6	0,0
2004	1.341,6	32.939,5	0,0
2005	58,0	34.281,0	0,0
2006	1.586,7	34.338,4	0,0
2007	2.554,7	35.925,7	0,0
2008	4.936,0	38.480,4	0,0
2009	2.446,2	43.416,4	0,0
2010	5.095,6	45.862,5	1.090,2
2011	3.270,1	49.867,9	1.330,4
2012	1.558,0	51.807,6	1.330,4
2013	7.111,4	52.035,3	1.383,4

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Tabla 172. 2.G.1. Equipos eléctricos: datos de actividad de subestaciones GIS (kg) para las diferentes etapas del ciclo de vida, serie 1990-2013

Año	Capacidad instalada (kg)	Sistemas en operación (kg)	Remanente en equipos retirados (kg)
1990	1.450,3	6.577,0	0,0
1991	0,0	8.027,2	0,0
1992	319,9	8.027,2	0,0
1993	62,5	8.347,1	0,0
1994	1.366,3	8.409,9	0,0
1995	1.320,1	9.776,3	0,0
1996	812,4	11.096,3	0,0
1997	1.940,6	11.908,8	0,0
1998	2.668,0	13.849,0	0,0
1999	746,2	16.516,9	0,0
2000	0,0	17.263,1	0,0
2001	259,3	17.263,1	0,0
2002	29,0	17.522,4	0,0
2003	2.321,8	17.551,4	0,0
2004	809,4	19.873,5	0,0
2005	35,0	20.683,0	0,0
2006	957,3	20.717,6	0,0
2007	1.541,3	21.675,3	0,0
2008	2.978,0	23.216,6	0,0
2009	1.475,8	26.194,6	0,0
2010	3.074,4	27.670,5	657,8
2011	1.972,9	30.087,1	802,6
2012	940,0	31.257,4	802,6
2013	4.290,6	31.394,7	834,6

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

4.8.4.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión de SF_6 para la instalación, uso y disposición de equipos eléctricos dependen del tipo de equipo y la región. Dado que no se tiene detalles sobre las características o procedencia de los equipos nacionales, se tomó una decisión conservadora y se escogieron los valores más altos reportados por las *Directrices del IPCC del 2006*. Los factores de emisión se presentan en la Tabla 173.

Tabla 173. 2.G.1. Equipos eléctricos: factores de emisión para cada etapa, por tipo de equipo.

Etapa	Interruptores de alta tensión (*)	GIS (**)
Instalación	0,290	0,290
Uso	0,140	0,007
Disposición	0,950	0,950

Fuente: (*) Cuadro 8.3; Capítulo 8, Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006 (**) Cuadro 8.4; Capítulo 8; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

4.8.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±23,6 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 8.5; Capítulo 8; Volumen 3). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 174.

Tabla 174. 2.G.1. Equipos eléctricos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
2.G.1.a.	Manufactura de equipos eléctricos	SF_6	20,0%	20,0%	30,0%	30,0%	36,1%	36,1%
2.G.1.b.	Uso de equipos eléctricos	SF_6	20,0%	20,0%	30,0%	30,0%	36,1%	36,1%
2.G.1.c.	Eliminación de equipos eléctricos	SF_6	20,0%	20,0%	30,0%	30,0%	36,1%	36,1%

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

4.8.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

4.8.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

4.8.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de IPPU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_2IPPU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe, y el software IPCC, para garantizar que, en los tres archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Elaboración de planilla de cálculo consolidada, en la cual se agrupan las planillas anuales exportadas del software IPCC. En dicha planilla, mediante fórmulas, se realiza la agregación de datos por categoría, por gas de efecto invernadero y por sector *IPPU*. Se revisaron todas las fórmulas utilizadas, para evitar errores en los cálculos.

4.8.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *IPPU*, el Equipo Técnico de IPPU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de IPPU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del

SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_2IPPU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

4.8.4.6.3. Verificación

Los datos de actividad fueron confirmados por el mayor importador de SF_6 del país. No se realizaron otros procedimientos de verificación.

4.8.4.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

4.8.4.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformación de mesas de trabajo con las empresas, o asociaciones gremiales, que tengan participación en la subcategoría, para levantar información estadística y paramétrica de primera fuente, y verificar la información oficial del país.

4.8.5. SF_6 y PFC de otros usos de productos (2.G.2.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.8.6. N_2O de otros usos de productos (2.G.3.)

Esta subcategoría no fue estimada por falta de datos de actividad.

4.8.7. Otros (2.G.4.)

Esta subcategoría no ocurre en el país.

4.9. Otros (2.H.)

Esta categoría no aplica dada las circunstancias nacionales.

5. SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA (3)

5.1. Panorama general

5.1.1. Introducción

El sector *Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra* (*AFOLU*) incluye las emisiones y absorciones de GEI asociadas a las actividades silvoagropecuarias de las tierras gestionadas en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Este conjunto de actividades incluye:

- Las emisiones y absorciones de CO_2 resultantes de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta y suelos minerales, para todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de CO_2 y no CO_2 producidas por incendios en todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de N_2O de todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de CO_2 relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas;
- Las emisiones de CH_4 del cultivo del arroz;
- Las emisiones de CO_2 y N_2O de las tierras de cultivo orgánico;
- Las emisiones de CO_2 y N_2O de humedales gestionados;
- La emisión de CH_4 producida por la fermentación entérica en el ganado;
- Las emisiones de CH_4 y N_2O de los sistemas de gestión del estiércol; y
- El cambio en las existencias de carbono relacionado con los productos de madera recolectada.

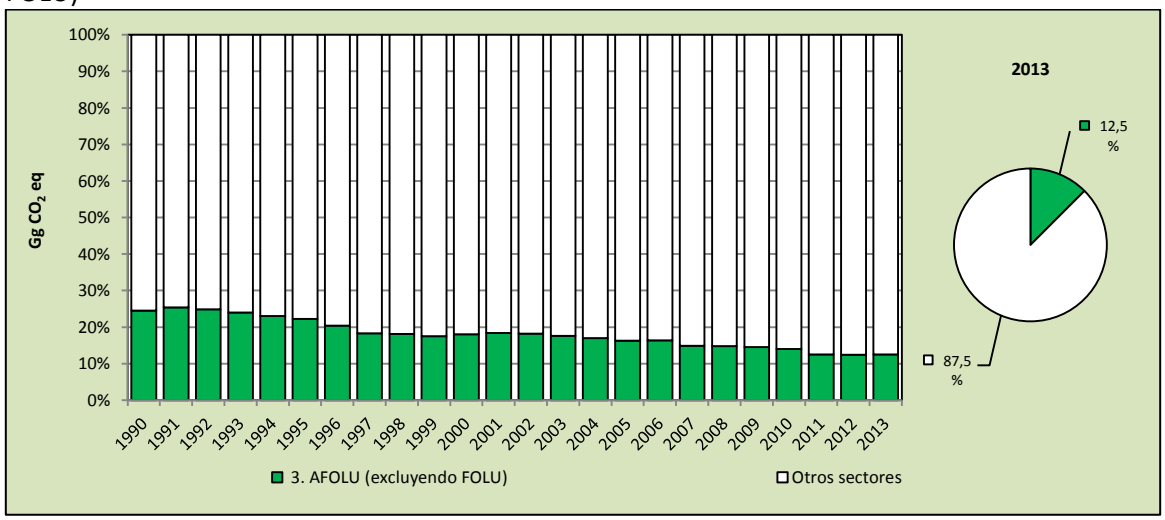
En el contexto nacional, se incluyen la gran mayoría de las emisiones y absorciones de GEI resultantes de las actividades anteriormente señaladas. Aquellas actividades que han sido excluidas serán tratadas en sus correspondientes secciones.

Es muy importante señalar que, a diferencia de los otros sectores del INGEI de Chile, las emisiones y absorciones de GEI del sector *AFOLU* se ven especialmente influenciadas por las condiciones climáticas del país, lo que se traduce en una mayor complejidad para realizar las estimaciones de GEI a lo largo de todo el país, ya que cada dato de actividad paramétrico debería ser el fiel reflejo de las condiciones climáticas específicas regionales. En respuesta a esta problemática, el sector *AFOLU* es el único sector del INGEI de Chile que se elabora para cada una de las 15 regiones del país.

5.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI

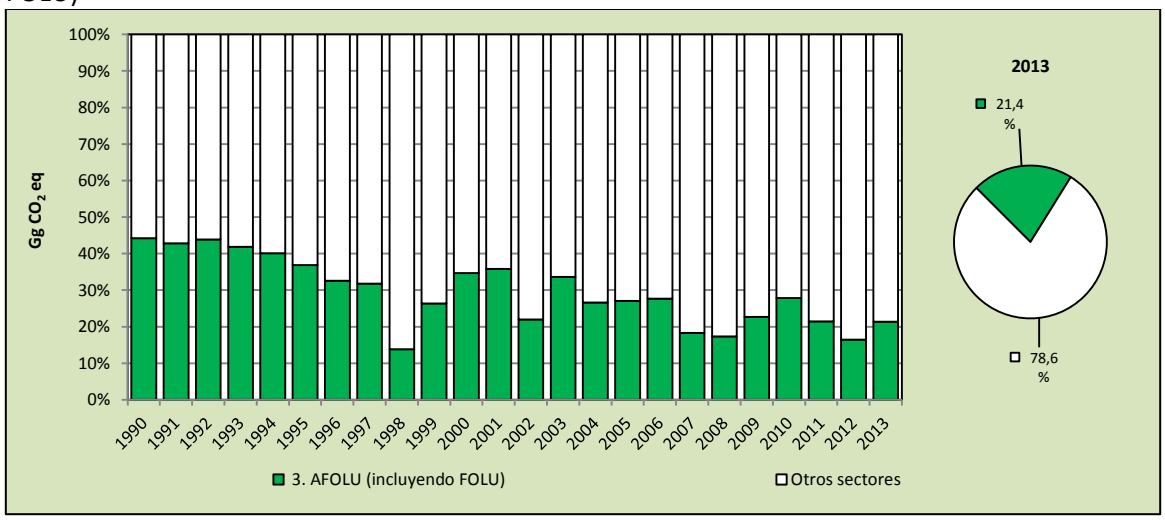
El sector *AFOLU* es el único sector que consistentemente absorbe CO_2 en el país, convirtiéndolo en el sector más relevante en cuanto a su potencial de mitigación para el país. Esto queda perfectamente reflejado al realizar el análisis de su participación en el INGEI de Chile incluyendo o excluyendo las actividades relacionadas con la *Silvicultura y otros usos de la tierra* (*FOLU*), que son las únicas actividades que absorben CO_2 desde la atmósfera en Chile. En 2013 el sector (excluyendo *FOLU*) representó el 12,5 % de las emisiones totales de GEI (Figura 85), mientras que en el mismo año el sector (incluyendo *FOLU*) representó 21,4 % del balance de GEI del país (Figura 86).

Figura 85. Sector AFOLU: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 86. Sector AFOLU: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

En 2013, el balance de GEI del sector contabilizó -26.119,2 Gg CO_2 eq, disminuyendo su condición de sumidero en un 15,4 % desde 1990 y en un 14,4 % desde 2010 (Tabla 175 y Figura 87). En términos generales, esto se debe a que la categoría *Tierras* disminuyó sus absorciones, mientras que las emisiones de GEI de las categorías asociadas a la actividad agropecuaria (*Ganadería* y *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra)* se han mantenido estables durante la serie 1990-2013.

Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por categoría (Figura 87), el 73,8 % corresponde a *Tierras*, seguido de un 15,5 % de *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra* y, finalmente, un 10,6 % correspondiente a *Ganadería*. Por su peso en el balance, cualquier aumento o disminución de las emisiones o absorciones de *Tierras* afecta significativamente a todo el sector, e incluso al balance general del INGEI de Chile. Un buen

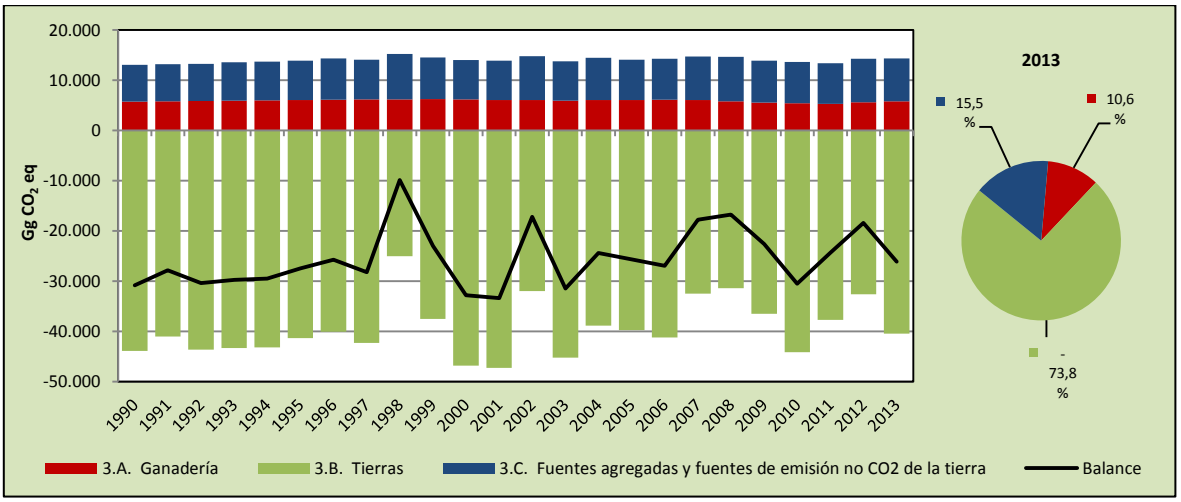
ejemplo de ello es la significativa reducción del balance de GEI (en desmedro de la absorción) en 1998 y 2002, que fue consecuencia directa de las emisiones de GEI generadas por incendios forestales de bosque nativo y plantaciones forestales. Hacia el final del período se observa un alza de la absorción de GEI debido a la expansión de la biomasa en plantaciones forestales y bosques naturales de segundo crecimiento (conocidos como renovales) y a la disminución de la superficie afectada por incendios forestales. Por otro lado, las categorías asociadas a la actividad agropecuaria se han mantenido estables en el tiempo.

Tabla 175. Sector AFOLU: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.A. Ganadería	5.744,6	6.161,3	5.382,8	5.291,3	5.616,9	5.818,9
3.B. Tierras	-43.921,6	-46.854,0	-44.132,3	-37.724,7	-32.654,9	-40.448,8
3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra	7.310,7	7.873,5	8.235,1	8.093,4	8.627,2	8.510,7
Balance	**-30.866,3**	**-32.819,2**	**-30.514,4**	**-24.339,9**	**-18.410,7**	**-26.119,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 87. Sector AFOLU: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

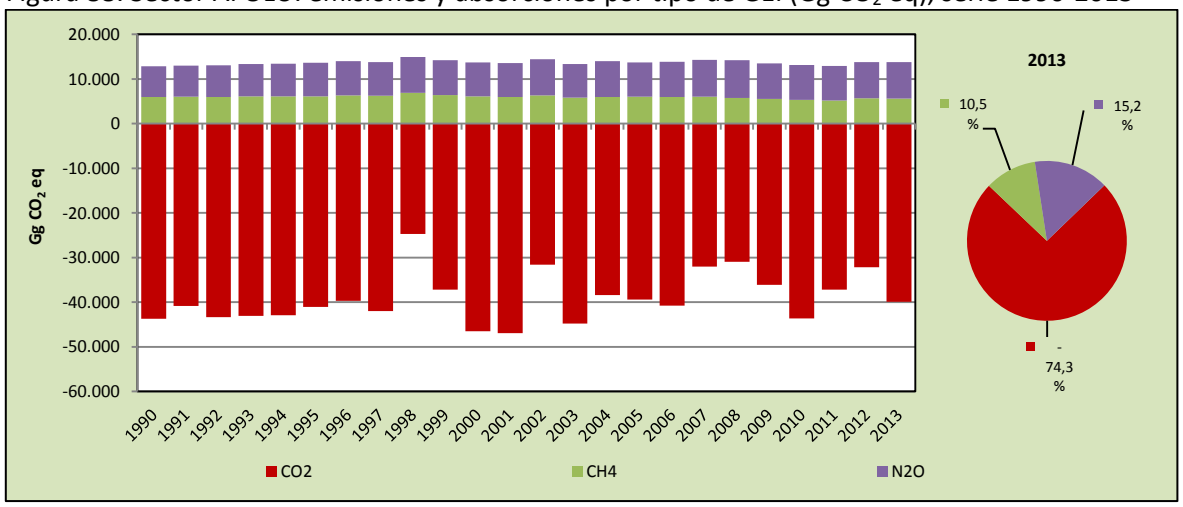
En 2013, el principal GEI de las emisiones y absorciones en términos absolutos fue el CO_2, representando un 74,3 % del sector. Lo sigue el N_2O con un 15,2 % y el CH_4 con un 10,5 % (Tabla 176 y Figura 88).

Tabla 176. Sector AFOLU: emisiones y absorciones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013

GEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
CO_2	-43.730,2	-46.485,3	-43.638,3	-37.231,5	-32.156,6	-39.915,0
CH_4	5.949,5	6.107,0	5.331,2	5.188,3	5.657,9	5.632,4
N_2O	6.914,4	7.559,0	7.792,7	7.703,2	8.087,9	8.163,4
Balance	**-30.866,3**	**-32.819,2**	**-30.514,4**	**-24.339,9**	**-18.410,7**	**-26.119,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 88. Sector AFOLU: emisiones y absorciones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para todas las categorías consideradas en el sector se utilizaron las metodologías propuestas por las *Directrices del IPCC de 2006*. En la categoría *Ganadería* se aplicó el método Nivel 2 para las emisiones de CH_4 del componente *Ganado vacuno* de la subcategoría *Fermentación entérica* usando factores de emisión país específico; al igual que para las emisiones de CH_4 del componente *Ganado vacuno* y *Porcinos* de la subcategoría *Gestión del estiércol*; en todas las otras especies de ambas subcategorías se aplicó un método Nivel 1. En el caso particular de la categoría *Tierras*, se usó el método de pérdidas y ganancias de biomasa, para los depósitos de biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa, que se basa en estimar el cambio anual en las existencias de carbono. Además, se aplicó un método Nivel 2 para el CO_2 de la biomasa aérea y de la biomasa subterránea para todas las componentes de la subcategoría *Tierras forestales* mediante el desarrollo de factores de emisión país específico. En el caso de la categoría *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra* se aplicó un método Nivel 1 para todas las subcategorías. Para mayor detalle de la información, se alienta al lector a revisar las secciones específicas de cada subcategoría. En la Tabla 177 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 177. Sector AFOLU: métodos aplicados por categoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	T1, T2, NA, NE, NO	CS, D, NA, NE, NO	T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO
3.A. Ganadería			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
3.B. Tierras	T1, T2, NA, NE	CS, D, NA, NE				
3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO

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

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para este sector se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.1.4. Datos de actividad del sector

En el sector *AFOLU* los datos de actividad son en su mayoría las superficies (hectáreas) de los distintos usos de la tierra, población (cabezas) de las especies animales y fertilizante aplicado a los suelos (toneladas). Esta información proviene principalmente de los *Censos Agropecuarios y Forestales* y *Anuarios estadísticos* elaborados por las mismas instituciones que forman parte del Equipo Técnico de AFOLU. Mayor detalle de las fuentes de datos de actividad será presentado en cada sección específica.

5.2. Ganadería (3.A.)

5.2.1. Descripción de la categoría

Esta categoría incluye las emisiones de CH_4 y N_2O generadas por los sistemas de producción animal, en particular, la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los animales y de los sistemas y mecanismos para el almacenamiento y eliminación del estiércol. La categoría está conformada por dos subcategorías:

- 3.A.1. *Fermentación entérica*; y
- 3.A.2. *Gestión del estiércol*.

En el contexto nacional, ambas subcategorías se incluyen al INGEI de Chile mediante diversas especies animales agrupadas en los siguientes componentes:

- Ganado vacuno (incluye ganado lechero y otros vacunos, ambos desagregados por edad);
- Ovinos (ovejas);
- Caprinos (cabras);
- Camélidos (incluye como población única a llamas y alpacas);
- Equinos (caballos);
- Mulas y asnos;
- Porcinos (cerdos desagregados por edad); y
- Aves de corral (incluye como población única a gallinas ponedoras y de carne, patos, pavos y otras aves de corral).

5.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 5.818,9 Gg CO_2 eq (representando el 10,6 % del balance de GEI del sector *AFOLU*), incrementándose en un 1,3 % desde 1990 y en un 8,1 % desde 2010 (Tabla 178 y Figura 89). En general, el principal causante de la tendencia de la categoría son los cambios experimentados por la población animal en el país, principalmente del *Ganado vacuno*, con una baja que se inicia en 2007 y que entró en fase de recuperación a partir de 2011. Esto se debió a una fuerte sequía que afectó el sur del país, principal zona de concentración de estos animales, por la incidencia del fenómeno de La Niña, asociado a alzas significativas en el costo de fertilizantes que conllevó una reducción importante de la producción de forraje. Estos

dos factores resultaron en la eliminación de animales, a través de sacrificio, lo que generó una baja en las poblaciones animales y, con ello, de las emisiones de GEI de esta categoría.

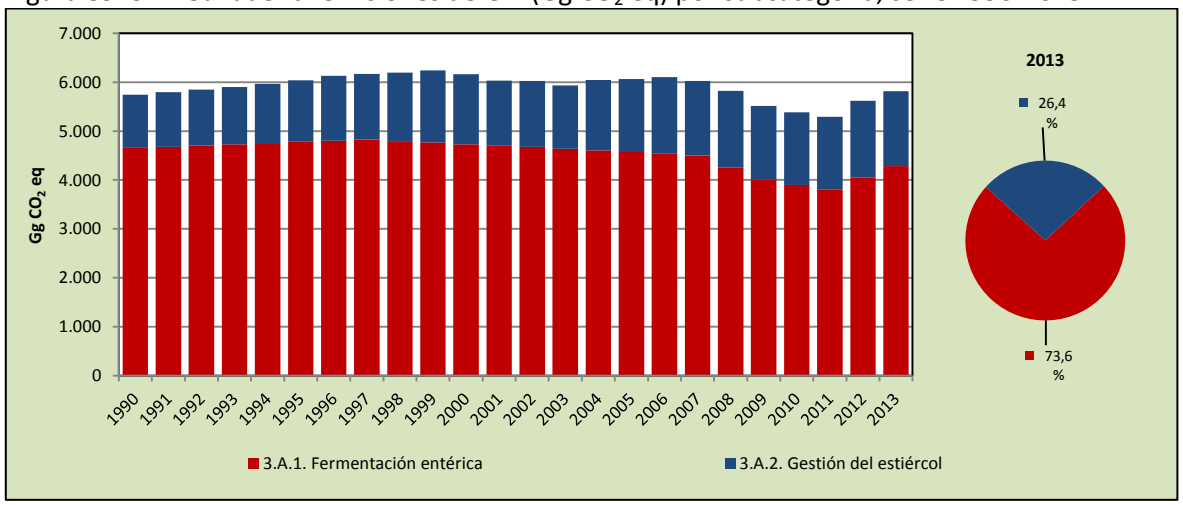
Respecto a las subcategorías (Figura 89), la *Fermentación entérica* es la de mayor relevancia con un 73,6 %, disminuyendo en un 8,0 % desde 1990, pero volviendo a incrementar en un 9,8 % desde 2010. *Gestión del estiércol* aporta el 26,4 % restante de la categoría. Esta última mostró un incremento del 41,1 % desde 1990 y un 3,6 % desde 2010, influido principalmente por el crecimiento de la población de cerdos y aves.

Tabla 178. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.A.1. Fermentación entérica	4.655,8	4.727,2	3.900,6	3.802,4	4.048,0	4.283,0
3.A.2. Gestión del estiércol	1.088,8	1.434,0	1.482,2	1.488,9	1.568,8	1.536,0
Total	**5.744,6**	**6.161,3**	**5.382,8**	**5.291,3**	**5.616,9**	**5.818,9**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 89. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

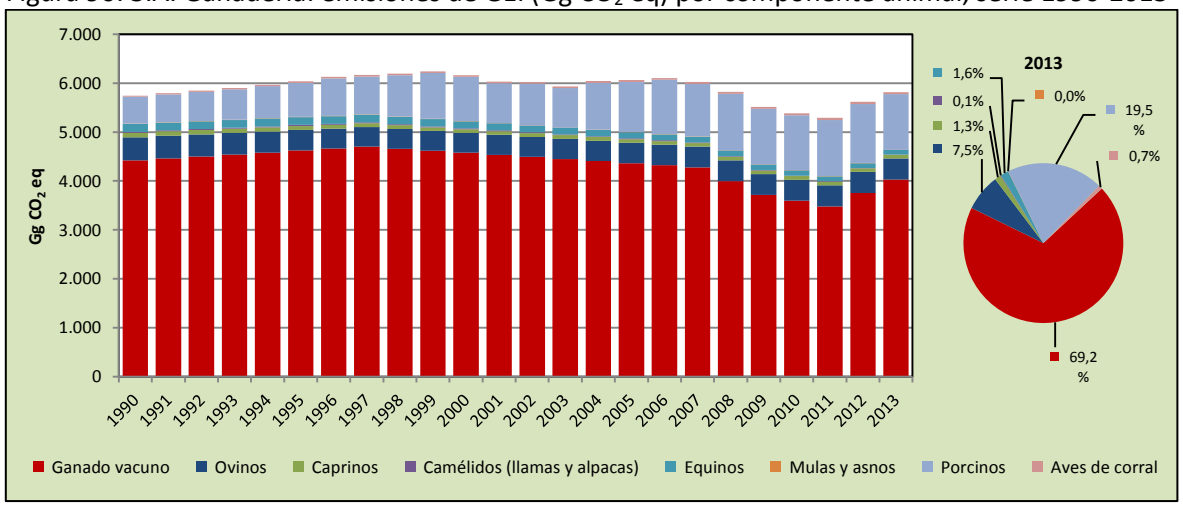
A nivel de componente animal, el Ganado vacuno es el de mayor importancia con un 69,2 %, seguido de 19,5 % de Porcinos, 7,5 % de *Ovinos*, mientras que el restante 3,8 % corresponde a las otras especies (Tabla 179 y Figura 90).

Tabla 179. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente animal, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Ganado vacuno	4.420,0	4.576,2	3.598,0	3.480,6	3.753,5	4.026,5
Ovinos	475,6	406,7	427,6	429,7	431,8	433,9
Caprinos	91,3	75,7	73,4	73,2	73,0	72,8
Camélidos (llamas y alpacas)	20,1	19,2	11,1	10,3	9,5	8,7
Equinos	160,8	145,6	105,8	101,8	97,8	93,8
Mulas y asnos	7,4	5,0	3,3	3,1	3,0	2,8
Porcinos	546,0	899,5	1.122,5	1.150,7	1.205,7	1.137,1
Aves de corral	23,5	33,3	41,0	41,8	42,6	43,4
Total	**5.744,6**	**6.161,3**	**5.382,8**	**5.291,3**	**5.616,9**	**5.818,9**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 90. 3.A. Ganadería: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente animal, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría *Ganadería* se aplicó el método Nivel 2 para las emisiones de CH_4 del componente *Ganado vacuno* de la subcategoría *Fermentación entérica* usando factores de emisión país específico; al igual que para las emisiones de CH_4 del componente *Ganado vacuno* y *Porcinos* de la subcategoría *Gestión del estiércol*; en todas las otras especies de ambas subcategorías se aplicó un método Nivel 1. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 180 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 180. 3.A. Ganadería: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.A. Ganadería			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
3.A.1. Fermentación entérica			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO		
3.A.2. Gestión del estiércol			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO

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

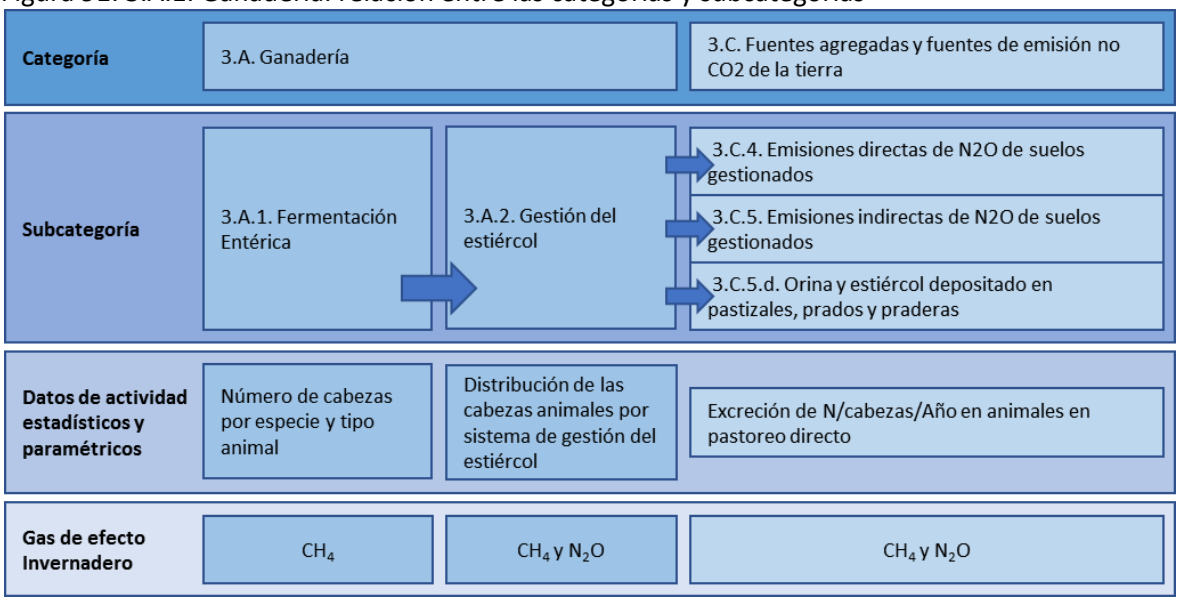
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta categoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de trabajo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.2.4. Datos de actividad de la categoría

Ambas subcategorías de *Ganadería* se encuentran interrelacionadas, de manera que parte de los datos de actividad estadísticos y paramétricos empleados en las estimaciones de GEI es común para ambas. Asimismo, la subcategoría de *Gestión del estiércol* genera información que es empleada en la categoría *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra* (Figura 91).

Figura 91. 3.A.1. Ganadería: relación entre las categorías y subcategorías



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Dado lo anterior, los principales datos de actividad para la categoría *Ganadería* guardan relación con la población de las especies animales (cabezas/año) que fueron obtenidos de los *Censos Agropecuarios y Forestales 1997* y *2007*, de las estadísticas anuales publicadas por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y, dependiendo de la especie animal, de las Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). La Tabla 181 presenta los valores correspondientes.

Para el *Ganado vacuno*, *Porcinos* y *Aves de corral* se utilizó la estadística aportada por ODEPA. Esto representa un avance respecto de la actualización anterior, en donde se utilizaron casi exclusivamente datos desde FAOSTAT. La información aportada por ODEPA es más precisa que la disponible en otras fuentes debido a que esta unidad realiza una verificación poscolecta de los datos de población animal. Además, para la presente actualización, los datos de población vacuna para los años pos-*Censo 2007* no fueron obtenidos solo con base en proyecciones de tendencias, sino que fueron complementados con los resultados de las encuestas ganaderas realizadas por ODEPA para 2009, 2011 y 2013.

Para las otras especies se utilizó la información disponible en FAOSTAT, lo que permitió la aplicación del método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006* para *Ovinos*, *Caprinos*, *Camélidos*, *Equinos*, *Mulas* y *Asnos*.

Tabla 181. 3.A.1. Fermentación entérica: datos de actividad de la población animal (cabezas/año) por componente animal, serie 1990-2013

Año	Vacas lecheras	Otros vacunos	Porcinos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Mulas y asnos	Camélidos	Aves de corral
1990	666.368	3.180.745	1.291.224	4.389.204	869.832	425.386	29.525	117.041	31.588.101
1991	673.547	3.209.470	1.342.601	4.290.041	849.472	424.166	28.480	118.338	33.033.046
1992	680.726	3.238.194	1.400.289	4.190.878	829.112	422.946	27.436	119.635	34.477.990
1993	687.905	3.266.919	1.467.160	4.091.715	808.751	421.725	26.391	120.932	35.922.934
1994	695.084	3.295.644	1.551.331	3.992.551	788.391	420.505	25.347	122.229	37.367.878
1995	702.263	3.324.368	1.579.124	3.893.388	768.031	419.285	24.302	123.527	38.812.823

Año	Vacas lecheras	Otros vacunos	Porcinos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Mulas y asnos	Camélidos	Aves de corral
1996	710.160	3.355.999	1.722.403	3.710.459	738.183	415.184	31.172	124.647	41.746.485
1997	716.621	3.381.817	1.716.881	3.695.062	727.310	416.845	22.213	126.121	41.746.485
1998	714.326	3.353.237	1.848.543	3.714.404	725.159	406.308	21.522	121.402	42.787.158
1999	712.032	3.324.658	2.021.956	3.733.747	723.008	395.772	20.832	116.683	43.827.831
2000	709.738	3.296.078	1.939.505	3.753.089	720.857	385.235	20.141	111.965	44.868.503
2001	707.444	3.267.498	2.540.888	3.772.431	718.706	374.699	19.451	107.246	45.909.176
2002	705.149	3.238.918	2.672.630	3.791.774	716.555	364.162	18.760	102.527	46.949.849
2003	702.855	3.210.338	2.523.199	3.811.116	714.404	353.625	18.069	97.808	47.990.522
2004	700.561	3.181.759	2.660.593	3.830.458	712.253	343.089	17.379	93.089	49.031.195
2005	698.266	3.153.179	2.896.083	3.849.800	710.102	332.552	16.688	88.371	50.071.867
2006	695.972	3.124.599	3.180.353	3.869.143	707.951	322.016	15.998	83.652	51.112.540
2007	693.678	3.096.019	2.934.402	3.888.485	705.800	311.479	15.307	78.933	52.153.213
2008	651.373	2.886.749	3.167.636	3.907.827	703.649	300.942	14.616	74.214	53.193.886
2009	609.068	2.677.479	3.095.712	3.927.170	701.498	290.406	13.926	69.495	54.234.559
2010	598.960	2.594.593	3.101.483	3.946.512	699.347	279.869	13.235	64.777	55.275.231
2011	588.851	2.511.707	3.179.380	3.965.854	697.196	269.333	12.545	60.058	56.315.904
2012	637.112	2.704.955	3.331.321	3.985.197	695.045	258.796	11.854	55.339	57.356.577
2013	685.372	2.898.202	3.141.921	4.004.539	692.894	248.259	11.163	50.620	58.397.250

Fuente: elaboración del Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con datos de ODEPA y FAOSTAT.

Esta información muestra una disminución de las poblaciones animales entre 1997 y 2007 para todas las especies a excepción de *Ovinos*, *Cerdos* y *Aves de corral*. Esta tendencia se mantuvo para el periodo 2007-2013. Se observa además una disminución en la población de vacas lecheras y otros vacunos, a partir de 2007, debido a los efectos de las crisis climática y económica que generó una menor rentabilidad de los sistemas productivos como resultado del alto costo de los insumos empleados en la producción ganadera resultado de las alzas del valor del petróleo a nivel internacional.

5.2.5. Fermentación entérica (3.A.1.)

5.2.5.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría solo incluye emisiones de CH_4, el cual se produce como subproducto de los procesos digestivos, mayormente en animales poligástricos (rumiantes, como vacunos y ovinos) aunque también los animales monogástricos (como cerdos y equinos) emiten CH_4, aunque en menor cantidad que los primeros.

En el contexto nacional, se incluyen al INGEI de Chile diversas especies animales agrupadas en los siguientes componentes:

- Ganado vacuno (incluye ganado lechero y otros vacunos, ambos desagregados por edad);
- Ovinos (ovejas);
- Caprinos (cabras);
- Camélidos (incluye como población única a llamas y alpacas);
- Equinos (caballos);
- Mulas y asnos;
- Porcinos (cerdos desagregados por edad); y

5.2.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 4.283,0 Gg CO_2 eq (representando el 73,6 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 8,0 % desde 1990, pero incrementándose en un 9,8 % desde 2010 (Tabla 182 y Figura 92). Pese a la relevancia de la subcategoría *Fermentación entérica* en las emisiones de GEI de la categoría *Ganadería*, estas se han mantenido estables en el tiempo. La mayor fluctuación en las emisiones estuvo asociada a la especie *Ganado vacuno*, con una baja que se inicia en 2007 y que entró en fase de recuperación a partir del 2011. La fluctuación se debió a una fuerte sequía que afectó el sur del país, principal zona de concentración de estos animales, por la incidencia del fenómeno de La Niña, asociado a alzas significativas en el costo de fertilizantes; todo ello supuso una reducción importante de la producción de forraje. Por ello hubo que sacrificar animales, lo que implicó una baja en las poblaciones y con ello de las emisiones de GEI de esta subcategoría. Posteriormente, se evidencia una recuperación de la población y por lo tanto de sus emisiones. La población de las otras especies animales se ha mantenido estable en el tiempo y, en consecuencia, sus emisiones.

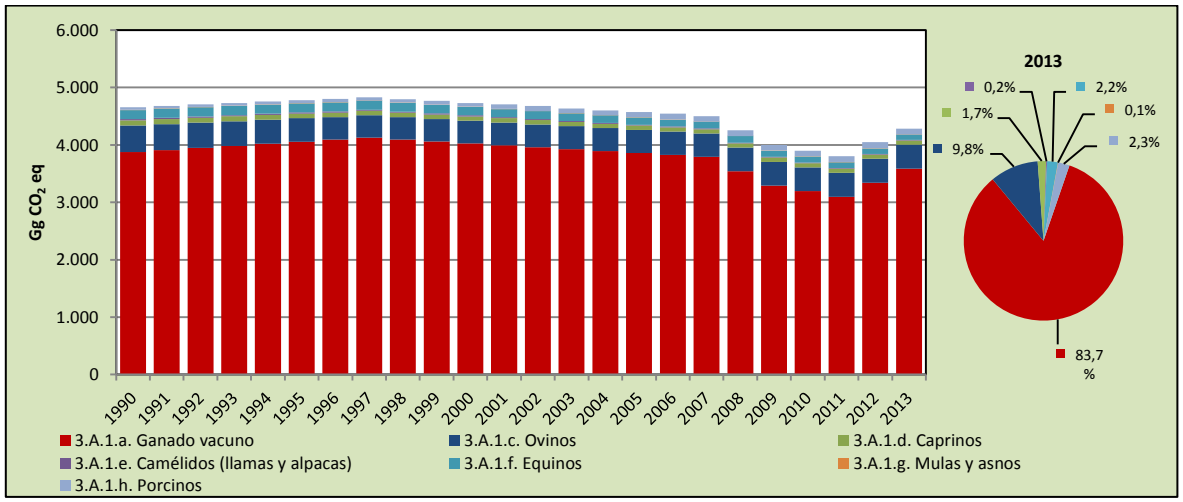
Respecto a los componentes (Figura 92), el *Ganado vacuno* acumula la mayoría de las emisiones, representando un 83,7 % de la subcategoría. Le siguen *Ovinos* con un 9,8 %, *Porcinos* con un 2,3 %, *Equinos* con un 2,2 % y otros animales con 2,0 %. Aunque los cerdos son animales monogástricos, sus emisiones se incrementaron en un 143,3 % desde 1990, lo que responde al incremento significativo de la población en este período.

Tabla 182. 3.A.1. Fermentación entérica: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.A.1.a. Ganado vacuno	3.876,3	4.027,7	3.195,6	3.098,1	3.342,1	3.586,1
3.A.1.c. Ovinos	460,9	394,1	414,4	416,4	418,4	420,5
3.A.1.d. Caprinos	91,3	75,7	73,4	73,2	73,0	72,8
3.A.1.e. Camélidos (llamas y alpacas)	19,7	18,8	10,9	10,1	9,3	8,5
3.A.1.f. Equinos	160,8	145,6	105,8	101,8	97,8	93,8
3.A.1.g. Mulas y asnos	6,2	4,2	2,8	2,6	2,5	2,3
3.A.1.h. Porcinos	40,7	61,1	97,7	100,2	104,9	99,0
Total	**4.655,8**	**4.727,2**	**3.900,6**	**3.802,4**	**4.048,0**	**4.283,0**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 92. 3.A.1. Fermentación entérica: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.2.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 2 para la el *Ganado vacuno* (desagregados en *Vacas lecheras* y *Otros vacunos*) y el método Nivel 1 para las restantes especies animales. En la Tabla 183 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente animal y por tipo de GEI.

Tabla 183. 3.A.1. Fermentación entérica: métodos aplicados por componente animal

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.A.1. Fermentación entérica			**T1, T2, NE, NO**	**CS, D, NE, NO**		
3.A.1.a. Ganado vacuno			T2	CS		
3.A.1.a.i. Vacas lecheras			T2	CS		
3.A.1.a.ii. Otros vacunos			T2	CS		
3.A.1.b. Búfalos			NO	NO		
3.A.1.c. Ovinos			T1	D		
3.A.1.d. Caprinos			T1	D		
3.A.1.e. Camélidos (llamas y alpacas)			T1	D		
3.A.1.f. Equinos			T1	D		
3.A.1.g. Mulas y asnos			T1	D		
3.A.1.h. Porcinos			T1	D		
3.A.1.j. Otras especies			NE	NE		

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

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Para ambos métodos se aplicaron las ecuaciones que se base en la multiplicación de los factores de emisión seleccionados por la población animal asociada (Ecuación 34) y se suman (Ecuación 35).

Ecuación 34. 3.A.1. Fermentación entérica: emisiones de CH_4 de una componente animal

$$\boldsymbol{Emisiones = EF_{(T)} \times \left(\frac{N_{(T)}}{10^6}\right)}$$

Fuente: Ecuación 10.19; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH_4 $año^{-1}$
- $EF_{(T)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$
- $N_{(T)}$ = la cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- T = especie/categoría de ganado

Ecuación 35. 3.A.1. Fermentación entérica: emisiones totales de CH_4 de una componente animal

$$\boldsymbol{Total\ CH_{4\ Entérica} = \sum_i E_i}$$

Fuente: Ecuación 10.20; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Total $CH_{4Entérica}$ = emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH_4 $año^{-1}$
- E_i = emisiones de las i^{th} categorías y subcategorías de ganado

Ganado vacuno

Para aplicar el método Nivel 2, el *Ganado vacuno* fue desagregado en los siguientes dos grupos de animales: *Vacas lecheras* y *Otros vacunos*; este último grupo fue desagregado en tipos de animales, según sexo y edad. Este método conduce a la generación de factores de emisión país específicos; en este caso, desagregados regionalmente, lo que es un aporte nacional a la metodología de cálculo.

Otras especies

Las emisiones de las restantes especies fueron calculadas con un método Nivel 1, con desagregación de los datos de población a nivel regional y la aplicación de factores de emisión por defecto.

5.2.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

En general la población animal (cabezas/año) fue obtenida de los *Censos Agropecuarios y Forestales 1997* y *2007*, de las estadísticas anuales publicadas por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y, dependiendo de la especie animal, de las Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). Mayor información ver sección *5.2.4. Datos de actividad de la categoría*.

5.2.5.3.2. Factores de emisión

Ganado vacuno

Para el *Ganado vacuno* se desarrolló factores de emisión país específicos. La fórmula utilizada para el cálculo de estos los factores fue la siguiente:

Ecuación 36. Cálculo de factores de emisión de CH_4 por fermentación entérica del ganado vacuno

$$FE = \left[\frac{GE \times \left(\frac{Ym}{100}\right) \times 365}{55,65}\right]$$

Fuente: Ecuación 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- FE = Factor de emisión (kg CH_4 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,
- La constante 55,65 (MJ/kg CH_4) es el contenido de energía del metano.

Durante la elaboración del presente inventario, todos los datos paramétricos fueron revisados y actualizados con el apoyo de investigadores del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Centro Regional de Investigación (CRI) Remehue[22]. Esta revisión incluyó el ajuste de los pesos promedio de los grupos animales considerados, lográndose una mayor precisión en la estimación de la energía bruta consumida por cada tipo animal en los principales sistemas de manejo existentes en el país, los cuales son: animales en confinamiento, presentes en las zonas centro y centro-sur (Tabla 184); y pastoreo a campo abierto, presentes en la zona sur (Tabla 185).

[22] Dres. Marta Alfaro y Francisco Salazar

Tabla 184. 3.A.1. Fermentación entérica: parámetros empleados en la determinación de la energía bruta en el ganado vacuno bajo en confinamiento

Grupos de animales	Peso en pie, kg	Cf-por defecto	Energía neta necesaria para mantenimiento (ENm)	Coeficiente de alimentación (Ca)	Energía neta para actividad (ENa)	Energía neta debida a pérdida de peso	Coeficiente de crecimiento	Peso corporal adulto, kg	Aumento de peso diario (kg día^{-1})	Energía neta para crecimiento (ENc)
Vacas lecheras en producción	600	0,335	40,6	0,1	4,06	0	0,8	600	0	0
Vacas lecheras secas	600	0,322	39,0	0,1	3,90	0	0,8	600	0	0
Vacas carne	500	0,322	34,4	0,1	3,40	0	0,8	500	0,7	17,61
Vaquillas	450	0,322	31,5	0,1	3,15	0	1	450	1,2	26,90
Adultos carne	450	0,322	31,5	0,1	3,15	0	0,9	450	0,9	21,23
Jóvenes carne	260	0,322	20,8	0,1	2,08	0	0,9	260	0,7	16,12
Terneros	150	0,322	13,8	0,1	1,38	0	0,9	150	0,4	8,72
Fuente	Juicio de experto	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	Juicio de experto	GL2006	GL2006

Grupos de animales	Coeficiente para la preñez	Energía neta para la preñez (ENp)	Productividad, kg leche/día	Grasa en la leche %	Energía para lactancia (ENl)	Energía neta para la labor	Relación en para mantenimiento en dieta/E digestible consumida	Relación en para crecimiento en dieta/E digestible consumida	Digestibilidad de los alimentos (ED)	Energía bruta (EB)
Vacas lecheras en producción	0,1	3,66	19,30	0,036	28,7	0	0,5354	0,3326	70	205,4027
Vacas lecheras secas	0,1	3,51	2,57	0,03	3,8	0	0,5354	0,3326	70	134,1184
Vacas carne	0	0	0	0	0	0	0,5354	0,3326	70	175,5424
Vaquillas	0	0	0	0	0	0	0,5354	0,3326	70	207,8731
Adultos carne	0	0	0	0	0	0	0,5354	0,3326	70	183,5322
Jóvenes carne	0	0	0	0	0	0	0,5354	0,3326	70	130,4142
Terneros	0	0	0	0	0	0	0,5354	0,3326	70	88,4662
Fuente	GL2006	GL2006	Juicio de experto	Juicio de experto	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	Juicio de experto	GL2006

Fuente: juicio experto de Marta Alfaro y Francisco Salazar (investigadores de INIA-Remehue) con base en las *Directrices del IPCC de 2006*

Tabla 185. 3.A.1. Fermentación entérica: parámetros empleados en la determinación de la energía bruta para el *Ganado vacuno* en pastoreo directo

Grupos de animales	Peso en pie, kg	Cf-por defecto	Energía neta necesaria para mantenimiento (ENm)	Coeficiente de alimentación (Ca)	Energía neta para actividad (ENa)	Energía neta debida a pérdida de peso	Coeficiente de crecimiento	Peso corporal adulto, kg	Aumento de peso diario (kg día^{-1})	Energía neta para crecimiento (ENc)
Vacas lecheras en producción	550	0,335	38,0	0,17	6,47	0	0,8	550	0	0
Vacas lecheras secas	550	0,335	38,0	0,17	6,47	0	0,8	550	0	0
Vacas carne	500	0,335	35,4	0,17	6,02	0	0,8	500	0	0
Vaquillas	300	0,322	23,2	0,17	3,95	0	0,8	300	0,4	9,53
Adultos carne	450	0,322	31,5	0,17	5,35	0	1	450	0,35	6,96
Jóvenes carne	260	0,322	20,8	0,17	3,54	0	0,9	260	0,3	6,36
Terneros	150	0,322	13,8	0,17	2,35	0	0,9	150	0,3	6,36
Fuente	Juicio de experto	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	Juicio de experto	GL2006	GL2006

Grupos de animales	Coeficiente para la preñez	Energía neta para la preñez (ENp)	Productividad, kg leche/día	Grasa en la leche %	Energía para lactancia (ENl)	Energía neta para la labor	Relación en para mantenimiento en dieta/E digestible consumida	Relación en para crecimiento en dieta/E digestible consumida	Digestibilidad de los alimentos (ED)	Energía bruta (EB)
Vacas lecheras en producción	0,1	3,42	9,66	0,0381	14,4	0	0,5195	0,3085	65	184,4750
Vacas lecheras secas	0,1	3,42	2,57	0,035	3,8	0	0,5195	0,3085	65	153,2866
Vacas carne	0,1	3,54	2,57	0,03	3,8	0	0,5195	0,3085	65	144,5261
Vaquillas	0	0	0	0	0	0	0,5195	0,3085	65	127,9498
Adultos carne	0	0	0	0	0	0	0,5195	0,3085	65	143,7321
Jóvenes carne	0	0	0	0	0	0	0,5195	0,3085	65	103,9726
Terneros	0	0	0	0	0	0	0,5195	0,3085	65	79,5529
Fuente	GL2006	GL2006	Juicio de experto	Juicio de experto	GL2006	GL2006	GL2006	GL2006	Juicio de experto	GL2006

Fuente: juicio experto de Marta Alfaro y Francisco Salazar (investigadores de INIA-Remehue) con base en las *Directrices del IPCC de 2006*

Con esta información, se estimaron los factores de emisión por tipo de ganado y ubicación geográfica, empleados para el cálculo de las emisiones por fermentación entérica de las vacas lecheras y otros vacunos (Tabla 186).

Tabla 186. 3.A.1. Fermentación entérica: factores de emisión país específicos para Ganado vacuno (kg CH_4 animal^{-1} año^{-1}) por tipo y región administrativa

Tipo de ganado	XV	I	II	III	IV	V	XIII	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
Vacas lecheras	76,71	76,71	76,71	76,71	78,94	78,94	78,94	78,94	78,94	75,73	74,57	74,66	73,42	73,42	73,42
Vacas carne	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88	56,88
Vaquillas	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35	50,35
Vacunos carne adultos	56,56	56,56	56,56	56,56	70,66	70,66	70,66	70,66	70,66	70,66	64,39	58,13	58,13	56,56	56,56
Vacunos carne jóvenes	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92	40,92
Terneros	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66	31,66

Fuente: juicio experto de Marta Alfaro y Francisco Salazar (investigadores de INIA-Remehue) con base en las *Directrices del IPCC de 2006*

Ovejas, Caprinos, Camélidos, Equinos, Mulas y asnos, Porcinos

Para estas especies, se utilizaron los factores de emisión por defecto proporcionados por las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 187). Se seleccionaron los valores para países en desarrollo a excepción de *Porcinos*, dado que los sistemas porcinos en Chile son altamente intensivos, asemejando más a sistemas productivos de Norteamérica -en especial de Canadá- tal como lo hizo presente ASPROCER A.G. en la elaboración de la serie anterior de los inventarios GEI. Para los *Camélidos*, se aplicó el valor por defecto para alpacas.

Tabla 187. 3.A.1. Fermentación entérica: factores de emisión por defecto por especie animal (kg CH_4 animal^{-1} año^{-1})

Especie animal	Factores de Emisión (kg CH_4animal^{-1} año^{-1})
Ovinos	5
Caprinos	5
Camélidos (alpacas)	8
Equinos	18
Mulas y asnos	10
Porcinos	1,5

Fuente: Cuadro 10.10; Capítulo 10; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.2.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CH_4 de cada componente animal. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 188.

Tabla 188. 3.A.1. Fermentación entérica: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.A.1.a.i.	Vacas lecheras	CH_4	23,4%	23,4%	20,0%	20,0%	30,8%	30,8%
3.A.1.a.ii.	Otros vacunos	CH_4	23,4%	23,4%	20,0%	20,0%	30,8%	30,8%
3.A.1.c.	Ovinos	CH_4	23,4%	23,4%	50,0%	50,0%	55,2%	55,2%
3.A.1.d.	Caprinos	CH_4	23,4%	23,4%	50,0%	50,0%	55,2%	55,2%

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.A.1.e.	Camélidos (Llamas y alpacas)	CH_4	26,9%	26,9%	50,0%	50,0%	56,8%	56,8%
3.A.1.f.	Equinos	CH_4	26,9%	26,9%	50,0%	50,0%	56,8%	56,8%
3.A.1.g.	Mulas y asnos	CH_4	26,9%	26,9%	50,0%	50,0%	56,8%	56,8%
3.A.1.h.	Porcinos	CH_4	23,4%	23,4%	50,0%	50,0%	55,2%	55,2%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

La asignación de la incertidumbre de cada dato estadístico y paramétrico se realizó según la aplicación de los siguientes criterios (Tabla 189):

- Valores de incertidumbre publicados por las fuentes de origen de los datos,
- Uso de la incertidumbre publicada por el IPCC para los valores por defecto, sean estos datos paramétricos o factores de emisión,
- Valores de incertidumbre por juicio de expertos, y
- de no contarse con datos, con los tres criterios anteriores.

Tabla 189. 3.A.1. Fermentación entérica: valores de incertidumbre asociada a los datos de actividad

Datos de actividad estadísticos	Incertidumbre
Censos	10%
Catastros y estadísticas	15%
Desagregación regional de estadísticas	18%
Interpolaciones	20%
Extrapolaciones	40%
Literatura nacional	12%
Juicio Experto	25%
Valor único	50%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI aplicando el método Nivel 1 proviene del uso de factores de emisión por defecto, mientras que al aplicar el método Nivel 2 disminuye la incertidumbre del factor de emisión país especifico, generando estimación de mayor exactitud.

5.2.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica (población para ganado vacuno, cerdos y aves de corral) o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.2.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.2.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

Gestión de los datos de actividad estadísticos

- Los datos de actividad estadísticos fueron ingresados a las planillas de forma automática, directamente desde su fuente de origen, evitando errores asociados a la transcripción manual.
- Los totales nacionales de los datos de actividad fueron confeccionados por la suma de los totales regionales, realizando un chequeo cruzado para comprobar que no exista diferencia entre ellos.

Gestión de factores de emisión, factores de conversión y constantes

- Todos los principales datos paramétricos se encuentran compilados en una sola planilla denominada “Hoja Madre”, que está vinculada a las hojas de trabajo. Esto permite que esté centralizada la información para una rápida revisión y actualización cuando corresponda.

Gestión de las hojas de trabajo

- Todas las hojas de trabajo están vinculadas automáticamente a las hojas de datos de actividad y factores de emisión.
- En las hojas de trabajo los valores de nivel país fueron generados tanto por la suma de los valores regionales, como por el ingreso directo a las planillas de los valores nacionales, no debiendo existir diferencia alguna entre ambas derivaciones. De esta forma, en cada planilla de trabajo se cuenta con tres cuadros de datos país: país por suma de regiones, país por datos nacionales directamente ingresados y país por la diferencia entre los dos cuadros anteriores, que debe dar cero (sin diferencia alguna entre los primeros dos cuadros).

Revisión interna

- Para asegurar que los datos fueran reales, completos y consistentes, se efectuó una verificación cruzada de la información con otras fuentes y con datos utilizados en actualizaciones de años anteriores.
- Se realizó una revisión de las planillas de cálculo y hojas de trabajo por parte de revisores internos del proceso de actualización en cada institución que forma parte del Equipo Técnico de AFOLU.

5.2.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del

SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.2.5.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Posteriormente, se realizó una verificación de los datos de población animal y los factores de emisión empleados (chequeo cruzado). Con ello, se logró identificar los puntos sensibles dentro de las estadísticas de población animal, factores de emisión y otros datos paramétricos. Esto adquirió especial relevancia asociado al ajuste en poblaciones animales de *Ganado vacuno* (Tabla 190 y Figura 93), *Porcinos* (Tabla 191 y Figura 94) y *Aves de corral* (Tabla 192 y Figura 95). Para la población de *Caprinos* se detectó una pequeña diferencia en los primeros años de la serie que no genera una diferencia relevante en lo respecta a las emisiones de CH_4 (Tabla 193 y Figura 96).

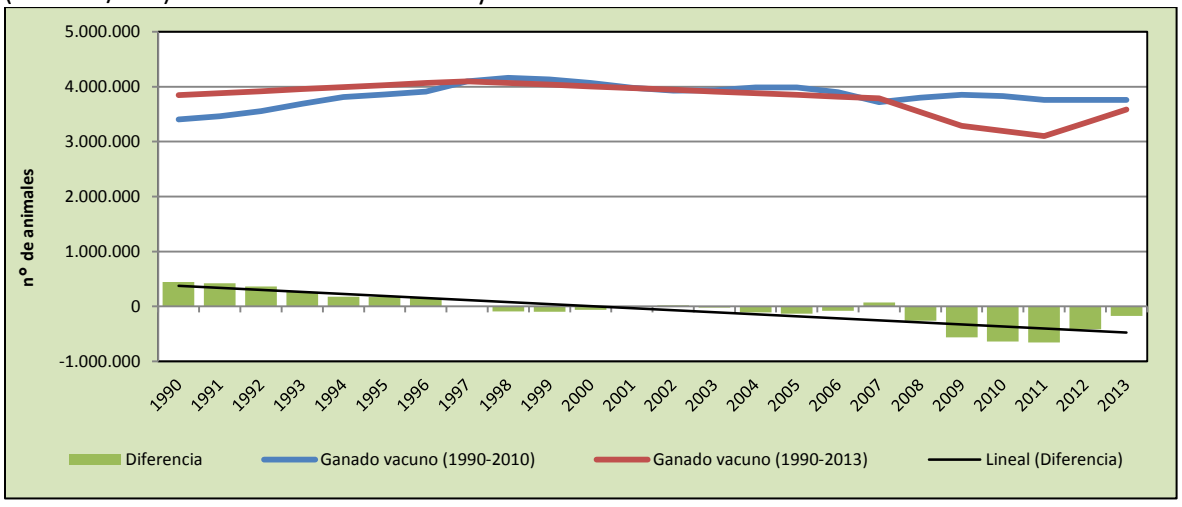
El resultado de la comparación entre los totales nacionales y la suma de totales por región administrativa dio diferencias iguales a cero, lo que permitió comprobar la concordancia entre los cálculos realizados a escala regional y nacional.

Tabla 190. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Ganado vacuno (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013

Especie animal	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Ganado vacuno (serie 1990-2010)	3.403.850	4.068.000	3.830.000	3.758.550	3.758.550	3.758.550
Ganado vacuno (serie 1990-2013)	3.847.113	4.005.815	3.193.552	3.100.558	3.342.066	3.583.574
Diferencia	**443.263**	**-62.184**	**-636.447**	**-657.991**	**-416.483**	**-174.975**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Figura 93. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Ganado vacuno (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013



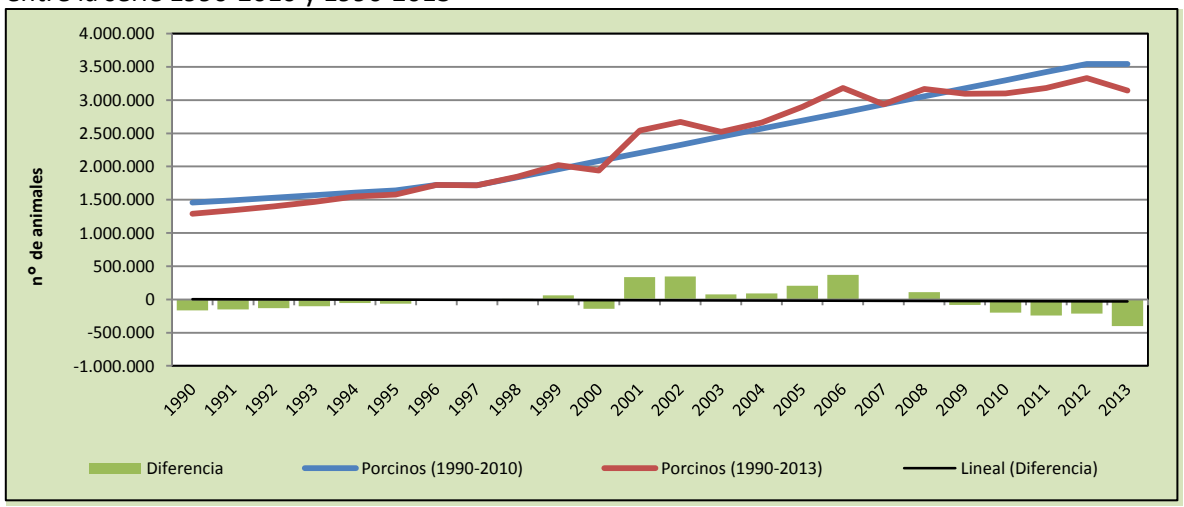
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Tabla 191. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Porcinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013

Especie animal	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Porcinos (serie 1990-2010)	**1.455.467,0**	**2.082.137,0**	**3.299.658,0**	**3.421.410,0**	**3.543.163,0**	**3.543.163,0**
Porcinos (serie 1990-2013)	**1.291.224,4**	**1.939.505,4**	**3.101.483,4**	**3.179.380,2**	**3.331.321,0**	**3.141.920,8**
Diferencia	**-164.242,6**	**-142.631,6**	**-198.174,6**	**-242.029,8**	**-211.842,0**	**-401.242,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Figura 94. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Porcinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013



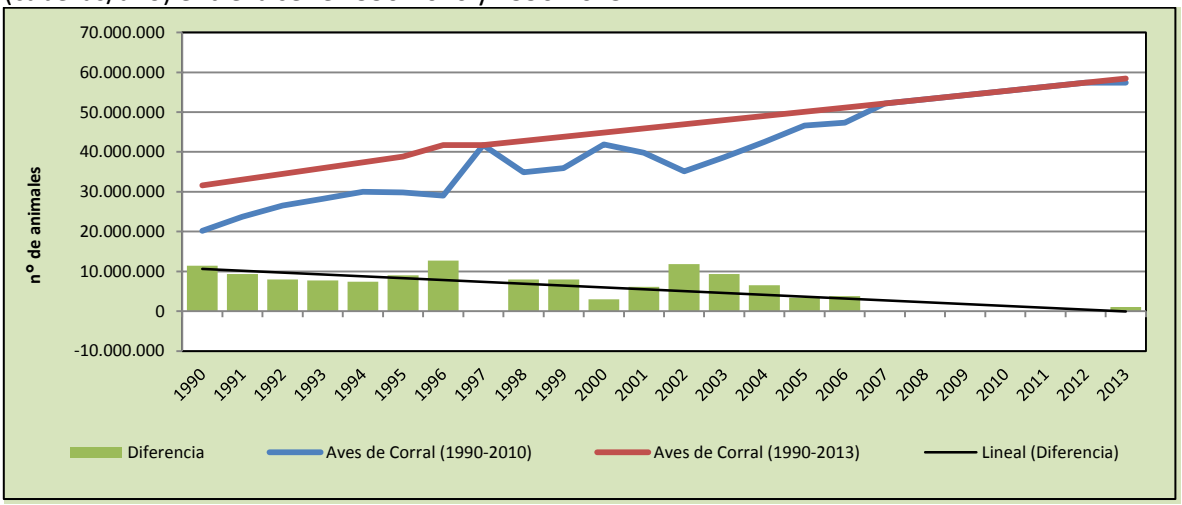
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Tabla 192. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Aves de corral (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013

Especie animal	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Aves de Corral (serie 1990-2010)	20.177.952	41.881.119	55.290.949	56.336.861	57.382.774	57.382.774
Aves de Corral (serie 1990-2013)	31.588.101	44.868.503	55.275.231	56.315.904	57.356.577	58.397.249
Diferencia	**11.410.149**	**2.987.384**	**-15.717**	**-20.956**	**-26.197,0**	**1.014.475,8**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Figura 95. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Aves de corral (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013



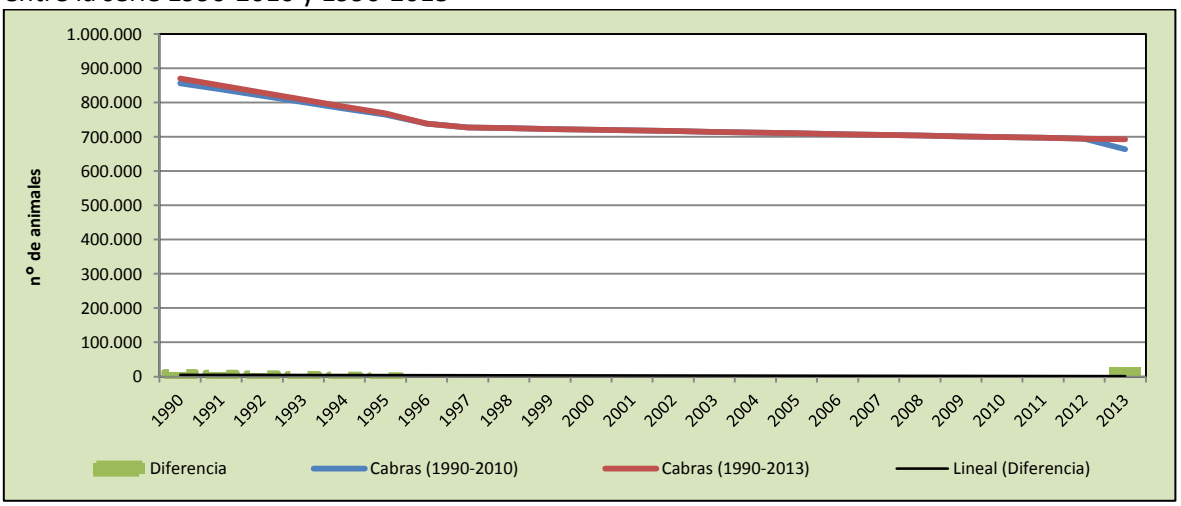
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Tabla 193. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Caprinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013

Especie animal	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Caprinos (serie 1990-2010)	856.621,0	720.857,0	699.347,0	697.196,0	695.045,0	692.894,0
Caprinos (serie 1990-2013)	869.832,1	720.857,0	699.347,0	697.196,0	695.045,0	692.894,0
Diferencia	**13.211,1**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Figura 96. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación de la población de Caprinos (cabezas/año) entre la serie 1990-2010 y 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Estos procedimientos de verificación son válidos para las subcategorías de *Fermentación entérica* y *Gestión del estiércol*, ya que el mismo dato de actividad de la población animal es empleado para la estimación de cada subcategoría.

5.2.5.7. Recálculos

5.2.5.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se realizaron mejoras metodológicas a la base de población animal, principalmente en *Ganado vacuno* y *Porcinos*. En el INGEI anterior se utilizó como base de la población animal los datos estadísticos de FAOSTAT. En esta oportunidad se utilizaron los datos nacionales provenientes de los *Censos Agropecuarios* y de las *Encuestas Bianuales* que realiza ODEPA, mejorando con ello las estimaciones de CH_4. Esto último obligó al recálculo de la serie temporal completa.

5.2.5.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

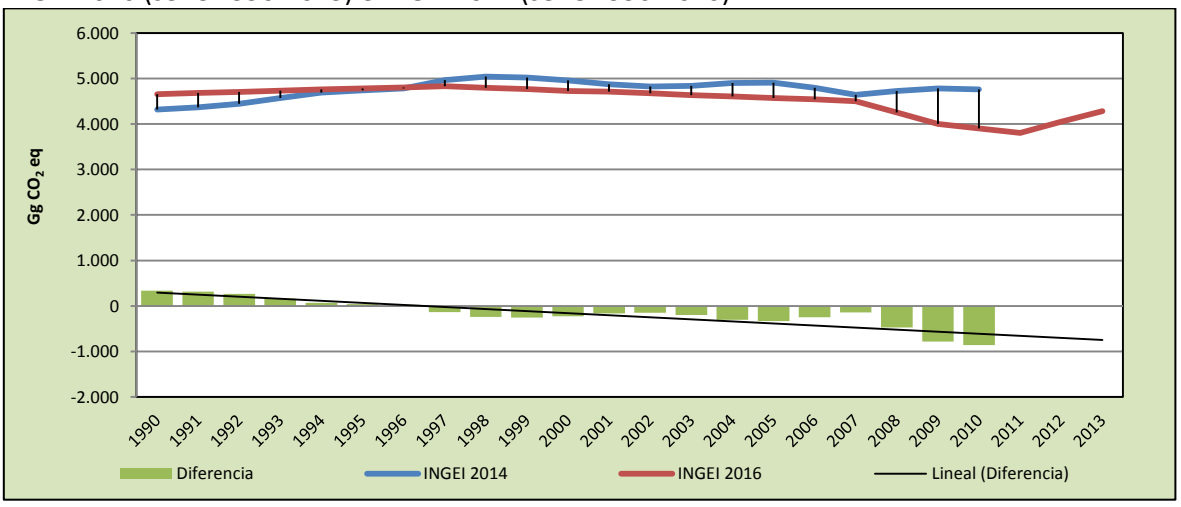
En la Tabla 194 y Figura 97 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente al ajuste de los datos de actividad en la población animal y en menor grado al ajuste de los factores de emisiones país específicos empleados. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 156,4 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 194. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación entre emisiones de CH_4 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	4.317,1	4.956,7	4.762,5			
INGEI 2016	4.655,8	4.727,2	3.900,6	3.802,4	4.048,0	4.283,0
Diferencia	**338,7**	**-229,5**	**-861,8**			
Diferencia %	**7,3%**	**-4,9%**	**-22,1%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Figura 97. 3.A.1. Fermentación entérica: comparación entre emisiones de CH_4 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

5.2.5.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la coordinación y gestión entre las entidades gubernamentales que poseen/generan datos estadísticos, para su posterior reporte a fuentes internacionales. Con esta acción se pretende mantener la consistencia entre bases de datos nacionales e internacionales;
- Conformación de mesas de trabajo con las principales entidades no gubernamentales (asociaciones gremiales, instituciones, etc.) que posean datos paramétricos, para la generación de factores de emisión país específicos. Esto es particularmente relevante para aquellas categorías y subcategorías significativas o clave; y
- Desarrollo y mejora de factores de emisión país específicos para las componentes animales de mayor importancia. Se evaluará la posibilidad de contar con fondos que permitan la ejecución de proyectos.

5.2.6. Gestión del estiércol (3.A.2.)

5.2.6.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones de CH_4 y N_2O generadas por la descomposición del estiércol bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Estas condiciones ocurren a menudo cuando se maneja grandes cantidades de animales en una zona confinada, en las que habitualmente el estiércol es almacenado en grandes pilas o eliminado en lagunas o en otros tipos de sistemas de gestión del estiércol (SGE).

En el contexto nacional, las emisiones de CH_4 provienen mayoritariamente de los cerdos (sistemas de manejo variado) y vacunos (lagunas anaeróbicas, almacenamiento sólido y parcelas secas).

Las otras especies animales son manejadas fundamentalmente bajo condiciones de pastoreo a campo abierto; esto significa que las emisiones de N_2O desde las excretas depositadas por los animales en el campo directamente sobre el suelo, son contabilizadas en categoría *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra*.

5.2.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 1.536,0 Gg CO_2 eq (representando el 26,4 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 41,1 % desde 1990 y en un 8,1 % desde 2010 (Tabla 195 y Figura 98). La principal causa de este incremento es el crecimiento de la población de cerdos y gallinas. Las variaciones interanuales observadas a partir del 2000, específicamente para cerdos, se deben a la entrada en funcionamiento de biodigestores en algunos importantes planteles porcinos con lo que el CH_4 generado por esta fracción del estiércol deja de ser emitido directamente a la atmósfera luego de su flameo, para ser emitido como CO_2. Las recuperaciones posteriores de las emisiones se asocian a incrementos en la población animal.

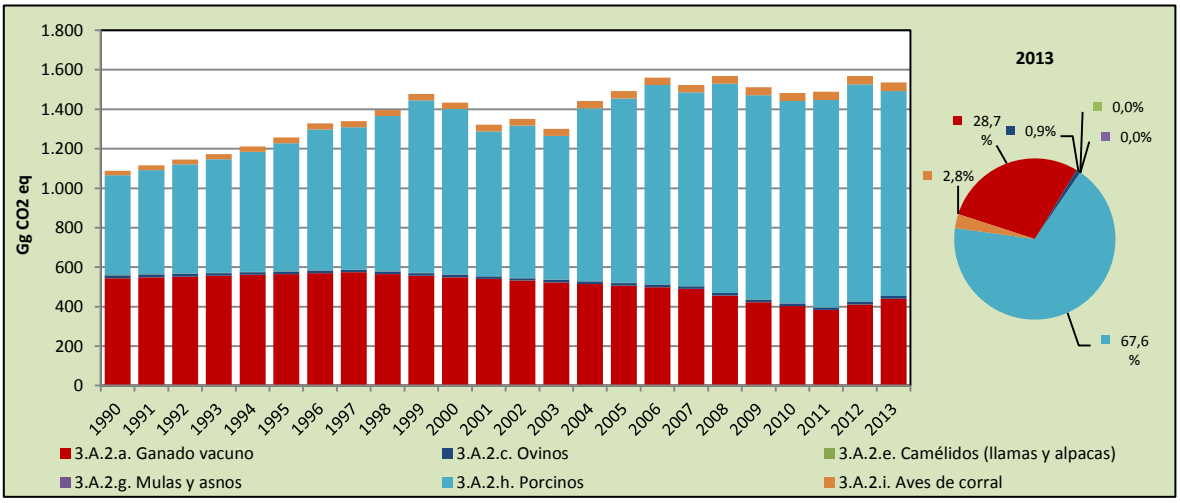
Respecto a los componentes (Figura 98), *Porcinos* acumula la mayoría de las emisiones, representando un 67,6 % de la subcategoría. Le siguen *Ganado vacuno* con un 28,7 %, *Aves de corral* con un 2,8 % y otros animales con 0,9 %.

Tabla 195. 3.A.2. Gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.A.2.a. Ganado vacuno	543,7	548,5	402,4	382,6	411,5	440,4
3.A.2.c. Ovinos	14,7	12,6	13,3	13,3	13,4	13,5
3.A.2.e. Camélidos (llamas y alpacas)	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
3.A.2.g. Mulas y asnos	1,2	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5
3.A.2.h. Porcinos	505,3	838,4	1.024,8	1.050,5	1.100,7	1.038,1
3.A.2.i. Aves de corral	23,5	33,3	41,0	41,8	42,6	43,4
Total	**1.088,8**	**1.434,0**	**1.482,2**	**1.488,9**	**1.568,8**	**1.536,0**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 98. 3.A.2. Gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.2.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de CH_4 de *Ganado vacuno* y *Porcinos* se aplicó el método Nivel 2 y el método Nivel 1 para las restantes especies animales. En el caso de las emisiones de N_2O se aplicó el método Nivel 1 para todas las especies animales. La población animal empleada es la misma utilizada para la *Fermentación entérica*. En la Tabla 196 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente animal y por tipo de GEI.

Tabla 196. 3.A.2. Gestión del estiércol: métodos aplicados por componente animal

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.A.2. Gestión del estiércol			T1, T2, NE, NO	CS, D, NE, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO
3.A.2.a. Ganado vacuno			T2	CS	T1	D
3.A.2.a.i. Vacas lecheras			T2	CS	T1	D
3.A.2.a.ii. Otros vacunos			T2	CS	T1	D
3.A.2.b. Búfalos			NO	NO	NO	NO
3.A.2.c. Ovinos			T1	D	NO	NO
3.A.2.d. Caprinos			T1	D	NO	NO
3.A.2.e. Camélidos (llamas y alpacas)			T1	D	NO	NO
3.A.2.f. Equinos			T1	D	NO	NO
3.A.2.g. Mulas y asnos			T1	D	NO	NO

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.A.2.h. Porcinos			T2	CS	T1	D
3.A.2.i. Aves de corral			T1	D	T1	D
3.A.2.j. Otras especies			NE	NE	NO	NO

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Ganado vacuno y Porcinos

Para las emisiones de CH_4 aplicó un método Nivel 2 debido a que ambas especies tienen una participación mayoritaria en las emisiones de la subcategoría. El método Nivel 2 implica la desagregación de la población animal en grupos homogéneos y la utilización de factores de emisión país específico. Como parámetro de temperatura para la selección del Factor de Conversión de Metano (MCF) por SGE en *Porcinos*, se empleó la temperatura media histórica para el periodo de la serie temporal (1990-2013) en las zonas de mayor concentración de cerdos del país (regiones Metropolitana y de O'Higgins). Esta información fue obtenida de la red de estaciones meteorológicas de INIA, por investigadores del CRI Remehue[23].

Otras especies

Las emisiones de CH_4 fueron estimadas aplicando el método Nivel 1. Para su aplicación basta conocer las poblaciones por especie, las que se multiplican por los factores de emisión por defecto correspondientes.

Sistemas de gestión del estiércol

Para la estimación de las emisiones de N_2O, el ganado vacuno fue asignado a diferentes SGE según las características de los sistemas productivos de cada región administrativa del país; esta asignación se hizo por juicio de experto ya que el país no cuenta con datos estadísticos. Para la asignación de los Porcinos a los SGE, se utilizó la información aportada por ASPROCER A.G. al elaborar la serie temporal 1990-2010.

5.2.6.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Ganado y otras especies

Los datos de actividad de cada especie fueron los mismos utilizados para la estimación de las emisiones por *Fermentación entérica*.

Porcinos

La desagregación de la población de *Porcinos* entre los diferentes SGE fue aportada por profesionales de ASPROCER A.G.

[23] Sr. Rodrigo Bravo y Dra. Marta Alfaro

Sistemas de gestión del estiércol

Para el ganado vacuno, la asignación de la población a los SGE, se realizó con base en el juicio experto[24]. Un dato paramétrico importante para estimar las emisiones de N_2O corresponde a la tasa anual de excreción de nitrógeno por especie animal. Estas tasas fueron calculadas aplicando los valores de excreción por día por cada 1.000 kg de peso vivo, en línea con las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 10.19; Capítulo 10; Volumen 4) y multiplicándolas por la masa corporal animal determinada según juicio de experto[25] (Tabla 197).

Tabla 197. 3.A.2. Gestión del estiércol: tasas de excreción de nitrógeno (kg N (1.000 kg masa animal)$^{-1}$ día^{-1}) serie 2010-2013

Especie animal	Tasa de excreción de N (kg N (1.000 kg masa animal)$^{-1}$ día^{-1})	Peso corporal promedio (kg animal^{-1})	Excreción de N (kg N animal^{-1} año^{-1})
Ganado vacuno			
Vacas lecheras	0,48	650	113,9
Otros vacunos			
Vacas Carne	0,36	550	72,3
Vaquillas	0,36	450	46,0
Adultos Carne	0,36	450	59,1
Jóvenes Carne	0,36	260	32,9
Terneros	0,36	150	19,7
Ovinos	1,17	60	25,6
Caprinos	1,37	50	25,0
Llamas y Alpacas	0,46	95	16,0
Equinos	0,46	450	75,6
Mulas y Asnos	0,46	237,5	39,9
Cerdos			
Verracos	0,50	140	16,1
Marranas	0,50	142	12,9
Juveniles	0,50	49,6	4,31
Aves de corral	0,82	2,5	0,7

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en valores pode defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y juicio experto

5.2.6.3.2. Factores de emisión

Ganado vacuno

Los factores de emisión país específicos empleados para la estimación de la emisión de CH_4 por la gestión del estiércol para el *Ganado vacuno* se encuentran por tipo de ganado y ubicación geográfica (Tabla 198).

Tabla 198. 3.A.2. Gestión del estiércol: factores de emisión país específicos para Ganado vacuno (kg CH_4 animal^{-1} año^{-1}) por tipo y región administrativa

Tipo de ganado	XV	I	II	III	IV	V	XIII	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
Vacas lecheras	19,2	19,2	19,2	19,2	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	14,6	9,7	10,1	4,8	4,8	4,8
Vacas carne	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Vaquillas	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Vacunos carne adultos	1,6	1,6	1,6	1,6	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	20,1	4,9	4,9	4,9	4,9
Vacunos carne jóvenes	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Terneros	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,25	2,3	2,3	2,3	2,3

Fuente: juicio experto de Marta Alfaro y Francisco Salazar (investigadores de INIA-Remehue) con base en las *Directrices del IPCC de 2006*

[24] Investigadores de INIA-Remehue. (Dres. Marta Alfaro y Francisco Salazar)

[25] Investigadores de INIA-Remehue (Dres. Marta Alfaro, y Francisco Salazar y Sr. Marcelo Quezada), y profesionales de ASPROCER A.G (Sr. Renzo Boccanegra)

Porcinos

Los factores de emisión país específicos empleados para la estimación de la emisión de CH_4 por manejo del estiércol para cerdos fueron calculados con datos paramétricos aportados por investigadores del INIA-Remehue[26] (Tabla 199).

Tabla 199. 3.A.2. Gestión del estiércol: factores de emisión país específicos para Porcinos (kg CH_4 $animal^{-1}$ $año^{-1}$) por tipo

Especie animal	**Factores de Emisión (kg CH_4animal^{-1} año^{-1})**
Marranas	38,53
Verracos	39,13
Juveniles	13,67

Fuente: juicio experto de Marta Alfaro y Francisco Salazar (investigadores de INIA-Remehue) con base en las *Directrices del IPCC de 2006*

Estos valores son más altos que los sugeridos por las *Directrices del IPCC de 2006*, para sistemas de producción de porcinos en Latinoamérica (Cuadro 10.14; Capítulo 10; Volumen 4), siendo más semejantes a valores sugeridos para Norteamérica bajo condiciones de clima templado. Esto es coherente con las características de los sistemas de manejo del estiércol de la industria porcina en Chile, que gestionan sus residuos en sistemas líquidos de almacenaje. El valor 1, sugerido por las *Directrices del IPCC de 2006*, se refiere a cerdos manejados extensivamente donde el estiércol es depositado en la pradera durante el pastoreo. Esta situación es minoritaria en el país y no refleja la realidad de los sistemas de producción mayoritarios para esta industria.

Otras especies y Otros SGE

Para las emisiones de CH_4 de otras especies y para las emisiones de N_2O de todas las especies y sus respectivos SGE se aplicaron factores de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.2.6.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para cada GEI de cada componente animal. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 200.

Tabla 200. 3.A.2. Gestión del estiércol: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	**Categoría del IPCC**	**Gas**	**Incertidumbre en los datos de actividad**		**Incertidumbre en el factor de emisión**		**Incertidumbre combinada**	
			(-)%	**(+)%**	**(-)%**	**(+)%**	**(-)%**	**(+)%**
3.A.2.a.i.	Vacas lecheras	CH_4	23,4%	23,4%	20,0%	20,0%	30,8%	30,8%
3.A.2.a.i.	Vacas lecheras	N_2O	23,4%	23,4%	58,3%	58,3%	62,8%	62,8%
3.A.2.a.ii.	Otros vacunos	CH_4	23,4%	23,4%	20,0%	20,0%	30,8%	30,8%
3.A.2.a.ii.	Otros vacunos	N_2O	23,4%	23,4%	58,3%	58,3%	62,8%	62,8%
3.A.2.c.	Ovinos	CH_4	23,4%	23,4%	30,0%	30,0%	38,1%	38,1%
3.A.2.e.	Camélidos (Llamas y alpacas)	CH_4	26,9%	26,9%	30,0%	30,0%	40,3%	40,3%
3.A.2.g.	Mulas y asnos	CH_4	26,9%	26,9%	30,0%	30,0%	40,3%	40,3%
3.A.2.h.	Porcinos	CH_4	23,4%	23,4%	20,0%	20,0%	30,8%	30,8%
3.A.2.h.	Porcinos	N_2O	23,4%	23,4%	500,0%	500,0%	500,5%	500,5%
3.A.2.i.	Aves de corral	CH_4	26,9%	26,9%	30,0%	30,0%	40,3%	40,3%
3.A.2.i.	Aves de corral	N_2O	26,9%	26,9%	500,0%	500,0%	500,7%	500,7%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

[26] Dres. Marta Alfaro y Francisco Salazar

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI aplicando el método Nivel 1 proviene del uso de factores de emisión por defecto, mientras que al aplicar el método Nivel 2 disminuye la incertidumbre del factor de emisión país especifico, generando estimación de mayor exactitud.

5.2.6.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión, los mismos SGE y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica (población para ganado vacuno, cerdos y aves de corral) o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.2.6.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.2.6.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad se explican en la sección *5.2.5.6.1. Control de la calidad* de *Fermentación entérica*.

5.2.6.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.2.6.6.3. Verificación

Se empleó el mismo proceso de verificación explicado para la sección *5.2.5.6.3. Verificación* de *Fermentación entérica*.

5.2.6.7. Recálculos

5.2.6.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se realizaron mejoras metodológicas a la base de población animal, principalmente en *Ganado vacuno* y *Porcinos*. En el INGEI anterior se utilizó como base de la población animal los datos estadísticos de FAOSTAT. En esta oportunidad se utilizaron los datos nacionales provenientes de los *Censos Agropecuarios* y de las *Encuestas Bianuales* que realiza ODEPA, mejorando con ello las estimaciones de CH_4. Esto último obligó al recálculo de la serie temporal completa.

5.2.6.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

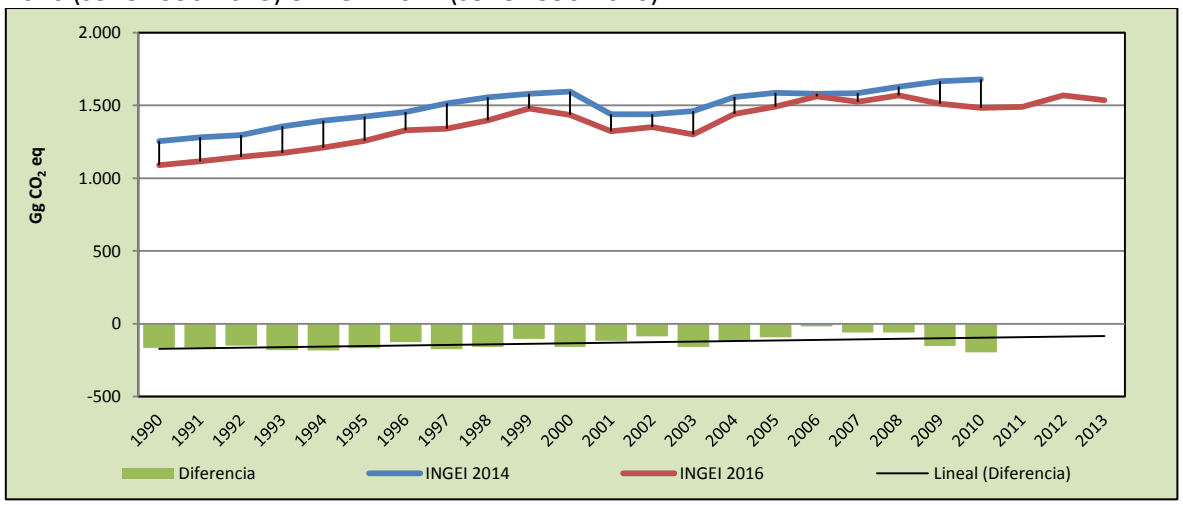
En la Tabla 201 y Figura 99 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente al ajuste de los datos de actividad en la población animal y en menor grado al ajuste de los factores de emisiones país específicos empleados. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 133,1 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 201. 3.A.2. Gestión del estiércol: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	1.254,7	1.593,8	1.678,9			
INGEI 2016	1.088,8	1.434,0	1.482,2	1.488,9	1.568,8	1.536,0
Diferencia	**-165,9**	**-159,8**	**-196,7**			
Diferencia %	**-15,2%**	**-11,1%**	**-13,3%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

Figura 99. 3.A.2. Gestión del estiércol: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en INGEI 2014 e INGEI 2016

5.2.6.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la coordinación y gestión entre las entidades gubernamentales que poseen/generan datos estadísticos, para su posterior reporte a fuentes internacionales. Con esta acción se pretende mantener la consistencia entre bases de datos nacionales e internacionales;
- Conformación de mesas de trabajo con las principales entidades no gubernamentales (asociaciones gremiales, instituciones, etc.) que posean datos paramétricos, para la generación de factores de emisión país específicos. Esto es particularmente relevante para aquellas categorías y subcategorías significativas o clave; y
- Desarrollo y mejora de factores de emisión país específicos para las emisiones de CH_4 y N_2O por gestión del estiércol en distintos sistemas de gestión. Se evaluará la disponibilidad de fondos que permitan la ejecución de proyectos.

5.3. Tierras (3.B.)

5.3.1. Descripción de la categoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas como resultado del uso, gestión y cambio de uso de la tierra gestionada.

Las tierras están divididas en seis usos de la tierra de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* y que son los siguientes:

- *3.B.1. Tierras forestales (en el caso del Chile se dividen a su vez en bosque nativo y plantaciones forestales);*
- *3.B.2. Tierras de cultivo;*
- *3.B.3. Pastizales;*
- *3.B.4. Humedales;*
- *3.B.5. Asentamientos; y*
- *3.B.6. Otras tierras.*

Las subcategorías asociadas a la categoría *Tierras* son divididas en dos componentes: *Tierras que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en otros usos*.

Depósitos de carbono
Las *Directrices del IPCC de 2006* reconocen los siguientes depósitos de carbono (Tabla 202):

Tabla 202. 3.B. Tierras: definiciones de los depósitos de carbono utilizados en el sector *AFOLU* para cada categoría de uso de la tierra

Depósito		Descripción
Biomasa	**Biomasa aérea**	Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje. Nota: En los casos en los que el sotobosque sea un componente menor del depósito de carbono de la biomasa aérea, es aceptable que se lo excluya para las metodologías y los datos asociados que se utilizan en ciertos niveles, siempre que éstos se empleen de manera coherente a lo largo de toda la serie temporal del inventario.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.
Materia orgánica muerta	**Madera muerta**	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, las raíces muertas y las cepas de 10 cm de diámetro o más (o del diámetro especificado por el país).
	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. Las raíces vivas finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para la biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.
Suelos	**Materia orgánica del suelo***	Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad dada, elegida por el país y aplicada coherentemente a lo largo de la serie temporal**. Las raíces finas vivas y muertas y la DOM que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2 mm) para raíces y DOM se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30 cm.
* Incluye la materia orgánica (viva y no viva) que se encuentra dentro de la matriz del suelo, operativamente definida como una fracción de un tamaño específico (p. ej. toda la materia que pasa a través de un cedazo de 2 mm). Las estimaciones de las existencias de C en el suelo pueden incluir también C inorgánico del suelo si se emplea un método del Nivel 3. Las emisiones de CO_2 producidas en los suelos por aplicación de encalado y urea se estiman como flujos empleando el método de Nivel 1 o 2. ** Las existencias de carbono en suelos orgánicos no se calculan explícitamente empleando el método de Nivel 1 o 2 (que estiman solamente el flujo anual de C de los suelos orgánicos), sino que se los puede estimar utilizando un método del Nivel 3. La definición de los suelos orgánicos a los fines de su clasificación se suministra en el Capítulo 3.		

Fuente: Cuadro 1.1; Capítulo 1; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

De estos depósitos, el presente INGEI incluye la Biomasa (aérea y subterránea) para todas las tierras y la Materia orgánica muerta (madera muerta) para los bosques distribuidos entre las regiones de O'Higgins y Magallanes, correspondiendo al 74,0 % de la superficie total de bosques.

No se incluyeron los depósitos de hojarasca y materia orgánica del suelo por las siguientes razones:

- Hojarasca: carencia de datos país específico de existencia de hojarasca por tipo forestal suficientemente respaldados.
- Materia orgánica del suelo: por carencia de datos país específicos. Se trata de valores fuertemente sitio dependientes (por clima, suelo y manejo), por lo que no es aconsejable usar valores por defecto en forma relativamente confiable; además, el país no cuenta con información georreferenciada que permita vincular actividades con suelos.

5.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, el balance de CO_2 contabilizó una absorción de -40.448,8 Gg CO_2 eq (representando el 73,8 % del balance de GEI del sector *AFOLU*). Durante toda la serie temporal el balance es favorable a la absorción, aunque ha disminuido un 7,9 % desde 1990 y un 8,3 % desde 2010 (Tabla

203 y Figura 100). Las principales causantes de la tendencia de la categoría son las actividades dentro de *Tierras forestales*, como el incremento de la biomasa forestal y los incendios forestales.

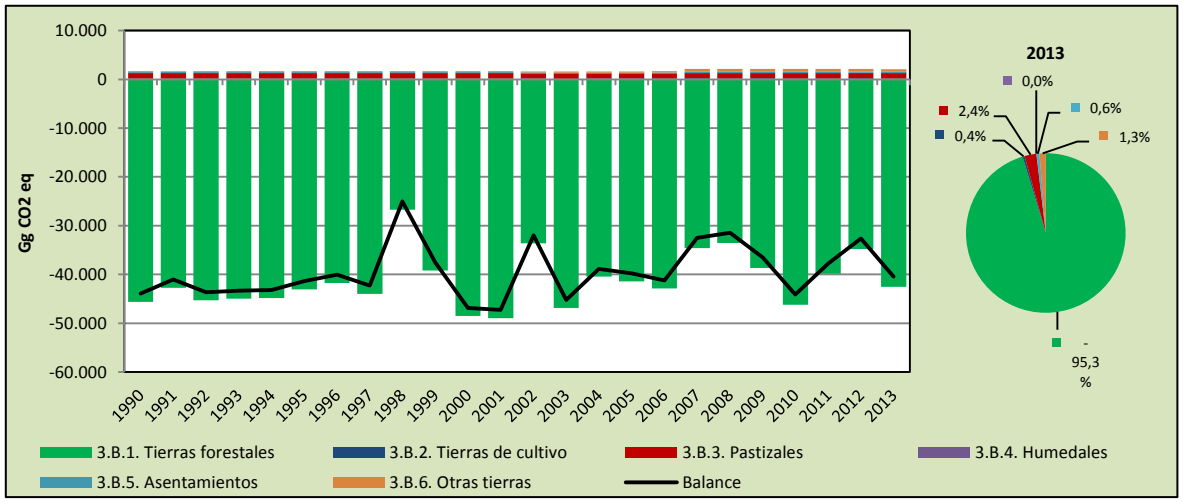
Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por subcategoría, el 95,3 % corresponde a *Tierras forestales*, seguida de un 2,4 % de *Pastizales*, 1,3 % de *Otras tierras* y, finalmente, 1,1 % correspondiente al resto de usos (*Asentamientos*, *Tierras de cultivo* y *Humedales*). *Tierras forestales* es el único uso de tierra que en su balance de CO_2 presenta la condición de sumidero, mientras que los otros usos de la tierra son emisores netos de GEI.

Tabla 203. 3.B. Tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013.

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.1. Tierras forestales	-45.598,5	-48.520,4	-46.234,6	-39.826,6	-34.807,9	-42.548,9
3.B.2. Tierras de cultivo	137,7	132,7	190,7	190,2	241,1	188,2
3.B.3. Pastizales	1.147,0	1.141,8	1.066,7	1.066,7	1.066,7	1.066,7
3.B.4. Humedales	0,4	0,4	12,5	12,5	12,5	12,5
3.B.5. Asentamientos	218,3	218,2	268,8	269,0	269,1	269,2
3.B.6. Otras tierras	173,5	173,2	563,6	563,6	563,7	563,6
Balance	**-43.921,6**	**-46.854,0**	**-44.132,3**	**-37.724,7**	**-32.654,9**	**-40.448,8**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 100. 3.B. Tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la categoría *Tierras*, se aplicó en general el método Nivel 1 y Nivel 2 para todos los usos de tierra. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 204 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 204. 3.B. Tierras: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B. Tierras	T1, T2, NA, NE	CS, D, NA, NE				
3.B.1. Tierras forestales	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.2. Tierras de cultivo	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.4. Humedales	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.5. Asentamientos	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.6. Otras tierras	T1, T2, NE	D, NE				

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta categoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.3.4. Definiciones de uso de la tierra y los sistemas de clasificación utilizados

Los cambios de uso de la tierra se desarrollan a partir del *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* que desarrolla CONAF. Este catastro empezó como proyecto en 1993 con el objetivo de elaborar un catastro nacional de usos de la tierra y de las formaciones vegetacionales existentes, principalmente las relacionadas al bosque nativo, las plantaciones forestales y los matorrales como líneas base para la información cartográfica vegetacional en Chile.

Las categorías definidas por CONAF para los diferentes usos de la tierra (áreas urbanas e industriales, terrenos agrícolas, praderas y matorrales, bosques, humedales, áreas desprovistas de vegetación, nieves y glaciares, cuerpos de agua y áreas no reconocidas) son homologadas a las categorías de uso de la tierra definidas por las *Directrices del IPCC de 2006*, resultando en las categorías que se incluyen en la siguiente Tabla 205:

Tabla 205. 3.B. Tierras: homologación cambios de uso de la tierra entre las categorías de IPCC y CONAF

Nombre IPCC	Nombre CONAF
Tierras forestales (TF): subdivididas en Bosque Nativo (TF-BN) y Plantaciones Forestales (TF-PF)	Bosque nativo, bosque mixto y plantaciones forestales
Tierras de cultivo (TC)	Terrenos agrícolas
Pastizales (PA)	Praderas y matorrales
Humedales (HU)	Humedales
Asentamientos (AS)	Áreas urbanas e industriales
Otras tierras (OT)	Áreas desprovistas de vegetación, nieves y glaciares, cuerpos de agua y áreas no reconocidas

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Las definiciones que se dan en el país utilizadas por CONAF se detallan a continuación:

- **Tierras Forestales:** la definición de bosques utilizada en el país corresponde a la definición de la Ley Nº 20.283 sobre recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal, que define Bosques como «sitio poblado con formaciones vegetales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 metros cuadrados, con un ancho mínimo de 40 metros con cobertura de copa arbórea que supere el 10 % de dicha superficie total en condiciones áridas y semiáridas y el 25 % en circunstancias más favorables». La

Ley Nº 20.283 además define Bosque Nativo como «bosque formado por especies autóctonas, provenientes de generación natural, regeneración natural, o plantación bajo dosel con las mismas especies existentes e en el área de distribución original, que pueden tener presencia accidental de especies exóticas distribuidas al azar». Las plantaciones forestales son bosques establecidos artificialmente por plantación o siembra. Los árboles usualmente pertenecen a la misma especie, pueden ser especies nativas o introducidas y tienen la misma edad y están espaciados regularmente en el terreno.

- **Tierras de cultivo:** se refiere a zonas actualmente destinadas a la producción agropecuaria. Incluye cereales, horticultura, fruticultura y ganadería.

- **Tierras de pastizales:** corresponde al área de cubierta con formaciones herbáceas, arbustivas y arbustivo-herbáceas. Se subdividen de acuerdo al tipo biológico preponderante (pastos o arbustos) y sus especies dominantes.

- **Humedales:** corresponden a extensiones de marismas, pantanos y turberas o, en general, superficies cubiertas de agua, sean estas de caracteres naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancados o corrientes, dulces, salobres o salados. Se incluyen las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de 6 metros. Además, se incluyen en esta categoría las vegas y bofedales debido a su hidromorfismo.

- **Asentamientos:** se refiere a sectores ocupados por ciudades o instalaciones industriales.

- **Otras tierras:** corresponde a lo que en el *Catastro* se define como Áreas desprovistas de vegetación que son sectores cuya cobertura vegetacional no alcanza el 25 % de cobertura mínima; Nieves eternas y glaciares que corresponde a zonas cubiertas por nieve, nieves eternas, glaciares y campos de hielo; Cuerpos de Agua que son las zonas cubiertas por el mar, ríos, lagos, lagunas y embalses y finalmente Áreas no reconocidas que sectores para los cuales no ha sido posible efectuar un reconocimiento vegetacional debido a que constituyen zonas de acceso restringido o por falta de fotografías aéreas o imágenes.

Cabe señalar que la consistencia entre las categorías de uso de CONAF con las del IPCC no es del 100 %, ya que CONAF considera los espejos de agua poco profundos (lagunas, tranques) como áreas desprovistas de vegetación; mientras que para el IPCC son humedales.

La matriz de cambio de uso de la tierra se construye con las actualizaciones regionales del *Catastro*, en la Tabla 206 se presenta la información de las regiones y sus distintos períodos de evaluación de acuerdo a los años de actualización y las fuentes de información correspondientes.

Tabla 206. 3.B. Tierras: Período de evaluación del catastro para las distintas regiones y fuente bibliográfica correspondiente

Región	Serie	Fuente
V	1995-2000	CONAF, CONAMA. (2003). Catastro y Usos del Suelo y Vegetación, Región de Valparaíso.
	2001-2013	CIREN, CONAF. (2013). Informe Técnico. Proyecto monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins.
RM	1995-2000	CONAF, CONAMA. (2003). Catastro y Usos del Suelo y Vegetación, Región Metropolitana.
	2001-2013	CIREN, CONAF. (2013). Informe Técnico. Proyecto monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins.
VI	1995-2000	CONAF, CONAMA. (2003). Catastro y Usos del Suelo y Vegetación, Región del Libertador Bernardo O'Higgins.
	2006-2013	CIREN, CONAF. (2013). Informe Técnico. Proyecto monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins.
VII	1999-2009	CONAF, UACH. (2010). Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en la VII Región del Maule.
VIII	1998-2008	CONAF. (2010). Monitoreo y actualización Región del Biobío 1998-2008.
IX	1993-2007	CONAF, CONAMA. (2009). Monitoreo y actualización Región de la Araucanía.
	2007-2013	CONAF, UFRO, UACH. (2014). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de La Araucanía.
XIV	1998-2006	CONAF, CONAMA. (2008). Catastro de uso del suelo y vegetación. Monitoreo y actualización Región de los Ríos.
	2006-2013	CONAF, UACH. (2014). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de los Ríos.
X	1998-2006	CONAF, CONAMA. (2008). Monitoreo y actualización Región de Los Lagos.
	2006-2013	CONAF, UACH. (2014). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la región de los Lagos.
XI	1996-2011	CONAF, UACH. (2012). Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de Bosque Nativos en la XI Región Aisén.
XII	1996-2005	CONAF, CONAMA. (2006). Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Finalmente, con las matrices de cambio de uso de la tierra de CONAF y con las homologaciones anteriormente expuestas, se construyeron matrices que contienen las tasas anuales de cambio entre los distintos usos de la tierra. La Tabla 207 presenta un resumen de las tasas anuales de cambio de uso de la tierra. Se observa que la mayor tasa de conversión (72.022,0 ha/año promedio) ocurre en *Tierras convertidas en plantaciones forestales*; en el otro extremo, la menor tasa de cambio anual (317,7 ha/año promedio) correspondió a *Tierras convertidas en humedales*.

Tabla 207. 3.B. Tierras: matriz de conversión de uso de la tierra (ha/año promedio).

Categoría	TF-BN	TF-PF	TC	PA	HU	AS	OT	TOTAL
Tierras forestales – bosque nativo		6.897,6	397,2	4.978,0	1,8	120,3	614,4	13.009,2
Tierras forestales - plantaciones forestales	566,6		905,9	1.818,6	2,4	385,3	120,7	3.799,6
Tierras de cultivo	276,3	24.761,6		2.916,9	5,8	3.740,5	189,4	31.890,5
Pastizales	5.148,6	39.690,6	8.352,9		213,3	1.647,7	2.221,0	57.274,1
Humedales	4,7	238,5	80,3	100,4		42,1	29,2	495,1
Asentamientos	0,0	1,5	4,5	0,0	0,0		17,0	23,0
Otras Tierras	27,0	432,2	160,0	3.162,7	94,3	158,7		4.034,9
TOTAL	6.023,2	72.022,0	9.900,8	12.976,6	317,7	6.094,6	3.191,7	107.442,8

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI a partir de los datos de superficie de las matrices de cambio de uso de la tierra del Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de CONAF

La desagregación por región administrativa y año de la matriz de cambios de uso de la tierra se muestra en el ANEXO 04.06.

Un avance significativo, respecto de la serie anterior de inventarios, fue que en esta oportunidad el *Catastro* había incrementado en una imagen la cobertura de algunas regiones, permitiendo con ello, contar con dos tasas anuales de cambio y reflejar mejor la dinámica actual del cambio de uso de las tierras. Asimismo, otro avance importante fue que la superficie nacional y de cada una de las regiones administrativas se estandarizó según la información proporcionada por ODEPA.

El INGEI de Chile es prácticamente completo en cuanto a cobertura territorial. No se contó con datos de actividad estadísticos para cambios de uso de la tierra en el territorio comprendido entre las regiones de Arica y Parinacota y la de Coquimbo, correspondiente al 39,8 % de la superficie nacional (excluyendo el territorio antártico). Aunque este valor puede parecer significativo, se puede señalar que el 65,9 % corresponde a la categoría *Otras tierras* (Desierto de Atacama) y un 32,7 % a *Pastizales* (naturales no intervenidos altiplánicos), en donde no habría cambios en los stocks de carbono. En cuanto a los *Tierras de cultivos*, el inventario cubrió el 93,4 % (1.555.038 ha) de la superficie cultivada de Chile, según cifras del *VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal* (INE, 2007).

En el caso de las regiones de Valparaíso, Metropolitana y de O'Higgins, la actualización usada en esta oportunidad informa de un gran aumento de la superficie de bosque nativo, comparada con la actualización usada para elaborar la serie anterior de inventarios; este aumento se explica porque entre ambas actualizaciones del *Catastro*, CONAF modificó el porcentaje mínimo de cobertura arbórea para ser considerado como bosque, de 25 % a un 10 % para zonas áridas y semiáridas, manteniendo el 25 % para las zonas más templadas, con el fin de ajustarse a la definición legal de bosque nativo (Ley Nº 20.283). De esa forma se aplicó para la Región de Valparaíso el 10 % de la cobertura arbórea, en O'Higgins se aplicó un 10 % de cobertura en forma parcial, y en la Región Metropolitana se aplicó el 10 % de cobertura de copas (respecto de un 25 % del INGEI anterior) excepto en las comunas de Curacaví y San José de Maipo, a la que se aplicó el 25 %. Estos porcentajes de cobertura y sus delimitaciones territoriales se extrajeron de definiciones institucionales respectos de zonas áridas, semiáridas y templadas, que tienen relación con la cobertura mínima arbórea necesaria para definir bosques.

En este ejercicio, la categoría *Bosque mixto* de CONAF fue incorporada a la categoría *Tierras forestales* del IPCC, específicamente dentro de la división *Tierras forestales-bosque nativo*. Esto debido a que los bosques mixtos en Chile presentan un porcentaje de bosque nativo que varía entre 33 % y 66 %, porcentaje que no se quiso excluir de la estimación de las emisiones de GEI.

Por otro lado, para las regiones de la Araucanía, de Los Ríos y de Los Lagos en las actualizaciones 1993-2007, 1998-2006, 1998-2006 respectivamente, se eliminó el subuso *protección* incluido en el INGEI anterior, en la subcategoría de *Tierras forestales nativas*. Esto debido a que el subuso *protección* fue creado solo para la primera actualización de la Región de la Araucanía y la segunda en las de Los Ríos y Los Lagos, Provincia de Osorno, y correspondió a una categorización excepcional no permanente en el tiempo (CONAF, 2011).

Al analizar las matrices de cambio entre distintos usos emergieron algunos cambios cuestionables atribuidos a imprecisiones cartográficas o de otro tipo; por ello, el Equipo Técnico de AFOLU acordó que los cambios de uso desde *Otras tierras* (nieves, glaciares y cuerpos de agua) a *Tierras forestales* se llevaran a cero; lo mismo se hizo con los cambios desde *Asentamientos* a otros usos de la tierra, exceptuando *Otras tierras*. Otro acuerdo del Equipo Técnico de AFOLU, en el caso de *Tierras convertidas en tierras forestales-bosque nativo*, fue ocupar los datos propios de la primera actualización del *Catastro de los Recursos Vegetacionales de Chile* para las regiones de Valparaíso, Metropolitana y de O'Higgins.

5.3.5. Métodos utilizados para la representación de las tierras

La información proporcionada por el *Catastro* es actualizada periódicamente a nivel regional por CONAF con el objetivo de monitorear los cambios en el uso de la tierra ocurridos entre los periodos de medición e identificar las causas de estos. De esa manera, el *Catastro* y sus actualizaciones permiten contar con información sobre la localización, distribución, superficie, estructura y el estado de las comunidades vegetales y del conjunto de usos de la tierra.

Las actualizaciones de los catastros se deben realizar en un periodo de tiempo de al menos 10 años, según indica la Ley Nº 20.283, sobre manejo y recuperación del bosque nativo. En 1997 se dan a conocer los resultados del proyecto *Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* y, en 1998, se empieza con la primera actualización en las regiones del Biobío y Los Lagos. Actualmente los catastros se actualizan en un periodo cercano a los 5 años, sin considerar las regiones del norte del país.

La metodología empleada para realizar la clasificación del uso de la tierra y de las distintas formaciones vegetacionales, se denomina Carta de Ocupación de Tierras (COT), metodología desarrollada por el Centro de Estudios Fitosociológicos y ecológicos Louis Emberger (CEPE de Montpellier) y adaptada por Etienne y Prado en 1982.

Esta metodología describe la vegetación a través de Formación vegetal o forma de vida, estructura, cobertura y altura, especies dominantes. En tanto el uso de la tierra, corresponde al uso de la tierra que está siendo ocupado actualmente y determinado por eventos antrópicos o naturales al momento de la detección con sensores remotos, interpretación visual y/o terreno: cuerpos de agua, humedales, nieves, áreas urbanas, terrenos agrícolas, terrenos desprovistos de vegetación.

El nivel de resolución en general para las actualizaciones del *Catastro* es de 4 ha para toda la región, salvo para la descripción del uso Bosque que es de acuerdo a la definición legal (Ley Nº 20.283, Art.2°), es decir la resolución llega hasta una superficie de por lo menos 0,5 ha, en áreas espaciales o de interés particular como; zonas buffer de 2 km en torno a unidades de SNASPE, alrededor de ciudades de la región y en sitios o ecosistemas singulares de interés regional, la unidad mínima cartografiable es de 1 ha. La proyección cartográfica utilizada para la generación de las coberturas corresponde a; Datum WGS 84, huso 18 o 19 Sur según corresponda.

La Tabla 208 presenta el año base del Catastro para las diferentes regiones, como también los años en que se han realizado las actualizaciones de este. Se aprecia que hay regiones en las que se han realizado más de dos actualizaciones (O´Higgins, Los Ríos, Los Lagos, etc.) y regiones en donde no se cuenta con ninguna actualización (Tarapacá, Antofagasta, Atacama, etc.).

Tabla 208. Actualizaciones, hasta 2013, del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile

Región	Año base	Primera actualización	Segunda actualización	Tercera actualización
Arica y Parinacota	1997			
Tarapacá				
Antofagasta				
Atacama				
Coquimbo		2003		
Valparaíso		2001	2013	
Metropolitana		2001	2013	
O´Higgins		2001	2005	2013
Maule		1999	2009	
Biobío		1998	2008	
Araucanía		2007	2013	
Los Ríos		1998	2006	2013
Los Lagos		1998	2006	2013
Aisén		2010-2011		
Magallanes		2005		

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.6. Tierras forestales (3.B.1.)

5.3.6.1. Descripción de la subcategoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas como resultado de cambios en la biomasa y materia orgánica muerta en *Tierras forestales que permanecen como tales* y en *Tierras convertidas en tierras forestales*.

En el contexto nacional las fuentes de emisión y absorción incluidas son:

- Absorción por incremento de biomasa forestal (aérea y subterránea) de:
  - Plantaciones forestales, desagregadas por especie: pino insigne (*Pinus radiata*), eucalipto (*Eucalyptus globulus y Eucalyptus nitens*), algarrobo (*Prosopis chilensis*), tamarugo (*Prosopis tamarugo*), pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*), álamo (*Populus spp.*) y otras especies.
  - Bosque nativo de segundo crecimiento (renovales), que corresponde a una superficie intervenida hace más de 40 años atrás y que hoy se encuentra naturalmente en regresión a su condición natural.
  - Bosque nativo manejado, con tres etapas de desarrollo: regeneración y establecimiento del rodal, fase de desarrollo latizal-fustal y una fase de desarrollo de bosque adulto.
  - Bosque nativo afectado por incendios forestales y en regresión.
  - Bosque nativo que crece gracias al cambio de uso de la tierra desde otros usos a tierras forestales.

- Emisión por:
  - Cosecha de trozas de plantaciones forestales y bosque nativo (se contabiliza la biomasa aérea y la subterránea).
  - Cosecha de leña (considera solo la biomasa aérea).
  - Incendios forestales de plantaciones forestales y bosque nativo (considera solo biomasa aérea).

- Eliminación de biomasa desde tierras de otros usos – cultivos, pastizales, humedales, asentamientos, otras tierras – por conversión a tierras forestales.

Debe dejarse constancia que la desagregación entre tierras forestales-bosque nativo y tierras forestales-plantaciones forestales obedece al hecho que el movimiento entre bosque nativo y plantaciones forestales genera emisiones y absorciones que el INGEI no puede omitir. Así, el cambio de formación vegetacional desde bosque nativo a plantación ha sido denominado *Sustitución* y proceso el inverso (generalmente por abandono de tierras plantadas) ha sido denominado *Restitución*.

5.3.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó -42.548,9 Gg CO_2 eq (representando el 95,3 % del balance de CO_2 de la categoría *Tierras*), decreciendo su condición de sumidero en un 6,7 % desde 1990, y en un 8,0 % desde el 2010 (Tabla 209 y Figura 101). La principal causa de esta tendencia es el aumento de la cosecha forestal y el uso de leña. Pese a lo anterior *Tierras forestales* es el único uso de tierra que en su balance de CO_2 presenta la condición de sumidero, mientras que los otros usos de la tierra son emisores netos de GEI

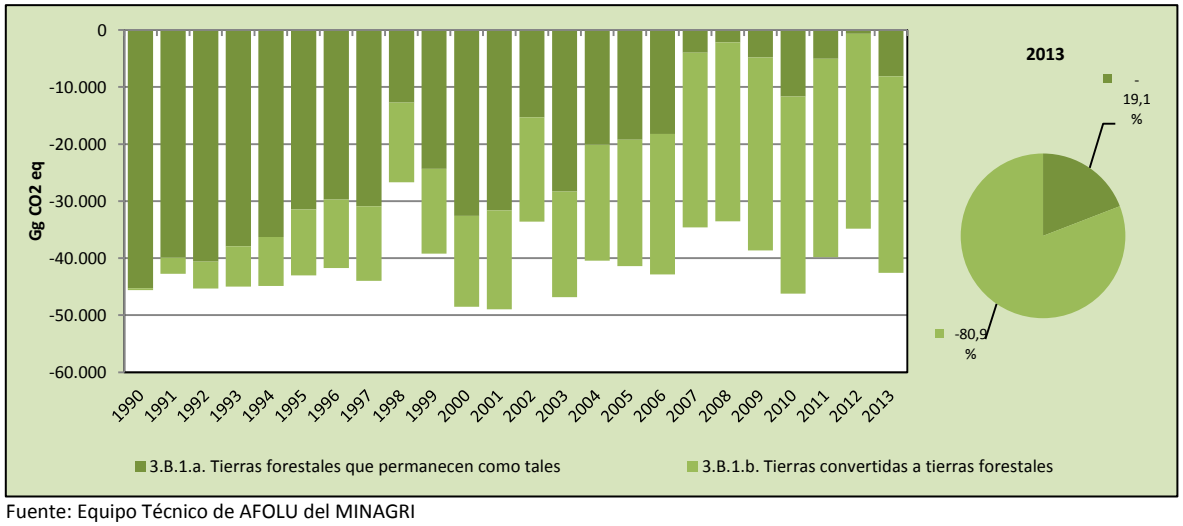
Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por componente (Figura 101), el 80,9 % corresponde a *Tierras convertidas en tierras forestales*, seguida de un 19,1 % de *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Tabla 209. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales	-45.263,2	-32.580,8	-11.649,5	-5.056,0	-686,8	-8.142,1
3.B.1.b. Tierras convertidas en tierras forestales	-335,3	-15.939,6	-34.585,1	-34.770,6	-34.121,1	-34.406,7
Balance	**-45.598,5**	**-48.520,4**	**-46.234,6**	**-39.826,6**	**-34.807,9**	**-42.548,9**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 101. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por los principales componentes de la *Tierras forestales* (Tabla 210 y Figura 102), el *Incremento de biomasa* (renovales, plantaciones forestales y otras especies) es el de mayor importancia con un 41,8 %, seguido de un 31,3 % de *Cosecha*, 17,3 % de *Tierras convertidas en tierras forestales*, 6,9 % de *Leña* (consumo), 1,6 % de *Tierras forestales con cambio de vegetación*, 0,6 % producto de la *Sustitución* y *Restitución*, y 0,5 % de *Incendios*.

Respecto a los sumideros específicos de *Tierras forestales*, se aprecia que la absorción por el *Incremento de la biomasa* se mantiene estable en el tiempo, mientras que la absorción de las *Tierras convertidas en tierras forestales* presenta un importante incremento debido a la acumulación de biomasa por tierras de otro uso en transición a tierras forestales, lo que se genera por un aumento de la superficie forestada en el país.

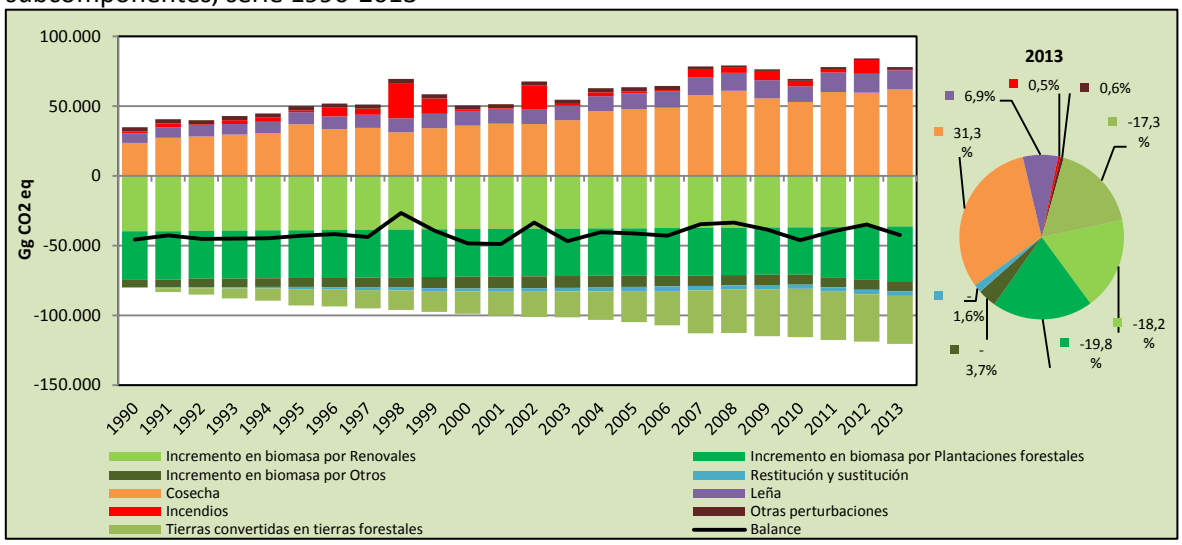
Respecto a las fuentes específicas de *Tierras forestales*, las emisiones de GEI de la *Cosecha* muestran un incremento del 162,0 % desde 1990 a 2013. Destaca una desaceleración de las emisiones en 2009 atribuible a la crisis económica internacional. Por otro lado, se observa claramente la influencia de las emisiones de GEI generadas por *Incendios* (en plantaciones forestales y bosque nativo), especialmente en 1998 y 2002, en los que este componente altera la tendencia general del balance de GEI, tanto a nivel sectorial como nacional. Las otras fuentes de GEI se mantienen estables durante la serie temporal.

Tabla 210. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por principales subcomponentes, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Incremento en biomasa por Renovales	-39.842,8	-38.198,9	-36.924,6	-36.708,1	-36.465,8	-36.195,7
Incremento en biomasa por Plantaciones forestales	-34.666,6	-34.226,5	-33.932,8	-36.070,2	-38.183,6	-39.366,7
Incremento en biomasa por Otros	-5.288,1	-8.349,5	-7.125,9	-7.073,0	-7.105,9	-7.298,8
Restitución y sustitución	-198,1	-2.215,0	-3.088,0	-3.183,8	-3.131,6	-3.176,4
Cosecha	23.661,4	35.876,9	53.073,4	59.975,4	59.648,3	61.982,0
Leña	6.731,2	10.764,1	11.229,1	14.195,7	13.469,3	13.731,8
Incendios	1.368,4	796,5	3.848,3	2.537,1	9.811,6	910,7
Otras perturbaciones	2.971,5	2.971,5	1.271,0	1.271,0	1.271,0	1.271,0
Tierras convertidas en tierras forestales	-335,3	-15.939,6	-34.585,1	-34.770,6	-34.121,1	-34.406,7
Balance	**-45.598,5**	**-48.520,4**	**-46.234,6**	**-39.826,6**	**-34.807,9**	**-42.548,9**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 102. 3.B.1. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por principales subcomponentes, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.6.2.1. Tierras forestales que permanecen como tales (3.B.1.a.)

En 2013, el balance de CO_2 de este componente contabilizó -8.142,1 Gg CO_2 eq (representando el 19,1 % del balance de CO_2 de la subcategoría), disminuyendo en un 6,7 % desde 1990 y en un 8,0 % desde 2010 (Tabla 211 y Figura 103). La principal causa de esta tendencia es el aumento de la cosecha forestal y el uso de leña.

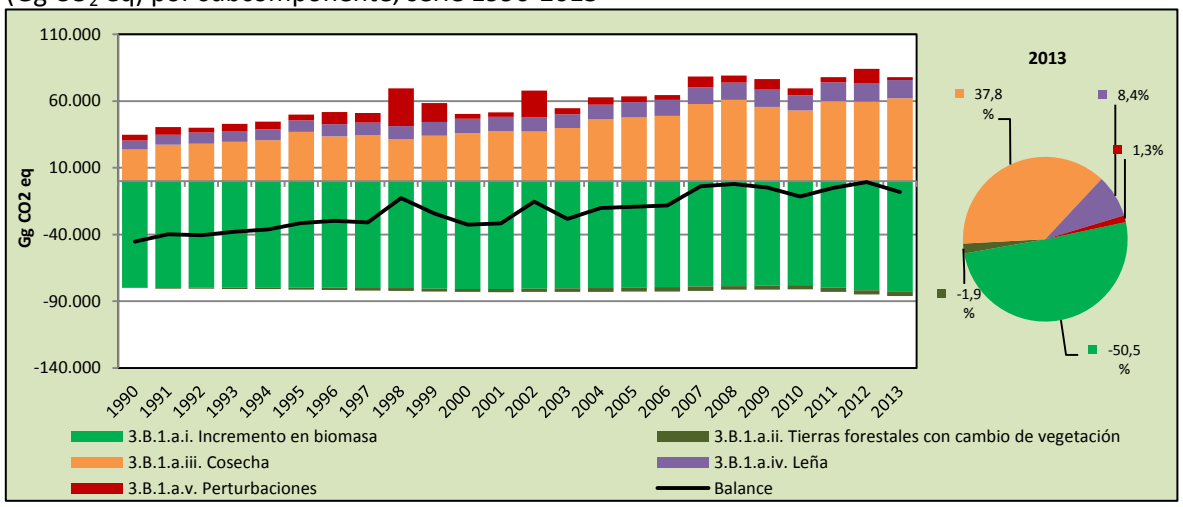
Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por subcomponentes (Figura 103), el *Incremento de biomasa* es el de mayor importancia con un 50,5 %, seguido de un 37,8 % de *Cosecha*, 8,4 % de *Leña* (consumo), 1,9 % de *Tierras forestales con cambio de vegetación*, y 1,3 % de *Perturbaciones*.

Tabla 211. 3.B.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.1.a.i. Incremento en biomasa	-79.797,6	-80.774,9	-77.983,2	-79.851,3	-81.755,4	-82.861,2
3.B.1.a.ii. Tierras forestales con cambio de vegetación	-198,1	-2.215,0	-3.088,0	-3.183,8	-3.131,6	-3.176,4
3.B.1.a.iii. Cosecha	23.661,4	35.876,9	53.073,4	59.975,4	59.648,3	61.982,0
3.B.1.a.iv. Leña	6.731,2	10.764,1	11.229,1	14.195,7	13.469,3	13.731,8
3.B.1.a.v. Perturbaciones	4.339,9	3.768,1	5.119,3	3.808,1	11.082,6	2.181,7
Balance	**-45.263,2**	**-32.580,8**	**-11.649,5**	**-5.056,0**	**-686,8**	**-8.142,1**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 103. 3.B.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Incremento de biomasa

En 2013, la absorción de CO_2 de este subcomponente contabilizó -82.861,2 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 3,8 % desde 1990 y en un 6,3 % desde 2010 (Tabla 211 y Figura 103). La principal causante del aumento de las absorciones es el incremento de biomasa de las plantaciones forestales, a las cuales se incorporan las plantaciones que provienen de *Tierras convertidas en tierras forestales* y que han cumplido los 20 años de transición, que corresponden a las forestadas en 1990 (Tabla 212 y Figura 104).

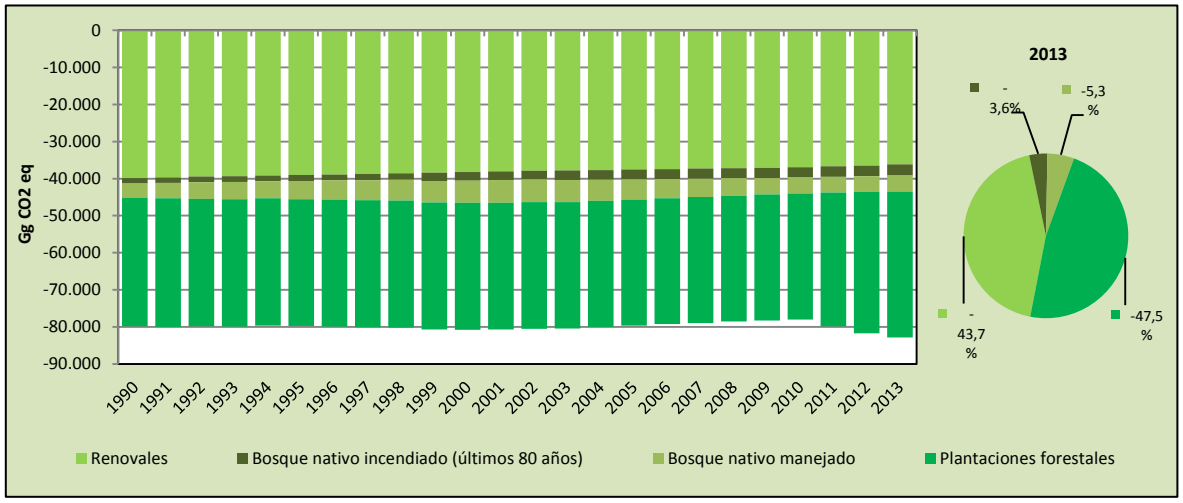
Respecto a las absorciones de GEI en términos absolutos por sumidero (Figura 104)., las *Plantaciones forestales* son las de mayor importancia con un 47,5 %, seguido de un 43,78 % de *Renovales*, 5,3 % de *Bosque nativo manejado*, y 1,3 % de *Bosque nativo incendiado*.

Tabla 212. 3.B.1.a.i. Incremento en biomasa: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013

Sumidero	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Renovales	-39.842,8	-38.198,9	-36.924,6	-36.708,1	-36.465,8	-36.195,7
Bosque nativo incendiado (últimos 80 años)	-1.471,1	-2.330,5	-2.810,2	-2.843,6	-2.872,7	-2.942,5
Bosque nativo manejado	-3.817,1	-6.019,0	-4.315,6	-4.229,4	-4.233,2	-4.356,3
Plantaciones forestales	-34.666,6	-34.226,5	-33.932,8	-36.070,2	-38.183,6	-39.366,7
Balance	**-79.797,6**	**-80.774,9**	**-77.983,2**	**-79.851,3**	**-81.755,4**	**-82.861,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 104. 3.B.1.a.i. Incremento en biomasa: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

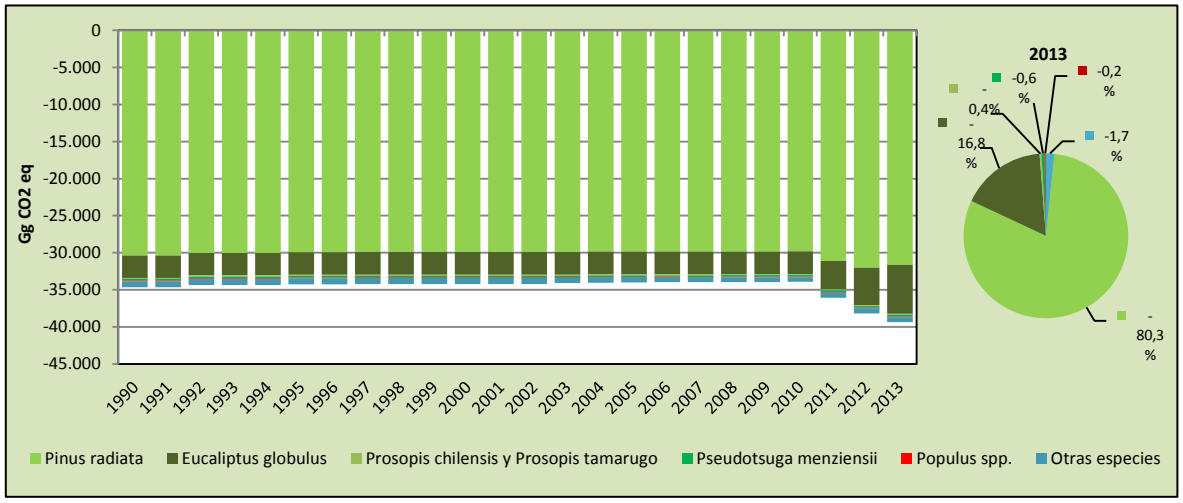
Respecto al *Incremento de biomasa* por *Plantaciones forestales*, el *Pinus radiata* es la especie de mayor importancia en absorción de GEI con un 80,3 %, seguido de 16,8 % de *Eucaliptus globulus*, 1,7 % de *Otras especies*, 0,6 % de *Pseudotsuga menziensii*, 0,4 % de *Prosopis chilensis y Prosopis tamarugo*, y 0,2% de *Populus spp*. Es importante mencionar que, si bien *Pinus radiata* es la especie de mayor importancia, su incremento ha sido de un 4,1 % desde 1990, mientras que el incremento de *Eucaliptus globulus* ha sido de un 118,1 % desde 1990 (Tabla 213 y Figura 105).

Tabla 213. 3.B.1.a.i.4. Plantaciones forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013

Especie	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Pinus radiata	-30.361,0	-29.922,5	-29.834,9	-31.094,4	-32.021,2	-31.610,6
Eucaliptus globulus	-3.032,9	-3.032,9	-3.032,9	-3.851,5	-5.026,9	-6.614,1
Prosopis chilensis y Prosopis tamarugo	-149,7	-149,7	-149,6	-149,6	-149,6	-149,6
Pseudotsuga menziensii	-216,0	-214,4	-211,5	-215,6	-220,1	-225,0
Populus spp.	-95,4	-95,4	-88,7	-90,0	-93,7	-95,2
Otras especies	-811,7	-811,7	-615,2	-669,1	-672,2	-672,3
Balance	**-34.666,6**	**-34.226,5**	**-33.932,8**	**-36.070,2**	**-38.183,6**	**-39.366,7**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 105. 3.B.1.a.i.4. Plantaciones forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Cosecha de trozas

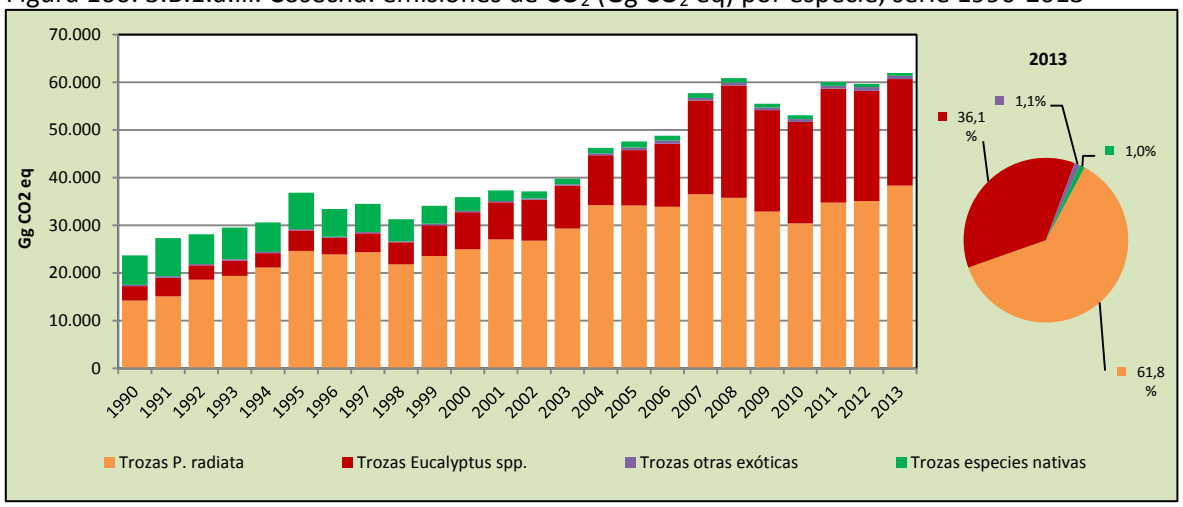
En 2013, las emisiones de GEI este subcomponente contabilizó 61.982,0 Gg CO_2 eq, incrementándose en un importante 162,0 % desde 1990 y en un 16,8 % desde 2010 (Tabla 211 y Figura 103). La principal causante del aumento son las *Trozas P. radiata* con un 46,2 %, seguido de un 27,0 % de *Trozas Eucalyptus spp.*, 0,8 % de *Trozas otras exóticas*, y 0,7 % de *Trozas especies nativas*. Es importante mencionar que, si bien *Trozas P. radiata* es la especie de mayor importancia, su incremento ha sido de un 169,3 % desde 1990, mientras que el incremento de *Trozas Eucalyptus spp.* ha sido de un 643,3 % desde 1990. También destaca que la cosecha de *Trozas especies nativas* ha disminuido en un 90,2 % desde 1990 y en un 25,7 % desde 2010 (Tabla 214 y Figura 106).

Tabla 214. 3.B.1.a.iii. Cosecha: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013

Especie	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Trozas P. radiata	14.227,4	24.964,8	30.384,3	34.795,2	35.072,7	38.316,8
Trozas Eucalyptus spp.	3.011,7	7.794,5	21.268,2	23.867,3	23.118,9	22.378,3
Trozas otras exóticas	249,8	274,8	603,3	607,8	813,1	679,6
Trozas especies nativas	6.172,5	2.842,9	817,6	705,2	643,5	607,2
Balance	**23.661,4**	**35.876,9**	**53.073,4**	**59.975,4**	**59.648,3**	**61.982,0**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 106. 3.B.1.a.iii. Cosecha: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por especie, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Perturbaciones

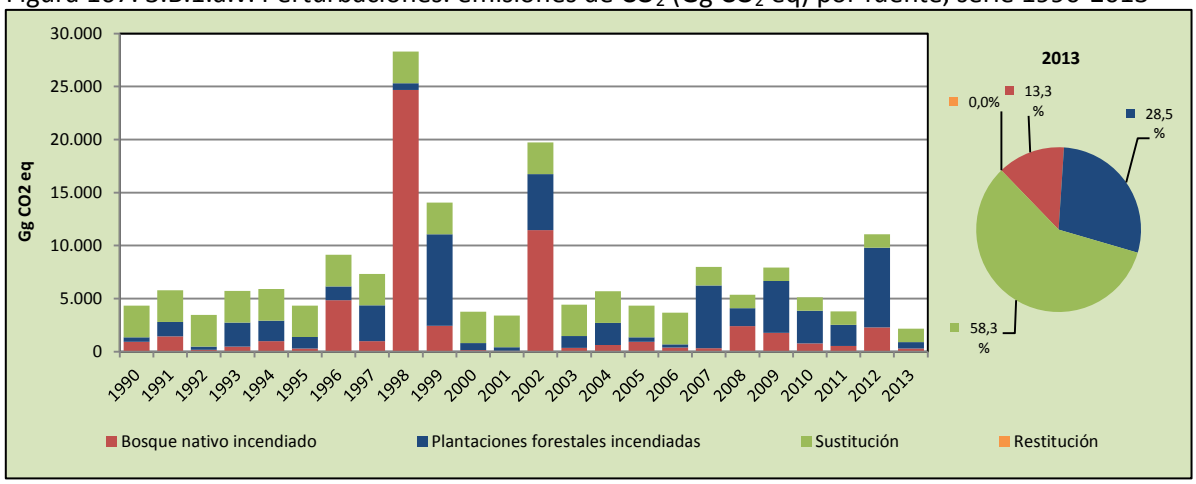
En 2013, las emisiones de GEI este subcomponente contabilizó 2.181,7 Gg CO_2 eq, disminuyendo en un 49,7 % desde 1990 y en un 57,4 % desde 2010 (Tabla 211 y Figura 103). Aunque estas cifras pueden ser optimistas no se debe perder de vista que, a través de la serie temporal, la fuente de emisión que ha dominado la tendencia son los incendios en bosque nativo y plantaciones forestales, marcadamente en 1998, 1999, 2002 y 2012, debido a la naturaleza oscilante y casuística de este fenómeno que en Chile se reconoce siempre de origen antrópico (Tabla 215 y Figura 107).

Tabla 215. 3.B.1.a.v. Perturbaciones: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por fuente, serie 1990-2013

Fuente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Bosque nativo incendiado	931,4	147,3	790,6	552,2	2.292,2	289,5
Plantaciones forestales incendiadas	436,9	649,3	3.057,7	1.984,9	7.519,3	621,2
Sustitución	2.971,5	2.971,5	1.271,0	1.271,0	1.271,0	1.271,0
Restitución	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Balance	**4.339,9**	**3.768,1**	**5.119,3**	**3.808,1**	**11.082,6**	**2.181,7**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

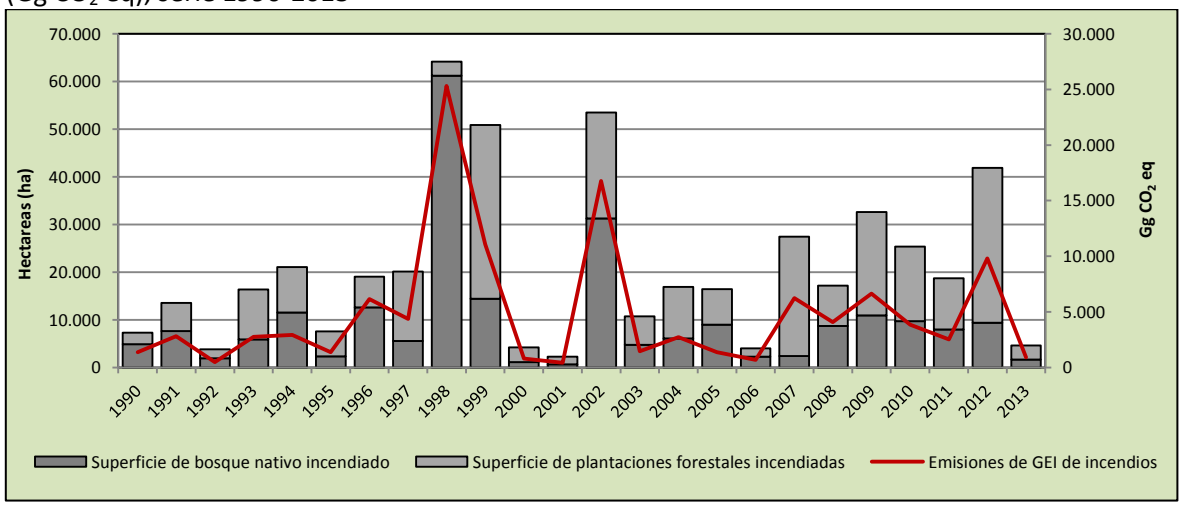
Figura 107. 3.B.1.a.v. Perturbaciones: emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por fuente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El principal causante de las variaciones en las emisiones de GEI producidas por incendios forestales es la superficie anual quemada, existiendo una relación directamente proporcional entre las hectáreas afectadas y las emisiones de GEI generadas, lo que a su vez explica las marcadas variaciones interanuales de dichas emisiones de GEI. La Figura 108 evidencia que es en 1998, 1990, 2002 y 2012, cuando se alcanzan las mayores superficies incendiadas, también se alcanzan las máximas emisiones de GEI dentro de la serie temporal.

Figura 108. Incendios forestales: superficie anual afectada por incendios (ha) y emisiones de CO_2 (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013

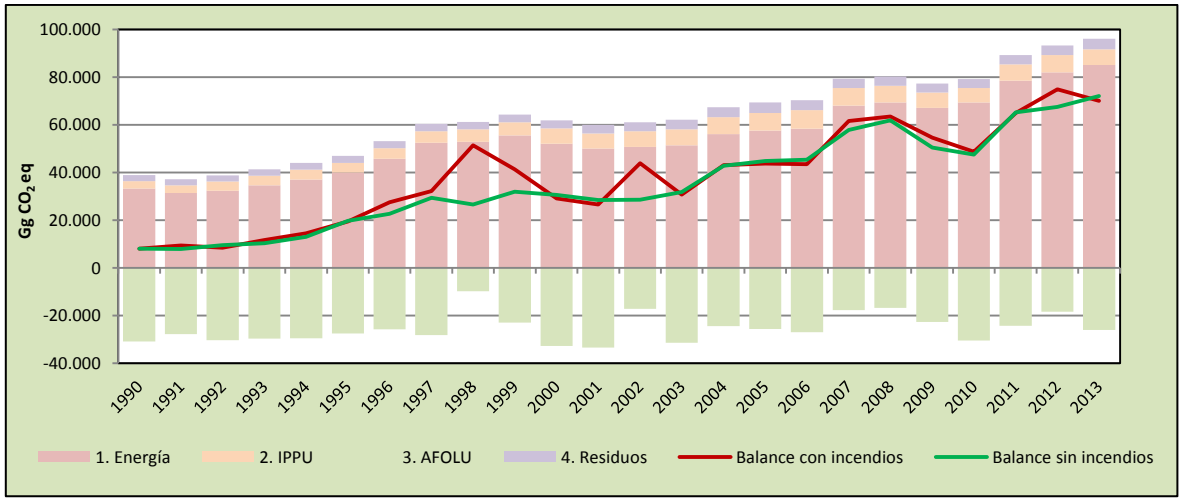


Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Los Incendios forestales poseen una especial importancia dentro del balance de GEI debido a que son capaces de alterar las tendencias, generando máximas de emisiones en 1998 y 2002. La Figura 109 presenta un escenario de sensibilización en donde las emisiones y absorciones de GEI generadas por los incendios forestales son excluidas del balance de GEI nacional (línea verde), mientras se compara con el balance de GEI nacional incluyendo las emisiones y absorciones de GEI generadas por los incendios forestales (línea roja) y manteniendo las emisiones y absorciones de GEI en cada sector. Como conclusión, al excluir las emisiones y absorciones de GEI generadas por

los incendios forestales, la tendencia del balance de GEI nacional se ve suavizada. En este mismo sentido, se contempla evaluar opciones metodológicas para abordar la variabilidad interanual de las emisiones de GEI de los incendios forestales dentro del INGEI.

Figura 109. Incendios forestales: balance de GEI (Gg CO_2 eq) con y sin incendios forestales, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.6.2.2. Tierras convertidas en tierras forestales (3.B.1.b.)

En 2013, el balance de CO_2 de este componente contabilizó -34.406,7 Gg CO_2 eq (representando el 80,9 % del balance de CO_2 de la subcategoría), incrementándose de una manera considerable desde 1990 (Tabla 216 y Figura 110). Este incremente se debe a la acumulación de tierras en transición a tierras forestales (bosques nativos y plantaciones forestales). Cabe hacer presente que el período de 80 años, como transición a bosque nativo, incluyó solo los años con datos estadísticos disponibles (desde 1990 en adelante), lo que explica esta tendencia creciente de las absorciones anuales; esto también es válido para las plantaciones forestales. También es importante destacar que, en este nivel, no se reportan las emisiones por cosecha de las plantaciones que se originan de la conversión de otros usos a tierras forestales ya que estas se reportan en las tierras forestales que permanecen como tal.

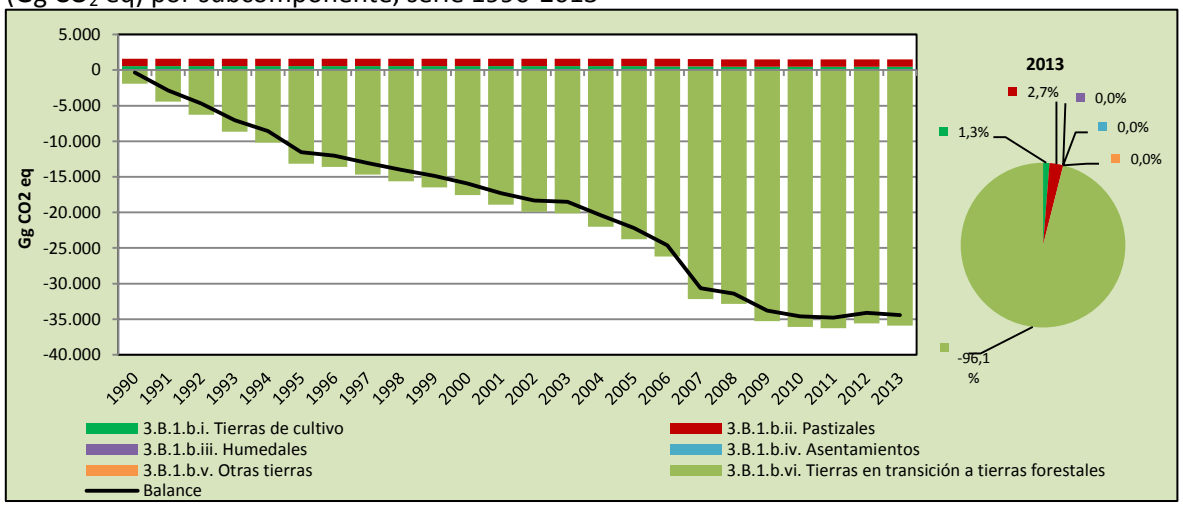
Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por subcomponentes (Figura 110), el *Tierras en transición a tierras forestales* es el de mayor importancia con el 96,1 %, seguido de un 2,7 % de *Pastizales*, y 1,3 % de *Tierras de cultivo.*

Tabla 216. 3.B.1.b. Tierras convertidas en tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.1.b.i. Tierras de cultivo	535,2	535,2	468,7	468,7	468,7	468,7
3.B.1.b.ii. Pastizales	1.066,0	1.066,0	1.006,7	1.006,7	1.006,7	1.006,7
3.B.1.b.iii. Humedales	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b.iv. Asentamientos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.B.1.b.v. Otras tierras	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b.vi. Tierras en transición a tierras forestales	-1.936,6	-17.540,9	-36.060,6	-36.246,1	-35.596,6	-35.882,2
Balance	**-335,3**	**-15.939,6**	**-34.585,1**	**-34.770,6**	**-34.121,1**	**-34.406,7**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 110. 3.B.1.b. Tierras convertidas en tierras forestales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

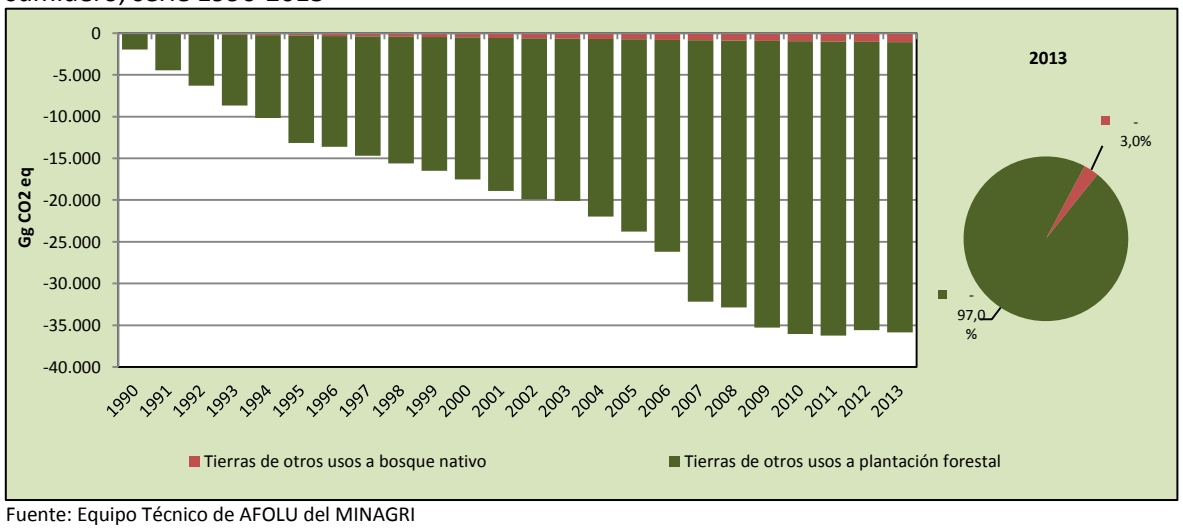
Respecto a los sumideros del subcomponente, las *Tierras de otros usos a plantación forestal* es el de mayor importancia con el 97,0 % de las absorciones de CO_2, mientras que las absorciones de *Tierras de otros usos a bosque nativo* representa el restante 3,0 % (Tabla 217 y Figura 111).

Tabla 217. 3.B.1.b.vi. Tierras en transición a tierras forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013

Sumidero	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Tierras de otros usos a bosque nativo	-46,2	-508,3	-950,4	-989,7	-1.029,1	-1.068,5
Tierras de otros usos a plantación forestal	-1.890,4	-17.032,6	-35.110,3	-35.256,3	-34.567,4	-34.813,7
Balance	**-1.936,6**	**-17.540,9**	**-36.060,6**	**-36.246,1**	**-35.596,6**	**-35.882,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 111. 3.B.1.b.vi. Tierras en transición a tierras forestales: absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por sumidero, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la subcategoría *Tierras forestales*, se aplicó el método pérdidas y ganancias de biomasa, para los depósitos de biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa, que se basa en estimar el cambio anual en las existencias de carbono (Capítulo 2, Volumen 4, *Directrices del IPCC de 2006*). En general se aplicaron el método Nivel 1 y Nivel 2 para ambos componentes de la subcategoría. Se aplicó un método Nivel 2 para el CO_2 de la biomasa aérea y de la biomasa subterránea para la gran mayoría de las componentes de *Tierras forestales que permanecen como tales* mediante el desarrollo de factores de emisión país específico; para el depósito necromasa se aplicó un método Nivel 1. En el caso de la categoría *Tierras convertidas en tierras forestales* se aplicaron combinadamente un método Nivel 1 y Nivel 2 el cual proviene de las estimaciones realizadas para la componente *Tierras forestales que permanecen como tales*. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 218 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 218. 3.B.1. Tierras forestales: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.1. Tierras forestales	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales	T1, T2, NE	D, CS, NE				
3.B.1.a.i. Incremento en biomasa	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.1. Renovales	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.2. Bosque nativo incendiado	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.3. Bosque nativo manejado	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4. Plantaciones forestales	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4.a. Pinus radiata	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4.b. Eucaliptus globulus	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4.c. Eucaliptus nitens	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4.d. Prosopis chilensis y Prosopis tamarugo	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4.e. Pseudotsuga menziensii	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4.f. Populus spp.	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.i.4.g. Otras especies	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.ii. Tierras forestales con cambio de vegetación	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.ii.1. Tierras restituidas de plantación forestal a bosque nativo	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.ii.2. Tierras sustituidas de bosque nativo a plantación forestal	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.iii. Cosecha	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.iii.1. Trozas P. radiata	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.iii.2. Trozas Eucalyptus spp.	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.iii.3. Trozas otras exóticas	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.iii.4. Trozas especies nativas	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.iv. Leña	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.v. Perturbaciones	T2, NE	D, CS, NE				
3.B.1.a.v.1. Bosque nativo incendiado	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.v.2. Plantaciones forestales incendiadas	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.v.3. Substitución	T1, T2	D, CS				
3.B.1.a.v.4. Restitución	NE	NE				
3.B.1.b. Tierras convertidas en tierras forestales	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.1.b.i. Tierras de cultivo	T1	D				
3.B.1.b.i.1. Tierras de cultivo convertidas en bosque nativo	T1	D				
3.B.1.b.i.2. Tierras de cultivo convertidas en plantaciones forestales	T1	D				
3.B.1.b.ii. Pastizales	T1	D				
3.B.1.b.ii.1. Pastizales convertidos en bosque nativo	T1	D				
3.B.1.b.ii.2. Pastizales convertidos en plantaciones	T1	D				

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
forestales						
3.B.1.b.iii. Humedales	NE	NE				
3.B.1.b.iii.1. Humedales convertidos en bosque nativo	NE	NE				
3.B.1.b.iii.2. Humedales convertidos en plantaciones forestales	NE	NE				
3.B.1.b.iv. Asentamientos	T2, NE	CS, NE				
3.B.1.b.iv.1. Asentamientos convertidos en bosque nativo	NE	NE				
3.B.1.b.iv.2. Asentamientos convertidos en plantaciones forestales	T1, T2	D, CS				
3.B.1.b.v. Otras tierras	NE	NE				
3.B.1.b.v.1. Otras tierras convertidas en bosque nativo	NE	NE				
3.B.1.b.v.2. Otras tierras convertidas en plantaciones forestales	NE	NE				
3.B.1.b.vi. Tierras en transición a tierras forestales	T1, T2	D, CS				
3.B.1.b.vi.1. Tierras de otros usos a bosque nativo	T1, T2	D, CS				
3.B.1.b.vi.2. Tierras de otros usos a plantación forestal	T1, T2	D, CS				

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tierras que permanecen en la misma categoría

Para estimar las emisiones y absorciones de carbono en tierras que permanecen en la misma categoría de todas las categorías de *Tierras* se utilizó el método de pérdidas y ganancias de biomasa (Sección 2.3.1.; Capítulo 2; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*), el que se basa en estimar el cambio anual en las existencias de carbono, a través del incremento anual de la biomasa y la reducción anual por pérdidas de biomasa (Ecuación 37).

Ecuación 37. 3.B.1. Tierras forestales: 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 =Aumento 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 38).

Ecuación 38. 3.B.1. Tierras forestales: incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra

$$\Delta C_G = \sum (A \cdot G_{TOTAL} \cdot CF)$$

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 =Superficie que permanece en la misma categoría de uso de la Tierra (ha),
- G_{TOTAL} =Crecimiento medio anual de la biomasa (t materia seca ha^{-1}año^{-1}), y
- CF =Fracción de carbono de la materia seca (t C en ms).

Para estimar el incremento de la biomasa aérea para cada tipo de bosque se multiplicó el incremento neto anual en volumen (I_v) por la densidad básica de la madera (D) y el factor de expansión de la biomasa (BEF_I). Luego, mediante una relación de biomasa subterránea/biomasa aérea (R), se estimó la biomasa total (Ecuación 2.10 -Niveles 2 y 3-; Capítulo 2; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*), tal como se indica en la Ecuación 40:

Ecuación 39. 3.B.1. Tierras forestales: incremento promedio anual de la biomasa

$$G_{Total} = \sum \{I_V * BCEF_I * (1 + R)\}$$

Fuente: Ecuación 2.10; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- I_V = Incremento anual promedio de los bosques en Chile (m^3 ha^{-1}año^{-1}),
- $BCEF_I$ = Factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual en volumen a crecimiento de biomasa aérea,
- R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea para cada tipo de vegetación.

La reducción anual de existencias de carbono en biomasa, debida a pérdidas, se debe a la cosecha de madera comercial, cosecha leña y pérdida de biomasa y carbono por perturbaciones (principalmente incendios forestales). Para estimar las emisiones de CO_2 por reducción de las existencias de biomasa y carbono se utilizaron las Ecuaciones 2.12, 2.13, y 2.14 (Capítulo 2, Volumen 4 de las *Directrices de IPCC de 2006)* las que se detallan a continuación:

Ecuación 40. 3.B.1. Tierras forestales: pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de bosques

$$L_{remoción-bosques} = \{H \cdot BEF_R \cdot D \cdot (1 + R) \cdot CF\}$$

Fuente: Ecuación 2.12; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $L_{remoción-bosques}$ = Pérdida anual de carbono debida a cosecha de bosques (t C año^{-1}),
- H =Cosecha anual de bosques, rollizo o trozas (m^3 año^{-1}),

- $\mathrm{BEF_R}$ = Factor de expansión de biomasa, para expandir las remociones de madera comercial a volumen total de biomasa aérea incluyendo los componentes no comerciales del árbol,
- D = Densidad básica de la madera (t ms m^{-3}),
- R =Relación entre la biomasa subterránea y la aérea para cada tipo de vegetación,
- CF =Fracción de carbono de la materia seca (t C ms).

En la estimación de pérdida anual de carbono por cosecha de leña se incluye solo la leña de bosque nativo, pues se asume que gran parte de ésta, proviene de la cosecha de árboles vivos. La estimación de pérdida anual de carbono por cosecha de leña de plantaciones forestales se asume que ya está incluida en la cosecha de trozas, dado que la leña de plantaciones forestales proviene de la parte no comercial de la biomasa cosechada. La cosecha de leña incluye dos componentes: la cosecha de árboles vivos y la recogida de madera muerta. Dado que el país cuenta con las estadísticas de consumo de leña sin diferenciar estos dos orígenes, se trabaja sobre la base de que el consumo de leña proviene exclusivamente de la cosecha de árboles vivos. Además, se estiman las pérdidas de biomasa subterránea (Ecuación 41).

Ecuación 41. 3.B.1. Tierras forestales: pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible

$$\boldsymbol{L_{madera-combustible} = \left[\{FG_{árboles} \cdot BEF_R \cdot D \cdot (1+R)\} + FG_{parte} \cdot D\right] \cdot CF}$$

Fuente: Ecuación 2.13; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $\mathrm{L_{madera-combustible}}$ = Pérdida anual de carbono debido a la remoción de madera para combustible (t C $año^{-1}$),
- $\mathrm{FG_{árboles}}$ =Volumen anual de remoción de madera para combustible de árboles enteros (m^3 $año^{-1}$),
- $\mathrm{FG_{parte}}$= Volumen anual de remoción de madera para combustible como parte de árboles (m^3 $año^{-1}$),
- $\mathrm{BEF_R}$ = 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, tanto de plantaciones forestales como de vegetación nativa (Ecuación 42).

Ecuación 42. 3.B.1. Tierras forestales: pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones

$$\boldsymbol{L_{perturbación} = \{A_{perturbación} \cdot B_W \cdot (1+R) \cdot CF \cdot fd\}}$$

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.

El parámetro "fd" define la proporción de biomasa que se pierde de la biomasa total acumulada (depósito de biomasa). En incendios de plantaciones forestales se consideró un "fd" de 0,81 y en incendios de bosque nativo un "fd" de 0,73. Estos parámetros son los mismos utilizados en el INGEI 1990-2010 los cuales provienen de diagramas de flujo elaborados por juicio de expertos (ANEXO 04.07).

En este ítem se utiliza el supuesto del Nivel 1 en que todo el carbono removido de las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea, subterránea y necromasa) se emite en el año de la perturbación.

Tierras convertidas en tierras forestales

Para las *Tierras convertidas en tierras forestales*, la metodología aplicada para estimar emisiones y absorciones de GEI corresponde a la descrita en el Capítulo 2 del Volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006*. Ella permite estimar los cambios anuales en las existencias de carbono para cada uno de los cinco depósitos de carbono reconocidos por el IPCC.

Los cambios de las existencias de carbono de la biomasa se calculan como la suma del incremento de las existencias de carbono debido al crecimiento de biomasa, más los cambios debidos a la diferencia de la biomasa existente antes y después de la conversión, y menos la reducción de existencias debida a pérdidas (Ecuación 43).

Ecuación 43. 3.B.1. Tierras forestales: cambio anual en las existencias de carbono en biomasas en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Nivel 2)

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} - \Delta C_L$$

Fuente: Ecuación 2.15; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- ΔC_B =Cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (t C año^{-1}),
- ΔC_G =Incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido al crecimiento en tierras convertidas (t C año^{-1}),
- $\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, (t ms C año^{-1}),
- ΔC_L =Reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas (t C año^{-1}).

El cambio inicial de las existencias originadas por la conversión, se estimó como la diferencia de la biomasa de la categoría antes y después de la conversión multiplicada por la superficie de tierra convertida (ha) y por la fracción de carbono de materia seca (t ms^{-1}), utilizando la ecuación 2.16; Capítulo 2; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*, correspondiente a la Ecuación 44.

Ecuación 44. 3.B.1. Tierras forestales: cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra

$$\Delta C_{Conversión} = \sum_{i} \left\{ \left(B_{Después} - B_{Antes} \right) * \Delta A_{A_OTRASi} \right\} * CF$$

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 uso (t ms C $año^{-1}$),
- $B_{Después}$ = Existencias de biomasa en el uso de la tierra i inmediatamente después de la conversión (t ms ha^{-1}),
- B_{Antes} = Existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión (t ms ha^{-1}),
- ΔA_{A_OTRASi} = 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 (t C/t- ms), e
- i = Tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Al igual que en la subcategoría anterior, el incremento anual de las existencias de carbono de la biomasa (aérea y subterránea) se estimó aplicando la Ecuación 2.9; Capítulo 2; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006* (Ecuación). Para estimar el incremento de la biomasa aérea por tipo de bosque se multiplicó el incremento neto anual en volumen (I_v) por la densidad básica de la madera (D) y el factor de expansión de la biomasa (BEF_l). Luego, mediante el factor R, se estimó la biomasa total, es decir, la biomasa aérea más la biomasa subterránea.

El cambio anual en las existencias de carbono en necromasa se estimó aplicando la Ecuación 2.23; Capítulo 2; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*, correspondiente a la Ecuación 45 del presente informe.

Ecuación 45. 3.B.1. Tierras forestales: cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \cdot A_{on}}{T_{on}}$$

Fuente: Ecuación 2.23; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- ΔC_{DOM} =Cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta (t C $año^{-1}$),
- C_o =Existencias de madera muerta bajo la categoría anterior de uso de la tierra (t C $año^{-1}$),
- C_n = Existencias de madera muerta bajo la nueva categoría de uso de la tierra (t C $año^{-1}$),
- A_{on} = Superficie convertida a la nueva categoría de uso de la tierra (ha), y
- T_{on} = Lapso de tiempo en el que se produce la transición de la antigua a la nueva categoría de uso de la tierra, años (80 años).

Las pérdidas de carbono de las existencias de madera muerta en la categoría anterior de uso de la tierra se estimaron en esta subcategoría *Tierras convertidas en tierras forestales*, y además se consideran las existencias de madera muerta bajo la nueva categoría de uso de la tierra para el caso de transformación a formaciones boscosa nativas. La madera muerta o necromasa, corresponde a la biomasa muerta en pie y residuos leñosos gruesos, medida por INFOR entre las regiones VII y XII, en el *Inventario Continuo de Bosques Nativos* (INFOR, 2011). Los residuos gruesos, que se midieron a través de transectos, corresponden a ramas y troncos de árboles y arbustos que tienen un diámetro de intersección con el transecto mayor o igual a 10 cm. En esta serie de inventario no se incluyó la hojarasca debido a que aún no se cuenta con información confiable.

Para todas las tierras forestales la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 producto del *Incremento de biomasa* se utilizó un método de Nivel 2, en base a datos paramétricos nacionales y datos estadísticos desagregados regionalmente. Similar metodología se aplicó a la estimación de emisiones y absorciones de CO_2 la *Cosecha* de madera comercial y leña.

Para el cálculo de emisiones y absorciones de CO_2 de incendios forestales se usó una combinación de método de Nivel 1 y Nivel 2, en base a datos paramétricos nacionales y por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* y desagregación regional de los datos estadísticos.

Incendios forestales: Los incendios forestales se contabilizan porque Chile, a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), declara que los incendios forestales en el país tienen un origen antrópico. Se consideran diferentes supuestos, dependiendo del tipo de vegetación incendiada, a saber:

- Si el incendio afecta una plantación forestal se asume que esta será restituida inmediatamente después de terminado el evento, con lo cual, la superficie continuará siendo plantada y la única pérdida es la biomasa quemada (emisión de CO_2) y las emisiones de gases no CO_2, por efecto del fuego, y
- Si el incendio afecta a bosque nativo, esta superficie quedará posteriormente sometida a un proceso de regeneración natural, lo que obliga a contabilizar las emisiones por efecto del fuego y, después, la regeneración de la biomasa aérea por un período de transición hasta que el bosque alcance una condición de estabilidad (para Chile el consenso es considerar un período de 80 años). Se trabaja con la información estadística de incendios forestales desde 1972 en adelante.

Período de transición: para el caso de las plantaciones que se encuentran en transición, se considera un período de 20 años, tal como lo establecen por defecto las *Directrices del IPCC de 2006*. Para el caso del bosque nativo que se encuentra en transición, se considera que la vegetación boscosa alcanza la estabilidad en un período de 80 años. Este período fue determinado por un panel de expertos[27] sobre la base del tiempo que demoran los árboles en alcanzar un diámetro medio cuadrático de 50 centímetros[28] considerando un incremento medio en diámetro de 0,625 cm/año. Este criterio fue utilizado para contabilizar los años que una superficie permanece capturando CO_2 después de una perturbación, incluyendo incendios forestales. Las tierras de otros usos que pasan a tierras forestales-vegetación natural, deben ser consideradas

[27] Panel conformado por los Ingenieros Forestales, señores José Antonio Prado (MINAGRI), Yasna Rojas (INFOR), Carlos Bahamondez (INFOR), Aquiles Neuenschwander (FIA) y Hugo Rivera (CONAF)

[28] La tasa de crecimiento en diámetro para esta actualización se consideró única para todos los tipos forestales, y se prevé como mejora a futuro, contar con tasas diferenciadas por tipo forestal y estado de desarrollo del bosque

como *Tierras en transición a forestales* antes de ser consideradas como *Tierras forestales* propiamente tales, después de los 80 años. Es importante destacar que el período de 80 años, como transición a bosque nativo, incluyó solo los años con datos estadísticos disponibles (desde 1990 en adelante), lo que explica la tendencia creciente de las absorciones anuales; esto también es válido para las plantaciones forestales.

Bosque de segundo crecimiento (renovales): los renovales son bosques que se consideran en la contabilidad del inventario pues son bosques que surgieron de perturbaciones, como incendios forestales en bosques primarios. Se consideran en la contabilidad hasta alcanzar los 80 años o en forma equivalente, los 50 cm de diámetro medio cuadrático.

Bosque nativo bajo manejo: El Sistema de Actualización y Fiscalización Forestal (SAFF) de CONAF entrega datos de superficie de bosque nativo manejado por año, sin ubicación espacial, lo que imposibilita discriminar si se trata de un mismo rodal intervenido en distintos años; debido a esto y para no sobreestimar la superficie de manejo, se estableció un intervalo de 10 años, que corresponde a un período medio entre dos intervenciones consecutivas de manejo en un mismo rodal. Una excepción a esta regla del intervalo de 10 años la constituyen los renovales de bosque nativo, ya que estos bosques al momento de ser manejados dejan de contabilizar absorciones por su condición de renoval y pasan a ser considerados bajo bosque nativo manejado y contabilizan la absorción de CO_2 hasta alcanzar los 50 cm de DMC. Dado que CONAF tiene información acerca de los planes de manejo aprobados cada año, pero no cuenta con la información acerca de los planes efectivamente ejecutados, se asumió que "plan aprobado es plan ejecutado el mismo año de su aprobación", haciendo un símil con la cosecha forestal, en el sentido que todo lo cosechado es emitido el año de la cosecha.

5.3.6.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Tierras forestales que permanecen como tales

Datos de actividad estadísticos

En general se realizó una revisión exhaustiva de los datos de actividad estadísticos colectados para la construcción de la serie 1990-2010 y se colectaron nuevos datos de actividad considerando la serie 1990-2013.

Superficie de plantaciones forestales: la información de superficie de plantaciones se origina en el Programa de Actualización Permanente de Plantaciones Forestales de INFOR y da cuenta de la superficie de plantaciones que está creciendo en el país (Tabla 219).

Tabla 219. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de plantaciones forestales por especie, serie 1990-2013

Año	Pino Radiata	Eucaliptus globulus	Eucaliptus nitens	Tamarugo/Algarrobo	Pino Oregón	Álamo	Otras especies	TOTAL
1990	1.243.293	101.700	-	23.801	11.343	3.526	38.989	1.422.652
1991	1.305.325	130.915	-	23.801	11.731	3.660	39.160	1.514.592
1992	1.312.812	171.520	-	23.801	12.135	3.718	39.160	1.563.146
1993	1.360.918	206.711	-	23.814	12.090	3.798	41.580	1.648.911
1994	1.375.886	238.312	-	23.860	12.379	3.798	46.056	1.700.291
1995	1.379.746	302.248	-	23.862	12.477	3.842	47.736	1.769.911
1996	1.387.041	308.762	-	23.880	12.477	4.055	50.454	1.786.669
1997	1.420.015	317.211	-	23.951	12.620	4.115	54.693	1.832.605
1998	1.437.520	330.952	-	24.057	13.225	4.287	55.481	1.865.522

Año	Pino Radiata	Eucaliptus globulus	Eucaliptus nitens	Tamarugo/Algarrobo	Pino Oregón	Álamo	Otras especies	TOTAL
1999	1.458.320	342.415	-	24.113	13.942	4.298	58.413	1.901.501
2000	1.474.773	358.616	-	24.165	14.286	4.151	60.216	1.936.207
2001	1.497.340	376.786	-	24.263	14.184	4.077	67.071	1.983.721
2002	1.513.004	387.975	-	24.422	14.922	3.942	73.200	2.017.465
2003	1.446.414	436.706	-	24.539	15.627	5.084	60.445	1.988.815
2004	1.408.430	489.602	-	25.254	16.460	6.009	74.392	2.020.147
2005	1.424.569	525.057	-	25.999	16.769	5.983	78.434	2.076.811
2006	1.438.383	585.078	-	26.415	17.054	6.173	66.704	2.139.807
2007	1.461.212	478.569	160.342	25.799	16.075	6.395	92.091	2.240.483
2008	1.457.224	471.743	167.900	25.878	16.677	6.278	95.364	2.241.064
2009	1.478.369	496.259	184.664	25.891	16.867	5.826	96.953	2.304.828
2010	1.471.806	500.428	196.966	25.873	16.867	6.097	93.419	2.311.455
2011	1.480.803	525.288	216.830	25.873	16.805	6.309	92.519	2.364.427
2012	1.470.665	543.618	232.138	25.873	15.993	7.476	87.613	2.383.376
2013	1.469.718	565.571	246.719	25.873	16.245	6.116	86.379	2.416.621

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Plantaciones forestales para *Tierras forestales que permanecen como tales*: son plantaciones establecidas antes de 1990 y plantaciones plantadas después de 1990 y que ya han pasado los 20 años como período de transición producto de la conversión desde otros usos del suelo (Tabla 220).

Tabla 220. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de plantaciones forestales por especie (descontando las tierras en transición), serie 1990-2013

Año	Pinus radiata	Eucaliptus globulus	P. chilensis/P. tamarugo	P. menziesii	Populus spp	Otras especies	TOTAL
1990	1.191.641	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.350.838
1991	1.191.519	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.350.716
1992	1.179.634	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.338.831
1993	1.179.634	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.338.831
1994	1.179.634	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.338.831
1995	1.172.548	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.331.745
1996	1.172.548	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.331.745
1997	1.171.560	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.330.757
1998	1.171.535	84.433	23.801	11.124	3.475	36.364	1.330.732
1999	1.171.535	84.433	23.801	11.113	3.475	36.364	1.330.721
2000	1.171.535	84.433	23.801	11.036	3.475	36.364	1.330.644
2001	1.171.535	84.433	23.801	10.954	3.438	36.364	1.330.525
2002	1.171.535	84.433	23.801	10.877	3.381	36.364	1.330.391
2003	1.171.428	84.433	23.801	10.877	3.355	29.929	1.323.824
2004	1.167.777	84.433	23.801	10.877	3.239	29.929	1.320.057
2005	1.167.744	84.433	23.801	10.877	3.239	29.035	1.319.130
2006	1.166.280	84.433	23.801	10.877	3.246	26.543	1.315.181
2007	1.166.668	84.433	23.794	10.877	3.235	26.977	1.315.984
2008	1.165.835	84.433	23.794	10.877	3.234	26.566	1.314.739
2009	1.165.703	84.433	23.794	10.877	3.234	26.503	1.314.544
2010	1.164.947	84.433	23.794	10.877	3.234	25.464	1.312.749
2011	1.216.296	104.358	23.794	11.085	3.285	27.723	1.386.541
2012	1.254.368	133.573	23.794	11.326	3.417	27.846	1.454.324
2013	1.244.387	174.178	23.794	11.585	3.474	27.855	1.485.273

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Plantaciones forestales para *Tierras convertidas en plantaciones forestales*: plantaciones establecidas a partir del año 1990 y que tienen menos de 20 años y que se encuentran en transición a tierras forestales.

Bosque nativo que se convierte a plantaciones forestales (sustitución de bosque nativo): esto no significa un cambio de uso de la tierra, pero si un cambio desde un bosque no gestionado (bosque

nativo) a un bosque bajo gestión, lo que significa un cambio importante en los depósitos de carbono, que es necesario contabilizar individualizando estos cálculos.

Superficie de bosques de segundo crecimiento (Renovales): Estos datos estadísticos son generados por INFOR a partir de la información proporcionada por CONAF. En base a la información de variables de estado del *Inventario Continuo de Bosque Nativo* y de las superficies clasificadas como *Renovales* y *Bosque adulto renoval* del *Catastro de usos Vegetacionales* de CONAF, se aplica una regla simple de transición de estado, basada en el incremento periódico anual en área basal. A partir de esta proyección de crecimiento, las superficies así clasificadas en el Catastro pasaron a constituir automáticamente bosques adultos, al alcanzar o superar un diámetro medio cuadrático de 50 cm. Además, se excluyó la superficie de renovales que estuviera sometida a manejo forestal, ya que está considerada en las estadísticas de bosque nativo manejado y así se evita una doble contabilidad de carbono. El cálculo y clasificación está supeditado a la disponibilidad de datos de parcelas permanentes del *Inventario Continuo de Bosque Nativo* de INFOR. En zonas sin información, donde no es posible realizar una proyección, se mantuvieron los datos provenientes de las últimas actualizaciones de Catastro, sin hacer crecer el bosque. La Tabla 221 presenta la superficie de renovales.

Tabla 221. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de renovales por tipo (renoval y adulto renoval), serie 1990-2013

Año	Renovales	Adulto renoval	TOTAL
1990	3.306.864	898.674	4.205.538
1991	3.290.126	898.191	4.188.317
1992	3.271.821	897.253	4.169.074
1993	3.259.256	896.793	4.156.049
1994	3.242.419	896.264	4.138.683
1995	3.230.152	895.782	4.125.934
1996	3.217.758	894.844	4.112.602
1997	3.204.671	893.622	4.098.293
1998	3.189.747	892.307	4.082.054
1999	3.172.315	891.813	4.064.128
2000	3.155.911	891.217	4.047.128
2001	3.143.014	890.527	4.033.541
2002	3.130.077	889.976	4.020.053
2003	3.119.568	889.419	4.008.987
2004	3.111.862	888.878	4.000.740
2005	3.100.013	888.208	3.988.221
2006	3.087.126	887.653	3.974.779
2007	3.077.201	887.129	3.964.330
2008	3.067.536	886.523	3.954.059
2009	3.057.245	885.760	3.943.005
2010	3.042.719	884.799	3.927.518
2011	3.023.486	883.688	3.907.174
2012	3.000.563	882.499	3.883.062
2013	2.975.625	881.024	3.856.649

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Superficie de bosque nativo manejado: el Sistema de Actualización y Fiscalización Forestal (SAFF), de CONAF, entrega la información de superficie de bosque nativo manejada anualmente, desagregada por tipo forestal, tipo de manejo y región administrativa. Los diferentes manejos ejecutados en bosque nativo se realizan en diferentes fases del desarrollo de un bosque (Tabla 222); como ejemplo, cortas finales o de regeneración generan una nueva cohorte y, por lo tanto, el crecimiento corresponde a una fase de regeneración y establecimiento del rodal (fase 1), las cortas intermedias o raleos se realizan en una fase de desarrollo de bosque latizal-fustal (fase 2) y

actividades tales como anillamiento y cortas preparatorias se realizan en una fase de desarrollo de bosque adulto (fase 3). Dado que estas diferentes fases del desarrollo de un bosque presentan crecimientos diferentes, es importante agrupar los tipos de manejo en las tres fases mencionadas. La Tabla 223 presenta las superficies (ha) de bosque nativo manejado por fase.

Tabla 222. 3.B.1. Tierras forestales: tipos de manejos asignados a cada fase

Fases	Tipo de manejo
Fase 1	Clareos, eliminación de especies vegetales exóticas invasoras, corta bosque quemado, corta de liberación, corta de limpieza, corta de mejoramiento, corta de recuperación, corta final, corta por artículo 19, corta preparatoria, corta de regeneración, descepado, enriquecimiento ecológico, estimulación de la regeneración, plantación suplementaria, raleo a desecho, reforestación, revegetación, siembra directa.
Fase 2	Corta intermedia, corta sanitaria, poda, poda baja, poda con fines no madereros, poda de formación, raleo, raleo con fines no madereros, raleo latizal, raleo fustal, raleo productivo.
Fase 3	Anillamiento, corta preparatoria.

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Tabla 223. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de bosque nativo manejado por fase, serie 1990-2013

Año	Fase 1	Fase 2	Fase 3	TOTAL
1990	720.966	157.974	0	878.940
1991	762.907	167.054	0	929.961
1992	792.081	171.586	0	963.666
1993	776.977	170.303	0	947.280
1994	778.773	133.082	0	911.855
1995	779.471	137.658	0	917.130
1996	786.172	141.919	0	928.091
1997	787.476	145.719	0	933.195
1998	789.257	147.558	0	936.816
1999	773.250	163.976	0	937.226
2000	752.844	179.117	0	931.961
2001	726.673	190.767	0	917.440
2002	678.122	202.237	0	880.359
2003	631.298	211.060	0	842.358
2004	573.751	217.114	0	790.865
2005	507.175	227.082	0	734.257
2006	446.894	238.070	0	684.964
2007	391.953	245.927	0	637.879
2008	332.232	253.373	0	585.606
2009	278.011	260.958	0	538.968
2010	234.005	271.481	29	505.515
2011	196.374	286.517	778	483.669
2012	170.159	304.927	1.017	476.103
2013	161.892	325.682	1.669	489.242

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Superficies de sustitución y restitución: A partir de las matrices de cambio de uso de la tierra de las actualizaciones regionales del Catastro (CONAF), se estiman las superficies de tierras restituidas a tierras forestales nativas y sustituidas a plantaciones forestales. Estas superficies se consideran en el cálculo de emisiones anuales producto de la conversión de tierras.

En la Tabla 224 se muestran distintas tasas de sustitución, esto se explica dado que las tasas se modifican a medida que se actualiza el *Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile.* Las actualizaciones se realizan regionalmente y por periodos de tiempo, de esta manera se modifica la tasa a partir del 2002, producto de la actualización de las regiones Valparaíso, Metropolitana de Santiago. La nueva tasa del 2006 se afecta por la incorporación de la región del Libertador Bernardo O'Higgins. La tasa del 2007 se vuele a afectar la tasa por incorporación de las

actualizaciones de los Ríos y Los Lagos. A partir del 2008 se modifica nuevamente la tasa por la incorporación de la actualización de la Región de La Araucanía.

Tabla 224. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) restituida y convertida a tierras forestales nativas, serie 1990-2013

Año	Restitución	Sustitución
1991	586,1	7.868,0
1992	586,1	7.868,0
1993	586,1	7.868,0
1994	586,1	7.868,0
1995	586,1	7.868,0
1996	586,1	7.868,0
1997	586,1	7.868,0
1998	586,1	7.868,0
1999	586,1	7.868,0
2000	586,1	7.868,0
2001	586,1	7.868,0
2002	586,1	7.769,8
2003	586,1	7.769,8
2004	586,1	7.769,8
2005	586,1	7.769,8
2006	586,1	7.787,3
2007	570,2	5.737,2
2008	510,8	4.420,5
2009	510,8	4.420,5
2010	510,8	4.420,5
2011	510,8	4.420,5
2012	510,8	4.420,5
2013	510,8	4.420,5

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

En el caso de la restitución a bosque nativo, se considera la absorción de carbono, para el intervalo de 80 años, hasta que el bosque nativo alcance una condición de bosque estable. Los datos solo corresponden a 24 años de observación (entre 1990 y 2013), no pudiendo completarse el período por carencia de datos de actividad para años anteriores a 1990, con lo cual se muestra una tendencia incremental aparente de absorciones, pues se parte del año 1990.

Tierras sustituidas, acumulación 20 años: para la determinación de la superficie de plantaciones que proviene de la sustitución de bosque nativo que acumula absorción por un período de 20 años, se utiliza como base de cálculo la superficie de plantaciones que determina INFOR, que da cuenta de la superficie de plantaciones que efectivamente está creciendo en terreno. La Tabla 225 muestra la superficie en transición de plantaciones forestales donde se cuenta con la información de superficie sustituida a partir de 1990 encontrándose en transición por un período de 20 años.

Tabla 225. 3.B.1. Tierras forestales: superficie (ha) de tierras en transición a plantaciones forestales desde bosque nativo, serie 1990-2013

Año	Bosque nativo Sustituido plantaciones Superficie acumulativa por 20 años (ha)
1990	6.567
1991	17.127
1992	22.855
1993	30.960
1994	38.350
1995	46.378
1996	48.661
1997	56.516

Año	Bosque nativo Sustituido plantaciones Superficie acumulativa por 20 años (ha)
1998	60.832
1999	62.370
2000	66.708
2001	72.192
2002	75.059
2003	72.738
2004	79.011
2005	85.285
2006	91.436
2007	81.418
2008	67.517
2009	72.069
2010	73.523
2011	74.047
2012	69.808
2013	70.884

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Cosecha de madera comercial: el dato estadístico principal es el volumen de cosecha comercial de trozas, dato generado por INFOR (Tabla 226). Los datos paramétricos usados son factores de expansión de biomasa comercial a biomasa total aérea (generado por Gayoso, 2002), relación entre biomasa subterránea y aérea (Gayoso *et al*., 2002) y densidad básica de la madera.

Tabla 226. 3.B.1. Tierras forestales: volumen (m^3) de trozas cosechadas por especies, serie 1990-2013

Año	Pino Radiata	Eucaliptus	Otras exóticas	Nativas	TOTAL
1990	10.717.700	1.540.646	151.746	3.205.389	15.615.481
1991	11.374.000	1.992.074	196.209	4.144.606	17.706.889
1992	14.007.100	1.554.779	153.138	3.234.793	18.949.809
1993	14.625.900	1.647.393	162.260	3.427.480	19.863.033
1994	15.937.155	1.540.646	151.746	3.205.389	20.834.936
1995	18.547.712	2.213.830	152.008	3.967.051	24.880.601
1996	17.995.147	1.799.342	125.633	3.017.734	22.937.856
1997	18.369.055	2.024.832	163.617	3.048.684	23.606.188
1998	16.409.246	2.368.021	126.281	2.411.667	21.315.215
1999	17.739.233	3.306.253	179.639	1.953.069	23.178.194
2000	18.806.305	3.987.230	166.910	1.476.334	24.436.779
2001	20.384.589	3.974.634	181.132	1.141.578	25.681.933
2002	20.187.848	4.388.691	160.537	753.762	25.490.838
2003	22.087.541	4.596.081	161.596	645.826	27.491.044
2004	25.801.564	5.341.205	231.474	623.721	31.997.964
2005	25.729.117	5.949.735	332.417	649.075	32.660.344
2006	25.534.542	6.769.509	378.737	535.631	33.218.419
2007	27.494.970	10.057.721	347.322	515.523	38.415.536
2008	26.952.552	12.055.145	346.517	514.865	39.869.079
2009	24.752.883	10.909.933	327.391	410.777	36.400.984
2010	22.888.931	10.879.641	366.453	424.590	34.559.615
2011	26.211.679	12.209.189	369.184	366.232	39.156.284
2012	26.420.779	11.826.355	493.923	334.189	39.075.246
2013	28.864.608	11.447.515	412.826	315.341	41.040.290

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Cosecha de leña: el dato estadístico principal es el volumen de cosecha de leña, dato generado por INFOR y MINENERGIA en su Balance Nacional de Energía (BNE). En los años 2012 y 2013 el BNE que elabora el Ministerio de Energía dejó de registrar la cifra de leña y derivados, registrando solo un valor de biomasa, sin identificar lo que corresponde a leña. Por esta razón se completó este vacío de información, extrapolando para los años 2012 y 2013 considerando los datos de consumo

de leña desde el año 2000 y hasta el año 2011 (Tabla 227). Los datos paramétricos usados son factores de expansión de biomasa comercial a biomasa total aérea (generado por Gayoso, 2002), relación entre biomasa subterránea y aérea (Gayoso *et al*., 2002) y densidad básica de la madera.

Tabla 227. 3.B.1. Tierras forestales: volumen (m^3) de trozas cosechadas de leña (nativas y otras especies), serie 1990-2013

Año	Otras especies	Nativas	Total
1990	2.806.746	4.779.054	7.585.800
1991	3.138.710	5.344.290	8.483.000
1992	3.481.404	5.927.796	9.409.200
1993	3.226.955	5.494.545	8.721.500
1994	3.384.649	5.763.051	9.147.700
1995	3.619.118	6.162.282	9.781.400
1996	3.879.820	6.606.180	10.486.000
1997	3.862.467	6.576.633	10.439.100
1998	4.146.072	7.059.528	11.205.600
1999	4.296.736	7.316.064	11.612.800
2000	4.488.359	7.642.341	12.130.700
2001	4.479.516	7.627.284	12.106.800
2002	4.551.148	7.749.252	12.300.400
2003	4.307.170	7.333.830	11.641.000
2004	4.548.558	7.744.842	12.293.400
2005	4.851.551	8.260.749	13.112.300
2006	4.990.560	8.497.440	13.488.000
2007	5.258.292	8.953.308	14.211.600
2008	5.394.896	9.185.904	14.580.800
2009	5.410.029	9.211.671	14.621.700
2010	4.682.239	7.972.461	12.654.700
2011	5.919.260	10.078.740	15.998.000
2012*	5.616.378	9.563.022	15.179.400
2013*	5.725.824	9.749.376	15.475.200

Nota: Las cifras de consumo de leña (en miles de toneladas), del Balance de Energía (CNE), han sido transformadas a miles de m3, según antecedentes aportados por el estudio de INFOR (1992a), el cual indica que la proporción de leña en el total "leña y sus derivados" es de un 73,7 %.

* Proyección de consumo de leña para los años 2012 y 2013

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Incendios forestales: el dato estadístico principal es la superficie anual de incendios de bosque nativo y de plantaciones forestales (CONAF-Empresas 1985-2015[29]) (Tabla 228). Los datos paramétricos usados son el volumen acumulado para bosque nativo, por región (INFOR y MMA), el volumen acumulado por especie de plantaciones forestales (INFOR y MMA), factores de expansión de biomasa comercial a biomasa total aérea (Gayoso, 2002) y relación (R) entre biomasa subterránea (raíces) con biomasa aérea (Gayoso *et al*., 2002). También es necesaria la densidad básica de la madera. Es importante recordar que después de una perturbación, solo en 80 años el bosque nativo alcanza una condición de estabilidad. Por este motivo, el bosque nativo que regenera y crece después de incendios de vegetación nativa, acumula biomasa y carbono durante 80 años. Las estadísticas más antiguas de incendios forestales corresponden a 1972; por lo tanto, la superficie total afectada por incendios es la suma desde 1972 al año inventariado.

[29] Recuperado de http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-Chile/estadisticas-historicas/

Tabla 228. 3.B.1. Tierras forestales: superficie anual afectada por incendios (ha) por tipo de bosque, serie 1990-2013

Año	Bosque nativo	Plantaciones forestales	TOTAL
1990	4.907	2.402	7.308
1991	7.674	5.901	13.575
1992	1.941	1.866	3.807
1993	5.913	10.430	16.343
1994	11.520	9.532	21.052
1995	2.354	5.237	7.591
1996	12.583	6.501	19.084
1997	5.555	14.595	20.150
1998	61.181	2.966	64.147
1999	14.399	36.499	50.898
2000	1.148	3.088	4.235
2001	688	1.595	2.282
2002	31.282	22.242	53.524
2003	4.749	6.002	10.751
2004	6.097	10.806	16.903
2005	8.952	7.470	16.422
2006	2.241	1.801	4.042
2007	2.409	25.041	27.449
2008	8.683	8.515	17.198
2009	10.950	21.668	32.618
2010	9.735	15.598	25.333
2011	7.988	10.745	18.733
2012	9.389	32.461	41.849
2013	1.649	2.960	4.609

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Datos de actividad paramétricos

En general se realizó una revisión exhaustiva de los datos de actividad paramétricos colectados para la construcción de la serie 1990-2010 y se colectaron nuevos datos de actividad considerando la serie 1990-2013.

Crecimiento en volumen de plantaciones forestales: Los crecimientos anuales de volumen comercial de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* utilizados, provienen del *Estudio de la disponibilidad de madera de plantaciones de pino insigne y* eucalipto. Periodo 2010-2040 desarrollado por INFOR; los valores son presentados en la Tabla 229.

Tabla 229. 3.B.1. Tierras forestales: incremento medio anual (IMA) en volumen comercial de Pinus radiata, Eucalyptus globulus y Eucalyptus nitens

Región	$IMAm^3$ $(ha\text{-}año)^{-1}$ Actualización 1990-2013		
	Pinus radiata	*Eucalyptus globulus*	*Eucalyptus nitens*
V	10,0	12,3	
RM	10,0	12,2	
VI	10,3	12,8	12,4
VII	17,6	19,0	24,9
VIII	20,7	24,0	33,0
IX	20,9	21,3	32,4
XIV	18,5	21,8	38,9
X	19,3	22,7	41,0

Fuente: INFOR (2013: 2005b; 2007a)

Para el resto de las especies, se utilizaron las tasas de incremento de distintas fuentes bibliográficas según se detalla en la Tabla 230.

Tabla 230. 3.B.1. Tierras forestales: incremento Medio Anual (IMA) en volumen comercial (m^3 ha^{-1} $año^{-1}$) de plantaciones forestales

Especie/Región	IMAm³ (ha-año)⁻¹														
	XV	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
Pinus radiata						10,0	10,0	10,3	17,6	20,7	20,9	18,5	19,3		
Eucalyptus globulus	8,1	8,1		8,1	11,3	12,3	12,2	12,8	19,0	24,0	21,3	21,8	22,7		
Eucalyptus nitens								12,4	24,9	33,0	32,4	38,9	41,0		
Prosopis tamarugo; *Prosopis chilensis*	2,3	2,3	2,3	2,3	3,8	3,8	3,8								
Pseudotsuga menziesii									14,0	14,0	16,0	16,0	16,0	8,8	
Populus spp.					25,5		25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	
Otras especies	3,6	3,6	3,6	3,6	5,5	7,3	7,3	9,1	10,9	12,7	12,7	14,5	14,5	18,2	9,1

Fuente: INFOR (2005b); INFOR (2007a); INGEI 1984/2006 (MMA, 2011); Ulloa (1995); Schulz (1995)

Las plantaciones de *Atriplex spp.* se excluyen de las tierras forestales, por tratarse de una especie arbustiva forrajera; esta superficie es contabilizada tanto en *Pastizales que permanecen como tales* como en *Tierras de cultivo que permanecen como tales*; la inclusión en la segunda se hizo para estimar la cantidad de residuos generados anualmente.

Crecimiento en volumen de bosque nativo: se realizó una revisión de los datos paramétricos utilizados en la serie de INGEI 1990-2010 y una revisión bibliográfica para buscar nueva información. Se mantienen los datos de volumen acumulado (existencias) y crecimientos de bosque nativo, los que provienen del Informe *Recursos Forestales de Chile* (INFOR, 2011). Los datos de crecimiento corresponden al incremento periódico anual medio (IPA, m^3 $(ha\text{-}año)^{-1}$), por tipo forestal, y corresponden a datos de parcelas permanentes, entre las regiones VII y XII, del Inventario Forestal Continuo del INFOR. A partir de estos datos se calculó el IPA ponderado desde la VI a la XII Región, de acuerdo a la superficie por tipo forestal para cada año, entre 1990 y 2013.

Los valores de IPA en bosque nativo provienen de la medición de parcelas de muestreo y corresponden a una media de los últimos 10 años de desarrollo del bosque. Así, el valor asociado a bosque nativo, para cada tipo forestal, corresponde a la media de varias parcelas de muestreo de un mismo tipo forestal. Usar el IPA en bosque nativo obedece a que resulta menos incierto que el incremento medio anual (IMA), el cual, aparte de requerir la edad, supone que se conoce la historia del bosque, lo cual es raro en bosque nativo.

Los valores de incremento periódico para los bosques de segundo crecimiento se presentan en la Tabla 231, diferenciados por estructura renoval y adulto-renoval. A partir de estos datos, se calculó el IPA ponderado desde la VI a la XII Región, de acuerdo a la superficie por tipo forestal para cada año, entre 1990 y 2013.

Tabla 231. 3.B.1. Tierras forestales: incremento periódico anual (IPA) por tipo forestal

Tipo forestal	IPA m^3 $(ha\text{-}año)^{-1}$	
	Renoval	Adulto-Renoval
Alerce[1]	0,45	0,45
Ciprés de las Guaitecas	3,9	3,9
Araucaria[2]	4,6	4,6
Ciprés de la Cordillera	4,7	3,9
Lenga	6,0	5,2
Coigüe de Magallanes	6,1	4,6
Roble-Hualo	4,6	3,0
Roble-Raulí-Coigüe	6,1	5,0
Coigüe-Raulí-Tepa	5,1	4,0
Esclerófilo	2,2	1,9

Tipo forestal	IPA m^3 $(ha\text{-}año)^{-1}$	
	Renoval	Adulto-Renoval
Siempreverde	5,8	3,2

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI a partir de base de datos de parcelas permanentes (Proyecto Inventario Continuo de Bosque Nativo y Actualización de Plantaciones Forestales de INFOR).
[1] Elaboración propia, a partir de INFOR (2007b).
[2] Mujica (2003).

Para el caso del bosque nativo manejado, los incrementos anuales se determinaron para las regiones del Maule a Magallanes según la base de datos de las parcelas del *Inventario Forestal Continuo* de INFOR, donde la información de crecimiento se genera directamente de muestras de tarugo de incremento que se recogen en terreno.

Para asignar el incremento del bosque nativo, se separaron las actividades de manejo en tres períodos de crecimiento del bosque: una etapa de regeneración y establecimiento del rodal representado por diámetros medios cuadráticos de hasta 20 cm (Fase 1), una etapa de desarrollo de bosque latizal-fustal para diámetros medios cuadráticos entre 20-40 cm (Fase 2) y, por último, una fase de desarrollo de bosque adulto con diámetro medio cuadrático superior a 40 cm (Fase 3). Los datos de incremento periódico anual para el bosque nativo manejado se presentan en la Tabla 232.

Tabla 232. 3.B.1. Tierras forestales: incremento periódico anual por tipo forestal y fase de crecimiento para bosque nativo bajo gestión

Tipo Forestal	IPA m^3/ha/año		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Alerce	0,45		
Ciprés de la Cordillera	2,7	4,7	3,9
Lenga	3,8	6,0	5,2
Coihue de Magallanes	3,7	6,1	4,6
Roble-Hualo	3,5	4,6	3,0
Roble-Raulí-Coihue	3,1	6,1	5,0
Coihue-Raulí-Tepa	1,8	5,1	4,0
Esclerófilo	1,6	2,2	1,9
Siempreverde	3,2	5,8	3,2

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Debido a que aún no se cuenta con la información de crecimiento para el bosque nativo comprendido entre las regiones de Arica y Parinacota y Región Metropolitana, se utilizan los datos de crecimiento empleados para elaborar la serie 1984-2006 de inventarios sectoriales; estos datos fueron determinados por juicio de experto[30], en base a un informe FIA (2001) de volumen y superficie de bosque nativo por región (ISGEI-2011). En este caso se consideró el valor IMA regional, que se presenta en la Tabla 233.

Tabla 233. 3.B.1. Tierras forestales: incremento Medio Anual (IMA) de bosque nativo a nivel regional

Región	IMA m^3 $(ha\text{-}año)^{-1}$
Arica y Parinacota XV	0,17
Tarapacá I	0,17
Antofagasta II	0,17
Atacama III	0,17
Coquimbo IV	0,17

[30] Análisis efectuado por Aquiles Neuenschwander (Ing. Forestal)

Región	IMA m^3 (ha-año)$^{-1}$
Valparaíso V	0,34
Metropolitana RM	0,35

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Existencias forestales: los datos de volumen medio acumulado (existencias) a nivel regional, entre las regiones de Coquimbo y Magallanes son presentados en la Tabla 234 y provienen de los datos del *Inventario Forestal Continuo* de INFOR. Entre las regiones de Arica y Parinacota y Atacama y III, se utilizaron los datos de biomasa acumulada presentada en inventarios anteriores (MMA, 2011).

Tabla 234. 3.B.1. Tierras forestales: existencias promedio de volumen comercial de bosque nativo por hectárea a la edad de rotación (m^3 ha^{-1})

Región	Existencias (m^3ha^{-1})
Arica y Parinacota XV *	5,2
Tarapacá I *	5,2
Antofagasta II *	5,2
Atacama III *	5,2
Coquimbo IV	28,8
Valparaíso V	21,2
Metropolitana RM	30,4
O´Higgins VI	36,4
Maule VII	92,5
Biobío VIII	172,6
Araucanía IX	299,7
Los Ríos XIV	378,2
Los Lagos X	311,5
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo XI	266,3
Magallanes y Antártica Chilena XII	251,5

Fuente: * INGEI 1984/2006 (MMA, 2011, INFOR (2011d).

Las existencias en volumen, de las especies exóticas se calcularon multiplicando el crecimiento por la duración media de la rotación por especie. En la Tabla 235 se presenta la duración de la rotación por especie y en la Tabla 236 se presentan las existencias de las plantaciones forestales por especie y región.

Tabla 235. 3.B.1. Tierras forestales: duración de la rotación forestal por especie

Especie	Rotación (años)
Pinus radiata	20
Eucalyptus globulus	11
Eucalyptus nitens	13
Prosopis chilensis; Prosopis tamarugo	60
Pseudotsuga menziesii	35
Populus spp.	15
Otras especies	35

Fuente: INGEI 1984-2006 (MMA, 2011).

Tabla 236. 3.B.1. Tierras forestales: volumen promedio comercial al momento de la cosecha de plantaciones forestales (m^3ha^{-1})

Especie/Región	Existencia (m^3 ha^{-1})														
	XV	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
P. radiata						200,3	200,3	206,7	351,0	413,2	417,3	369,5	385,2		
E. globulus	88,7	88,7		88,7	124,2	135,1	134,3	140,4	209,3	233,8	233,8	239,6	249,5		
E. nitens								161,8	323,7	421,3	421,3	505,8	532,5		
Prosopis tamarugo; P.	135,0	135,0	135,0	135,0	225,0	225,0	225,0								

Especie/Región	Existencia ($m^3 ha^{-1}$)														
	XV	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
chilensis															
Pseudotsuga menziesii									490,0	560,0	560,0	560,0	560,0	306,3	
Populus sp.					383,2		383,2	383,2	383,2	383,2	383,2	383,2	383,2	383,2	
Otras especies (1)	127,3	127,3	127,3	127,3	190,9	254,5	254,5	318,2	381,8	445,5	445,5	509,1	509,1	636,4	318,2

Nota: En la XI Región, otras especies corresponden principalmente a *Pinus ponderosa* y *Pinus contorta*
Fuente: INFOR ((2005b); INFOR ((2007); INGEI 1984/2006 (MMA, 2011)

Densidad básica: para obtener valores de biomasa expresados en toneladas (t) se requiere contar con valores de densidad básica de la madera, variable que expresa el peso seco o anhidro presente en un volumen dado cuando se encuentra verde, con un contenido de humedad igual o mayor al punto de saturación de las fibras (equivalente al 30 %). Para este ejercicio se revisó la base usada en la última actualización, que corresponde a una revisión bibliográfica de densidades básicas de las especies forestales exóticas existentes en Chile y esta no sufrió modificaciones. Con estos datos se determinó el valor promedio de densidad básica por especie ($t\ m^{-3}$), y su desviación estándar, lo que se muestra en la Tabla 237.

Tabla 237. 3.B.1. Tierras forestales: densidad básica de madera (promedio y desviación estándar) por especie forestal exótica.

Especie	Densidad básica ($t\ m^{-3}$)	Desviación Estándar
Pinus radiata	0,39	0,04
Eucalyptus globulus	0,53	0,07
Eucalyptus nitens	0,45	0,03
Prosopis chilensis/P. tamarugo	0,79	0,11
Pseudotsuga menziesii	0,36	0,03
Populus spp.	0,30	0,03
Especies nativas	0,50	0,11

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU a partir de datos de: Davel et al (2005); Gayoso (2002); Gorrini et al. (2004); Kininmonth & Whitehouse (1991); Hernández y Pinilla (2010); INFOR-CORFO (1986); Jovanovski et al. (2005); Loewe et al. (2007); Melo et al. (1981); Peredo (2000); Pérez (1982; 1983); Poblete (2002); Prado et al. (1989); Rojas et al. (1993); Rozas ((2002); Rozas et al. (2005); Torricelli & Torricelli (1942); Gayoso (2012).

Factores de expansión: para expandir el volumen comercial de los árboles al volumen total de la biomasa aérea se utilizaron factores de expansión de biomasa comercial arbórea determinados en el proyecto FONDEF *"Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial, en el informe técnico Inventario de biomasa y contabilidad de carbono"* (Gayoso, 2002), los que se muestran en la Tabla 238.

Tabla 238. 3.B.1. Tierras forestales: factores de expansión de biomasa comercial arbórea

Especie	Factor de expansión
Pinus radiata	1,56
Eucalyptus spp.	1,77
Pseudotsuga menziesii	1,59
Otras especies	1,64[1]
Bosque nativo	1,75
Leña	1,28[2]

[1] El valor para "Otras especies" corresponde al promedio de *P. radiata*, *Eucalyptus* y *P. menziesii*.
[2] Calculado para la suma del fuste más la corteza de especies nativas (Gayoso et al., 2002).
Fuente: Equipo Técnico AFOLU a partir de Gayoso (2002).

Debido a que la leña incluye la corteza, se calculó el factor de expansión considerando la proporción del fuste comercial más la corteza. Este factor se calculó a partir de datos del estudio *"Contenido de Carbono y funciones de Biomasa en Especies Nativas y Exóticas"* de Gayoso et al. (2002).

Relación entre biomasa subterránea (raíces) con biomasa aérea (R): datos paramétricos para estimar la biomasa de raíces, los factores R correspondientes a la relación de la biomasa subterránea viva (raíces) con la biomasa aérea viva, la cual fluctuó entre 0,22 y 0,29, como indica la Tabla 239. Estos datos provienen de Gayoso *et al*. (2002), al igual que los factores de expansión de biomasa comercial arbórea.

Los valores determinados para estas especies están dentro del rango de valores citados por el IPCC para bosque templados (entre 0,20 y 0,46, según Cuadro 4.4; Capítulo 4; Volumen 4) y también dentro de los valores disponibles a nivel mundial, que entregan factores R que oscilan entre 0,09 y 0,33 (Coomes & Grubb, 2000; Cairns et al., 1997).

Tabla 239. 3.B.1. Tierras forestales: factor R (relación entre raíces y biomasa aérea) para especies de árboles forestales

Especie	Factor R
Nativas	0,29
Pinus radiata	0,25
Eucalyptus spp.	0,22
Pseudotsuga menziesii	0,28
Otras especies	0,25 [1]

[1] El valor de "Otras especies" corresponde al promedio de P. radiata, Eucaliptus y P. menziesii.
Fuente: Gayoso et al. (2002).

Necromasa: para el caso de las tierras restituidas a bosque nativo desde plantaciones, se agregan los datos de necromasa de bosque nativo, disponibles entre las regiones Maule y Magallanes. Esta información también se utiliza para la sustitución d bosque nativo a plantación, donde los datos de necromasa de bosque nativo se contabilizan como pérdidas y por consiguiente son emisiones del DOM por sustitución. A partir de datos de necromasa y número de conglomerados por tipo forestal y provincia del *Inventario Continuo de Bosques Nativos* de INFOR, se calculó un promedio ponderado de necromasa a nivel regional. Cada conglomerado, conformado por tres parcelas permanentes de 500 m^2, representa una superficie de bosque de 3.500 ha. Los datos de necromasa a nivel regional se muestran en la Tabla 240.

Tabla 240. 3.B.1. Tierras forestales: necromasa por región administrativa

Región	Necromasa (t ms ha^{-1})
Maule VII	4,5
Biobío VIII	10,0
Araucanía IX	46,9
Los Ríos XIV	117,3
Los Lagos X	69,4
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo XI	16,6
Magallanes y Antártica Chilena XII	21,9

Fuente: Elaborado por equipo sectorial AFOLU a partir de base de datos de parcelas permanentes, Proyecto Inventario Continuo de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales de INFOR

Tierras convertidas en tierras forestales

Datos estadísticos

Para la componente *Tierras convertidas en tierras forestales* se consideró la superficie anual de Tierras de Cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras que se convierten a bosque nativo o plantación forestal. Dichos datos obtenidos de los informes del *Catastro Vegetacional* de CONAF, fueron desagregados por región y por tipo de uso de la tierra. También se requirió la interpolación o extrapolación de datos a partir de dichos informes para algunos años.

Superficies de conversión: a partir de las matrices de cambio de uso de la tierra de las actualizaciones regionales del Catastro de CONAF se estiman las superficies de tierras convertidas anualmente a tierras forestales nativas, y la superficie convertida a plantación forestal y esta superficie es la que se considera en el cálculo de emisiones anuales producto de la conversión de tierras. Se cuenta con la información desde el año 1990 al año 2013.

Superficie en transición a plantación forestal: Para el cálculo del crecimiento de biomasa que determina las remociones de carbono se utiliza como base de cálculo la superficie de plantaciones que determina INFOR, y que da cuenta de la superficie de plantaciones que efectivamente está creciendo en terreno. Esta superficie es menor que la superficie acumulada de la matriz de cambio de uso de la tierra de CONAF.

Datos paramétricos

En general se realizó una revisión exhaustiva de los datos de actividad paramétricos colectados para la construcción de la serie 1990-2010 y se colectaron nuevos datos de actividad considerando la serie 1990-2013.

Crecimiento en volumen de plantaciones forestales: se utiliza la misma información de crecimiento de la componente *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Crecimiento en volumen de bosque nativo: se utiliza la misma información de crecimiento de la componente *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Biomasa acumulada de las tierras convertidas en tierras forestales: se utiliza la biomasa por defecto de IPCC, que se detalla en la Tabla 241.

Tabla 241. 3.B.1. Tierras forestales: biomasa acumulada de *Tierras convertidas en tierras forestales*

Categoría	Biomasa acumulada antes de la conversión ($t\ ha^{-1}$)
Tierras de cultivo	10
Pastizales XV-IV	1,60
Pastizales V-VIII	2,70
Pastizales IX-XI	2,40
Pastizales XII	1,70
Humedales	s/i
Asentamientos	2
Otras Tierras	0

Fuente: Directrices del IPCC de 2006

Densidad básica: para el caso de la acumulación de biomasa de las tierras forestales provenientes de la conversión, se utiliza la misma información de crecimiento de la componente *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Factores de expansión: para el caso de la acumulación de biomasa de las tierras forestales provenientes de la conversión, se utiliza la misma información de crecimiento de la componente *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Relación entre biomasa subterránea (raíces) con biomasa aérea (R): los valores R de tierras de cultivo y pastizales fueron obtenidos de los Cuadros 6.4 y 11.2 (Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*). Para el caso de la acumulación de biomasa de las tierras forestales provenientes de la conversión se utiliza la misma información de R de la subcategoría tierras forestales que permanecen como tales (Tabla 242).

Tabla 242. 3.B.1. Tierras forestales: factor R de Tierras convertidas en tierras forestales

Categoría	Factor R
Tierras de cultivo	0,2
Pastizales XV-IV	2,8
Pastizales V-VIII	4
Pastizales IX-XI	4,67
Pastizales XII	2,8

Fuente: Directrices del IPCC de 2006

Necromasa: para el caso de las *Tierras convertidas en bosque nativo* se utiliza la información de necromasa de la subcategoría de *Tierras forestales que permanecen como tal*es.

5.3.6.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión aplicados en este INGEI derivan directamente de los datos paramétricos anteriormente descritos.

5.3.6.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2 de cada componente o especie. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 243.

Tabla 243. 3.B.1. Tierras forestales: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.B.1.a.i.1.	Renovales	CO_2	7,2%	7,2%	44,5%	44,5%	45,0%	45,0%
3.B.1.a.i.2.	Bosque nativo incendiado	CO_2	15,0%	15,0%	44,5%	44,5%	46,9%	46,9%
3.B.1.a.i.3.	Bosque nativo manejado	CO_2	15,0%	15,0%	44,5%	44,5%	46,9%	46,9%
3.B.1.a.i.4.a.	Pinus radiata	CO_2	8,0%	8,0%	36,3%	36,3%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.i.4.b.	Eucaliptus globulus	CO_2	8,0%	8,0%	36,3%	36,3%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.i.4.d.	Prosopis chilensis y Prosopis tamarugo	CO_2	8,0%	8,0%	36,3%	36,3%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.i.4.e.	Pseudotsuga menziensii	CO_2	8,0%	8,0%	36,3%	36,3%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.i.4.f.	Populus spp.	CO_2	8,0%	8,0%	36,3%	36,3%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.i.4.g.	Otras especies	CO_2	8,0%	8,0%	36,3%	36,3%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.ii.1.	Tierras en transición a bosque nativo	CO_2	6,8%	6,8%	41,8%	41,8%	42,4%	42,4%
3.B.1.a.ii.2.	Tierras en transición a plantación forestal	CO_2	8,0%	8,0%	35,9%	35,9%	36,8%	36,8%
3.B.1.a.iii.1.	Trozas P. radiata	CO_2	10,0%	10,0%	35,8%	35,8%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.iii.2.	Trozas Eucalyptus spp.	CO_2	10,0%	10,0%	35,8%	35,8%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.iii.3.	Trozas otras exóticas	CO_2	10,0%	10,0%	35,8%	35,8%	37,2%	37,2%
3.B.1.a.iii.4.	Trozas especies nativas	CO_2	10,0%	10,0%	44,2%	44,2%	45,3%	45,3%
3.B.1.a.iv.	Leña	CO_2	20,0%	20,0%	44,2%	44,2%	48,5%	48,5%
3.B.1.a.v.1.	Bosque nativo incendiado	CO_2	15,0%	15,0%	47,8%	47,8%	50,1%	50,1%

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.B.1.a.v.2.	Plantaciones forestales incendiadas	CO_2	15,0%	15,0%	39,3%	39,3%	42,1%	42,1%
3.B.1.a.v.3.	Substitución	CO_2	5,8%	5,8%	35,2%	35,2%	35,6%	35,6%
3.B.1.b.i.	Tierras de cultivo	CO_2	5,0%	5,0%	62,1%	62,1%	62,2%	62,2%
3.B.1.b.ii.	Pastizales	CO_2	5,0%	5,0%	62,1%	62,1%	62,2%	62,2%
3.B.1.b.iv.	Asentamientos	CO_2	5,0%	5,0%	62,1%	62,1%	62,2%	62,2%
3.B.1.b.vi.	Tierras en transición a tierras forestales	CO_2	7,8%	7,8%	35,3%	35,3%	36,1%	36,1%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Es necesario explicar que los errores de estimación de la superficie de plantaciones forestales se asocian al inventario dasométrico-ambiental de las plantaciones de la Pequeña y Mediana Propiedad Forestal (PYMP) realizado por INFOR. El cambio en la tecnología satelital utilizada en 2006 genera errores de estimación en la superficie de plantaciones PYMP entre los períodos 1990-2005 (±11 %) y 2006-2010 (±8 %). Por otro lado, la superficie actualizada de plantaciones de grandes empresas asociadas a la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), entidad gremial que agrupa a diversas empresas relacionadas con la actividad forestal en Chile, es entregada directamente a INFOR como parte de un convenio de colaboración, sin indicar el error asociado a estas estimaciones, el cual debiera ser cercano a cero.

Los errores de estimación se buscaron en las fuentes de origen de los datos. En algunos casos, cuando no se pudo encontrar el error de estimación, este se calculó a partir de los datos originales o a partir de una recopilación de diferentes fuentes, como es el caso de la densidad de madera. Cuando no se pudo obtener el error de estimación de los datos país específicos se recurrió a los ejemplos de errores entregados por las *Directrices del IPCC de 2006* para datos de actividad estadísticos y paramétricos. Este es el caso de los valores de crecimiento y existencias de plantaciones forestales y de la superficie incendiada anualmente.

Los valores de crecimiento y volumen acumulado de plantaciones forestales donde *P. radiata* y *Eucalyptus* son preponderantes, son determinados empleando los simuladores de crecimiento de *P. radia* y *Eucalyptus* (Insigne y Eucasim), los que no entregan errores de estimación. Los valores de crecimiento y volumen acumulado de las otras especies evaluadas en plantaciones forestales se obtuvieron a partir de la serie de inventario 1986-2006 y tampoco se encontraron errores de estimación.

5.3.6.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.3.6.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.3.6.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad se explican en la sección *5.2.5.6.1. Control de la calidad* de *Fermentación entérica*.

5.3.6.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.3.6.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los factores de emisión, específicamente crecimientos de plantaciones con la información proporcionada en las *Directrices del IPCC de 2006*. En el caso particular de los bosques nativos de Chile, no existe información en estas guías que permita hacer comparaciones.

5.3.6.7. Recálculos

5.3.6.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se realizaron mejoras en la exactitud de la información y una revisión de la asignación de al uso de *Tierras*. Esto llevó a realizar recálculos en las siguientes áreas:

Superficie de renovales

Se descontó la superficie de renovales que estaba siendo contabilizada como bosque manejado. En el proceso de actualización 1990-2010 no fue posible diferenciar la superficie de renovales que estaba contabilizada en bosque nativo manejado y se produjo una doble contabilidad. En el proceso de mejoras del INGEI fue posible diferenciar esta superficie, quedando toda la superficie de renovales que está siendo sometida a manejo forestal contabilizada en la categoría de bosque nativo manejado y excluida de la base de renovales. Este cambio produjo una menor absorción de CO_2 por incremento de biomasa en toda la serie 1990-2013.

Superficie de plantaciones

Se detectaron errores en el registro de superficie de plantaciones en algunos años de la serie temporal, que se arrastraban de la actualización serie temporal 1990-2007 y de la actualización 1990-2010, los que fueron corregidos.

Separación de superficie de plantación en tierras forestales que permanecen como tal y en tierras convertidas en tierras forestales

En los INGEI anteriores se contabilizaban todas en la categoría tierras forestales que permanecen como tal, en consecuencia, que existía superficie anual que se foresta en tierras no forestales que

debía ser considerada en *Tierras convertidas en tierras forestales*. Para esta separación se usó como base la superficie total de plantaciones que se había usado en los ejercicios anteriores considerando la corrección de errores mencionada en el punto anterior y se separó considerando en *Tierras convertidas en tierras forestales* (plantaciones) a toda la superficie forestada a partir de 1990 y se mantiene en transición en esta subcategoría por 20 años y luego es contabilizada en *Tierras forestales que permanecen como tal*es. Esta diferenciación de subcategorías no provocó cambios en las absorciones de CO_2, pero si en su asignación.

Superficie de bosque nativo manejado

Aun cuando los datos de actividad de bosque nativo manejado ya se habían actualizado en la serie 1990-2010, se realizó la colecta de todos los datos de actividad y se comparó con lo ya recopilado en la actualización anterior. En este análisis se encontraron diferencias en cuanto a la superficie de bosque nativo manejado. La cifra actualizada de manejo entre 2009-2010 es de 1.355 ha menos que en la actualización anterior. Esta diferencia se debe a que se considera la superficie con el año de ejecución del plan de manejo, pero existen postergaciones y planes de manejo que dejan de estar vigentes y no son ejecutados realmente y se sigue ingresando información al Sistema de Actualización y Fiscalización Forestal (SAFF) de planes de manejo antiguos, actualizándose esta cifra periódicamente.

Crecimiento en volumen de bosque nativo

En la actualización anterior se consideró un valor único de incremento medio en volumen para el crecimiento del componente renovales, no obstante, está formado por dos subcategorías: renovales y bosque adulto-renoval. En este proceso de actualización fue posible diferenciar, a partir de la información del *Inventario Forestal Continuo* de INFOR, los incrementos de estas dos subcategorías. Esta diferenciación en los crecimientos produce una menor absorción de CO_2

Crecimiento en volumen de plantaciones forestales

Los crecimientos de las especies *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* fueron actualizados respecto a la actualización anterior. Los cambios que experimentaron aparecen en los incrementos usados en este proceso y en el anterior.

Contenido de carbono

Se consideró el contenido de carbono de la biomasa el valor por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, que corresponde a un valor de 0,47. En la actualización anterior se trabajó erróneamente con el valor por defecto de 0,5.

5.3.6.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

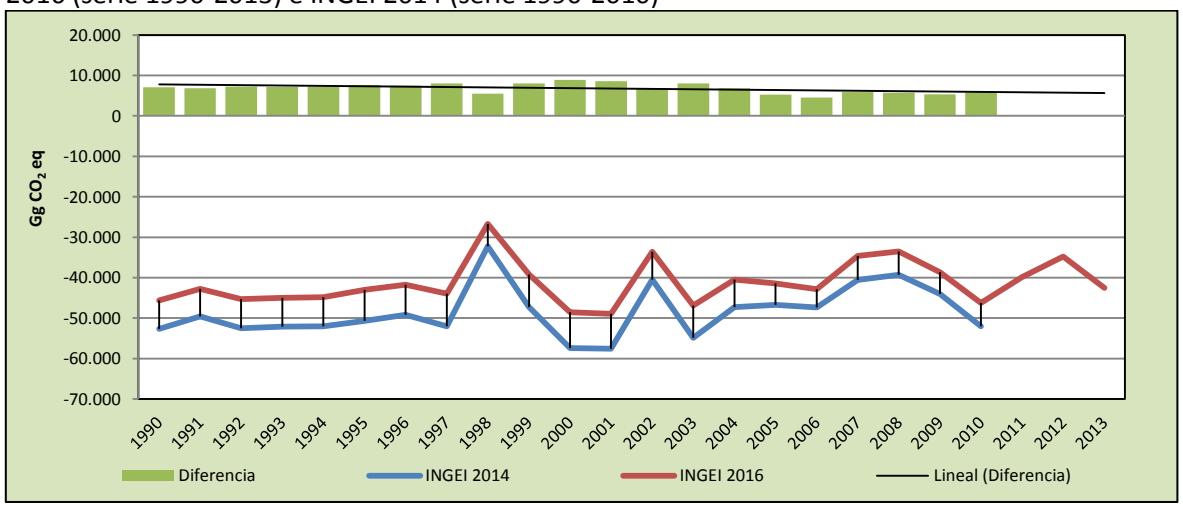
En la Tabla 244 y Figura 112 se observa cómo variaron las emisiones de CO_2 de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente a los ajustes previamente descritos. Esto generó una disminución del balance de CO_2 (pérdida de capacidad de absorción) de la subcategoría en un promedio de 6.852,8 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 244. 3.B.1. Tierras forestales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	- 52.689,2	- 57.439,5	- 52.052,5			
INGEI 2016	- 45.598,5	- 48.520,4	- 46.234,6	- 39.826,6	- 34.807,9	- 42.548,9
Diferencia	**7.090,7**	**8.919,0**	**5.817,9**			
Diferencia %	**-15,6%**	**-18,4%**	**-12,6%**			

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

Figura 112. 3.B.1. Tierras forestales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

5.3.6.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la información que se genera en la matriz de cambio de uso del suelo, avanzando en la identificación del tipo de tierras forestales nativas que se genera (tipo forestal y estado de desarrollo) producto del cambio de uso desde tierras con otros.
- Actualizar factores de emisión (crecimiento por tipo forestal y estado de desarrollo) en las tierras forestales nativas que de originan por conversión de usos.
- Mejoramiento de la información de necromasa en cuanto a la clasificación de niveles de descomposición y período de descomposición por tipo de bosque.
- Incorporación de información disponible de hojarasca.
- Avanzar en la determinación de la participación de especies de plantaciones dendroenergéticas en el consumo de leña que se considera en el balance nacional de energía.

5.3.7. Tierras de cultivo (3.B.2.)

5.3.7.1. Descripción de la subcategoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas en terrenos arables y labrables, campos de arroz y sistemas agroforestales, en los que la estructura de la vegetación está por debajo de los umbrales utilizados para las *Tierras forestales* y no se espera que los excedan en el futuro.

Las *Tierras de cultivo* incluyen todos los cultivos anuales y perennes, así como barbecho temporal en *Tierras de cultivo que permanecen como tales* y en *Tierras convertidas en tierras de cultivo*. Los cultivos pueden ser anuales, bianuales y permanentes, excepto donde el uso de las tierras cumple con los criterios para su categorización como *Tierras forestales*. Se incluyen también las tierras arables que normalmente se utilizan para cultivos anuales pero que, temporalmente, se emplean para cultivos de forraje o para pastura, como parte de una rotación anual cultivo-pastura (sistema mixto).

La cantidad de carbono almacenado en las tierras de cultivo permanentes, así como la emitida o absorbida, depende del tipo de cultivo, de las prácticas de gestión y del suelo y clima. Por ejemplo, los cultivos anuales (cereales, legumbres) se cosechan todos los años, por lo que no hay un almacenamiento de largo plazo del carbono en la biomasa. En cambio, la vegetación leñosa perenne de los huertos, viñas y sistemas agroforestales, puede implicar depósitos de carbono en biomasa de larga vida, donde la cantidad depende del tipo de especies a cultivar, la densidad, las tasas de crecimiento y las prácticas de cosecha y poda.

Habitualmente las conversiones a tierras de cultivo desde tierras forestales y pastizales traen como resultado una pérdida neta de carbono de la biomasa, así como la liberación de N_2O a la atmósfera. Cuando la tierra con cultivos perennes se vuelve a plantar o cambia a cultivos de tipo anual, la tierra continúa siendo de cultivo; por lo tanto, los cambios en las existencias de carbono deberían estimarse empleando los métodos de cálculo para *Tierras de cultivo que permanecen como tales*.

5.3.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó 188,2 Gg CO_2 eq (representando el 0,4 % del balance de CO_2 de la categoría *Tierras*), incrementándose en un 36,6 % desde 1990, pero disminuyendo en 1,4 % desde el 2010 (Tabla 245 y Figura 113). La principal causante del aumento generalizado son las emisiones de GEI generadas por las tierras forestales nativas que se han convertido en *Tierras de cultivo*.

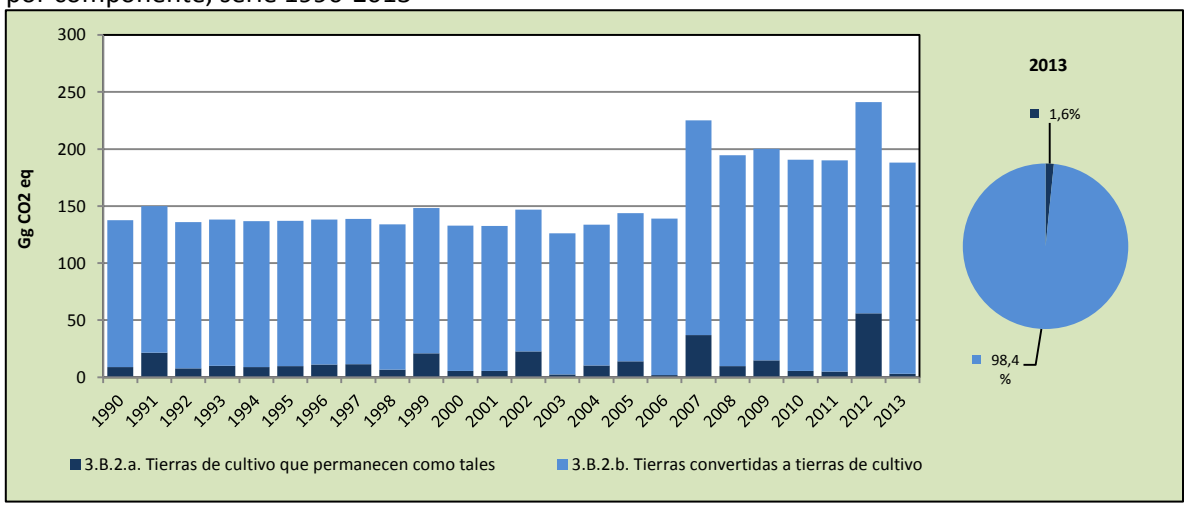
Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por componente (Figura 113), el 98,5 % corresponde a *Tierras de cultivo que permanecen como tales*, seguida de un 1,5 % de *Tierras convertidas en tierras de cultivo*.

Tabla 245. 3.B.2. Tierras de cultivo: tendencia de las emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.2.a. Tierras de cultivo que permanecen como tales	8,8	5,6	5,6	5,0	56,0	3,0
3.B.2.b. Tierras convertidas en tierras de cultivo	128,9	127,2	185,1	185,1	185,1	185,1
Balance	**137,7**	**132,7**	**190,7**	**190,2**	**241,1**	**188,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 113. 3.B.2. Tierras de cultivo: tendencia de las emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.7.2.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales (3.B.2.a.)

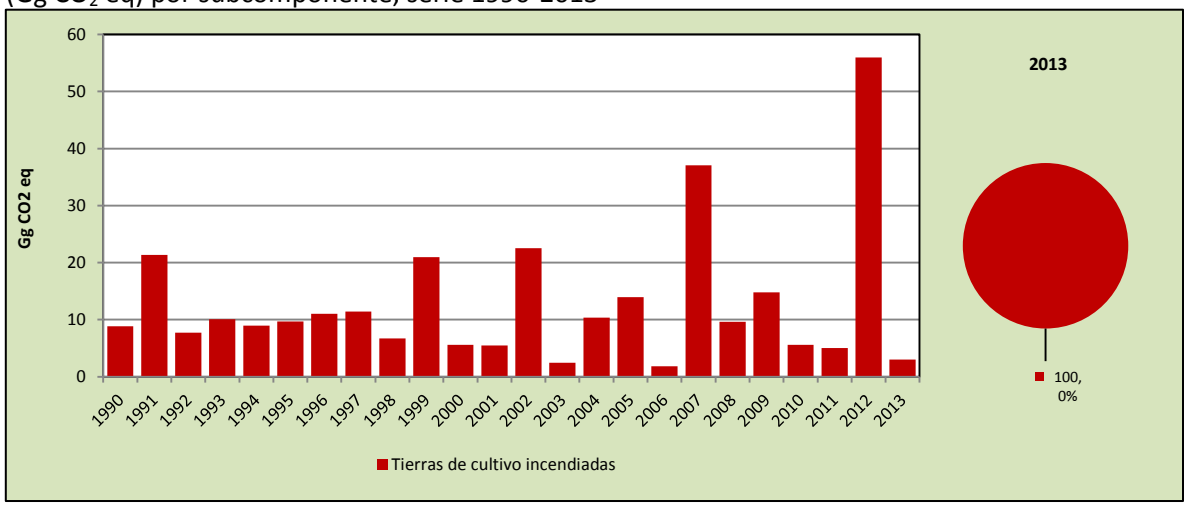
En 2013, el balance de CO_2 de este componente contabilizó 3,0 Gg CO_2 eq, disminuyendo en un 56,6 % desde 1990 y en un 45,9 % desde el 2010 (Tabla 246 y Figura 114). La principal causante de la tendencia corresponde a las emisiones de CO_2 generadas por incendios agrícolas. Los aumentos significativos (1991, 1990, 2002, 2007 y 2012) se explican básicamente por un incremento significativo en la superficie de tierras cultivadas incendiadas.

Tabla 246. 3.B.2.a. Tierras de cultivo que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
Tierras de cultivo incendiadas	8,8	5,6	5,6	5,0	56,0	3,0
Balance	**8,8**	**5,6**	**5,6**	**5,0**	**56,0**	**3,0**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 114. 3.B.2.a. Tierras de cultivo que permanecen como tales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.7.2.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo (3.B.2.b.)

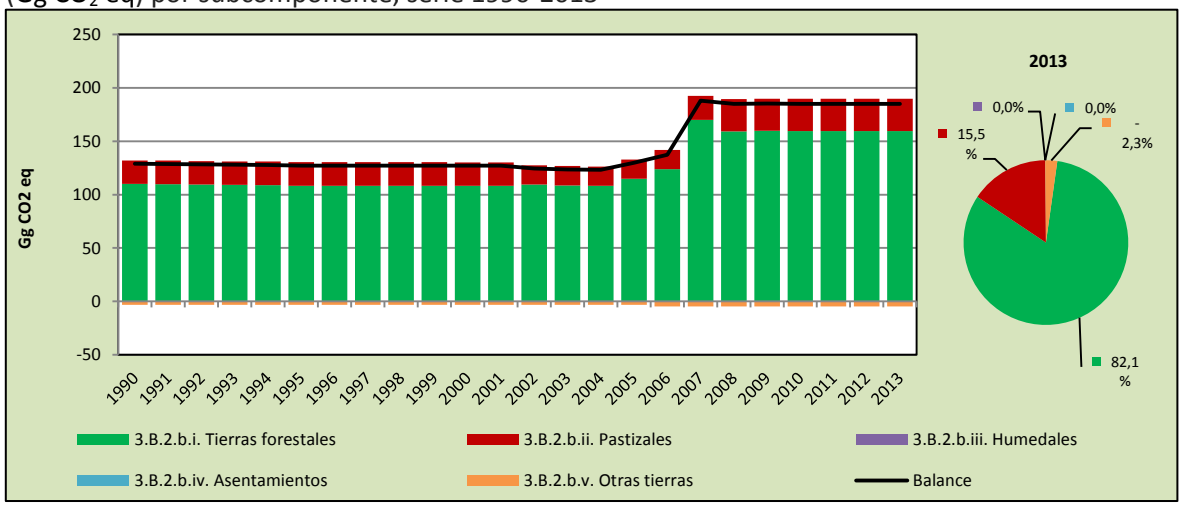
En 2013, el balance de CO_2 de este componente contabilizó 185,1 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 43,6 % desde 1990, pero prácticamente sin incremento desde 2010 (Tabla 247 y Figura 115). Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por subcomponentes, las *Tierras forestales* son las de mayor importancia en el cambio de uso con un 82,1 %, seguido de un 15,9 % de *Pastizales*, y 2,3 % de *Otras tierras.* No se registraron emisiones de *Humedales convertidas en tierras forestales*.

Tabla 247. 3.B.2.b. Tierras convertidas en tierras de cultivo: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.2.b.i. Tierras forestales	110,0	108,3	159,5	159,5	159,5	159,5
3.B.2.b.ii. Pastizales	22,0	22,0	30,1	30,1	30,1	30,1
3.B.2.b.iii. Humedales	-	-	-	-	-	-
3.B.2.b.iv. Asentamientos	-0,1	-0,1	0,0	-	-	-
3.B.2.b.v. Otras tierras	-3,0	-3,0	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5
Balance	**128,9**	**127,2**	**185,1**	**185,1**	**185,1**	**185,1**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 115. 3.B.2.b. Tierras convertidas en tierras de cultivo: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.7.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la subcategoría *Tierras de cultivo* se aplicaron el método Nivel 1 para *Tierras de cultivo que permanecen como tales* y una combinación del método Nivel 1 y Nivel 2 para *Tierras convertidas en tierras de cultivo*. El método Nivel 2 proviene de las estimaciones realizadas para las *Tierras forestales*. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 248 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 248. 3.B.2. Tierras de cultivos: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.2. Tierras de cultivo	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.2.a. Tierras de cultivo que permanecen como tales	T1	D				
3.B.2.b. Tierras convertidas en tierras de cultivo	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.2.b.i. Tierras forestales	T2	CS				
3.B.2.b.ii. Pastizales	T1	D				
3.B.2.b.iii. Humedales	NE	NE				
3.B.2.b.iv. Asentamientos	T1	D				
3.B.2.b.v. Otras tierras	T1	D				

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Tierras de cultivo que permanecen como tales

Para efectos de la elaboración del INGEI existe una carencia de valores país o región específicos respecto de depósitos de carbono, especialmente en lo que se refiere a biomasa aérea y subterránea de los cultivos perennes, por lo que no es posible realizar el cálculo de las emisiones de CO_2 de estas fuentes para la subcategoría *Tierras de cultivo que permanecen como tales*. Las

emisiones que considera esta subcategoría son las emisiones de CO_2 provenientes de la generación de incendios en tierras cultivadas, considerándose en la contabilización el CO_2 emergente de la quema de material y residuos leñosos presentes en las tierras cultivadas, cuya regeneración tarda más de un año en desarrollarse. Los gases no CO_2 generados por la combustión de este material leñoso, así como de todos los residuos de cultivos destinados a la quema, son contabilizados en *Emisiones de gases no CO_2 por quema de biomasa en tierras de cultivo*.

Tierras convertidas en tierras de cultivo

La estimación de las emisiones y absorciones anuales de CO_2 de las *Tierras convertidas en tierras de cultivo* se basa en la estimación de los cambios anuales en los depósitos de C correspondientes a biomasa viva (aérea y subterránea) y necromasa.

Considerando la carencia de valores país o región-específicos, que permitan diferenciar la superficie que fue convertida en tierras de cultivos anuales de la convertida en cultivos perennes, se trabajó con el supuesto de que toda la conversión es a cultivos anuales. Sin embargo, la utilización de datos paramétricos combinados y en conjunto con la existencia de datos de actividad desagregados regionalmente, permitió la implementación de un método Nivel 2 para la componente *Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo*.

La metodología aplicada para estimar emisiones y absorciones de CO_2 corresponde a la descrita en el Capítulo 2 del Volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006*. Ella permite estimar los cambios anuales en las existencias de carbono para cada uno de los cinco depósitos de carbono reconocidos por el IPCC. Los cambios de las existencias de carbono de la biomasa se calculan como la suma del incremento de las existencias de carbono debido al crecimiento de biomasa, más los cambios debidos a la diferencia de la biomasa existente antes y después de la conversión, y menos la reducción de existencias debida a pérdidas. Mayor información en la sección *5.3.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría* de *Tierras forestales*.

5.3.7.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Tierras de cultivo que permanecen como tales

Los datos estadísticos utilizados corresponden básicamente a información de superficie de tierras agrícolas afectada por incendios forestales, que fue proporcionada por el Departamento de Prevención de Incendios Forestales de CONAF, incorporándose por primera vez esta información al INGEI de Chile. La información sobre superficie agrícola incendiada viene claramente diferenciada entre 2003-2013, sin embargo, en la serie 1990-2002 los datos no segregan entre la categoría superficie agrícola y la categoría superficie con desechos. Por este motivo, para esta serie de tiempo debió estimarse la superficie de suelos agrícolas afectada por incendios en base a una desagregación regional, obtenida mediante un factor de superficie agrícola incendiada que fue calculado a partir de los años que contaban con esta información diferenciada.

La Tabla 249 presenta los valores de superficie anual incendiada en tierras de cultivo que, como puede observarse, son extremadamente fluctuantes.

Tabla 249. 3.B.2. Tierras de cultivos: superficie anual de tierras cultivadas incendiadas (ha), serie 1990-2013

Año	Superficie agrícola incendiada
1990	636,9
1991	1.542,1
1992	558,5
1993	728,3
1994	645,6
1995	697,8
1996	794,8
1997	826,4
1998	485,6
1999	1.511,2
2000	401,7
2001	397,3
2002	1.625,8
2003	175,4
2004	749,3
2005	1.006,2
2006	131,2
2007	2.673,7
2008	695,5
2009	1.068,5
2010	404,6
2011	362,8
2012	4.040,0
2013	218,8

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI a partir de base de datos de incendios forestales provenientes del Departamento de Manejo del Fuego de CONAF

Tierras convertidas en tierras de cultivo

Los datos de actividad utilizados en esta provienen del *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* y *Monitoreo de Cambios y Actualizaciones período 1997-2011*, efectuados ambos por CONAF. La Tabla 250 presenta las tasas anuales de cambio de los distintos usos de la tierra a *Tierras de cultivo*. Estas tasas de cambio fueron obtenidas por CONAF a través del análisis de tres imágenes por región, cada una de las cuales contaba con diferente nivel de detalle y para diferentes años. Este análisis permitió calcular tasas únicas anuales de cambio para los periodos entre las imágenes y antes y después de las mismas, obteniéndose con ello cinco tasas de cambio para la suma total de superficie convertida a *Tierras de cultivo* del país.

Tabla 250. 3.B.2. Tierras de cultivos: superficie de tierras de distintos usos que se convierten en tierras de cultivo (ha), serie 1990-2013

Cambio de uso de la tierra	Superficie (ha) período 1990-2001	Superficie (ha) período 2002-2005	Superficie (ha) año 2006	Superficie (ha) año 2007	Superficie (ha) período 2008-2013
Tierras Forestales (bosque nativo) a Tierras de cultivo	304,1	260,3	495,5	620,3	621,2
Tierras Forestales (plantaciones forestales) a Tierras de cultivo	841,2	869,3	1.116,5	1.116,2	989,4
Pastizales a Tierras de cultivo	7.975,5	6.588,9	6.501,7	8.096,8	10.634,7
Asentamientos a Tierras de cultivo	7,8	3,7	0,0	0,0	0,0
Humedales a Tierras de cultivo	61,1	89,6	102,4	102,6	105,1
Otras Tierras a Tierras de cultivo	135,6	138,9	208,4	208,4	206,8

Fuente: Elaborado por equipo sectorial AFOLU.

Los datos paramétricos empleados fueron existencia de biomasa en tierras forestales (generado por INFOR y CONAF), existencia de biomasa en tierras de cultivo (por defecto de las *Directrices del*

IPCC de 2006) y existencia de biomasa en asentamientos (juicio de experto). Los datos paramétricos aplicados a esta categoría son presentados en la Tabla 251.

Tabla 251. 3.B.2. Tierras de cultivos: datos de actividad paramétricos aplicados a la componente "3B2b. Tierras convertidas en tierras de cultivo".

Dato de actividad	Valor	Unidad
Contenido de C de biomasa:		
En vegetación leñosa	0,47	kg C kg biomasa ms^{-1}
En vegetación herbácea	0,50	kg C kg biomasa ms^{-1}
Praderas en regiones XV a IV:		
Biomasa aérea	1,60	t ms ha^{-1}
Factor R	2,80	
Raíces	4,48	t ms ha^{-1}
Biomasa aérea + subterránea	6,08	t ms ha^{-1}
Praderas en regiones V a VIII:		
Biomasa aérea	2,70	t. ms ha^{-1}
Factor R	4,00	
Raíces	10,80	t ms ha^{-1}
Biomasa aérea + subterránea	13,50	t ms ha^{-1}
Praderas en regiones IX a XI:		
Biomasa aérea	2,40	t ms ha^{-1}
Factor R	5,67	
Raíces	13,61	t ms ha^{-1}
Biomasa aérea + subterránea	16,01	t ms ha^{-1}
Praderas en Región XII:		
Biomasa aérea	1,70	t ms ha^{-1}
Factor R	2,80	
Raíces	4,76	t ms ha^{-1}
Biomasa aérea + subterránea	6,46	t ms ha^{-1}
Cultivos:		
Biomasa aérea	10,0	t ms ha^{-1}
Factor R	0,2	
Raíces	2,0	t ms ha^{-1}
Biomasa aérea + subterránea	12,0	t ms ha^{-1}
Asentamientos:		
Biomasa aérea	2,0	t ms ha^{-1}
Factor R	0,29	
Raíces	0,58	t ms ha^{-1}
Biomasa aérea + subterránea	2,58	t ms ha^{-1}

Fuente: Cuadros 6.1, 6.2 y 11.2; Capítulo 6 y 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

Los valores de biomasa forestal, aérea y subterránea y necromasa de bosque nativo y plantaciones forestales, se encuentran informados bajo la *Tierras forestales*.

5.3.7.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión aplicados en este INGEI derivan directamente de los datos paramétricos anteriormente descritos. Para las existencias de carbono en tierras de bosque nativo, plantaciones forestales y pastizales, previas a la conversión en *Tierras de cultivo*, se utilizaron valores país específicos diferenciados por región administrativa -estimados por INFOR-. De la misma forma, INFOR generó valores para la materia orgánica muerta presente en las tierras de bosque nativo y plantaciones forestales. Respeto a la fracción de C en la materia seca, se empleó el valor por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.3.7.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2 de cada componente. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 252.

Tabla 252. 3.B.2. Tierras de cultivos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.B.2.a.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO_2	52,2%	52,2%	82,1%	82,1%	97,3%	97,3%
3.B.2.b.i.	Tierras forestales	CO_2	133,4%	133,4%	75,0%	75,0%	153,1%	153,1%
3.B.2.b.ii.	Pastizales	CO_2	213,8%	213,8%	75,0%	75,0%	226,6%	226,6%
3.B.2.b.iv.	Asentamientos	CO_2	140,1%	140,1%	75,0%	75,0%	158,9%	158,9%
3.B.2.b.v.	Otras tierras	CO_2	288,3%	288,3%	75,0%	75,0%	297,9%	297,9%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

5.3.7.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.3.7.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.3.7.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad se explican en la sección *5.2.5.6.1. Control de la calidad* de *Fermentación entérica*.

5.3.7.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.3.7.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.3.7.7. Recálculos

5.3.7.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se realizó un importante cambio en relación a la actualización anterior del INGEI, ya que en la anterior oportunidad se incluyó dentro de *Tierras de cultivo* las emisiones de CO_2 producto del *Encalado* y la *Aplicación de urea*. Esto se debe a que el anterior INGEI se reportó por separado el sector *AFOLU* en dos sectores; *Agricultura* y *Uso de la tierra y cambio en el uso de la tierra y silvicultura* (UTCUTS). En el actual INGEI, las emisiones de CO_2 del *Encalado* y la *Aplicación de urea* son reportadas como dos subcategorías independientes dentro de la categoría *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra*.

Además, en el actual INGEI se contó con datos de superficie afectada por incendios en *Tierras de cultivo*, que fueron incorporados a la subcategoría de *Tierras de cultivo que permanecen como tales*. Además, Esto condujo a que el presente INGEI cuente con emisiones de CO_2 en esta subcategoría. También son contabilizadas las emisiones generadas por otros gases generados por la combustión de incendios en tierras cultivadas, tales como CH_4 y N_2O, pero estas son registradas en *Emisiones de gases no CO_2 por quema de biomasa en tierras de cultivo*.

5.3.7.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

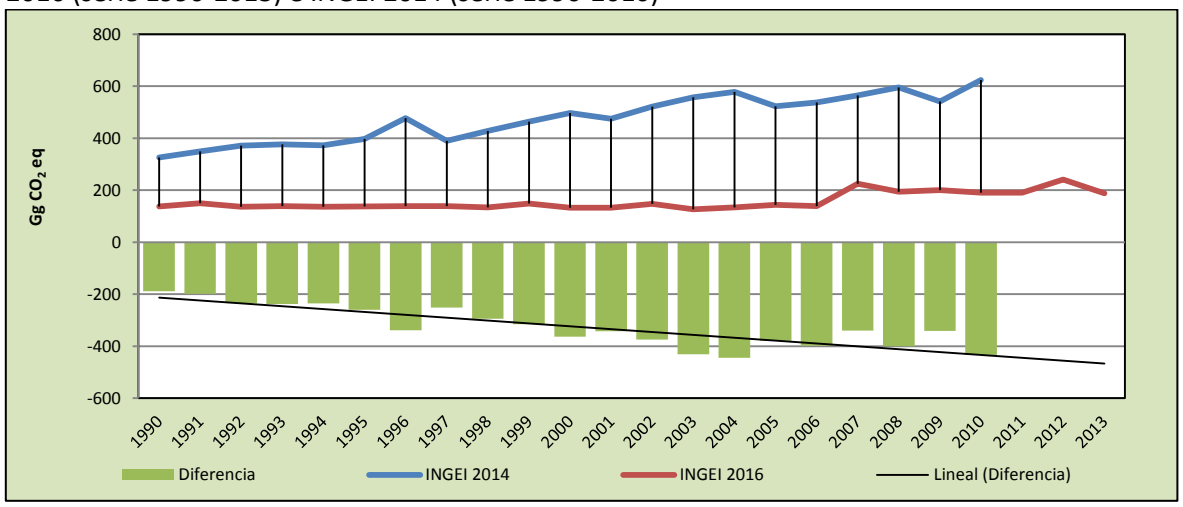
En la Tabla 253 y Figura 116 se observa cómo variaron las emisiones de CO_2 de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente a la extracción de las emisiones de CO_2 del *Encalado* y la *Aplicación de urea* y a la inclusión de las emisiones de CO_2 de los incendios en *Tierras de cultivo*. Esto generó una disminución de las emisiones CO_2 de la subcategoría en un promedio de 324,0 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013. Es importante destacar que, dado que los incendios corresponden a eventos que no son constantes en el tiempo y su manifestación tiene un carácter aleatorio en la serie de tiempo, no hay un patrón definido de las emisiones en el tiempo, presentándose además años con máximas importantes.

Tabla 253. 3.B.2. Tierras de cultivo: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	326,2	496,7	624,0			
INGEI 2016	137,7	132,7	190,7	190,2	241,1	188,2
Diferencia	**- 188,5**	**- 364,0**	**- 433,2**			
Diferencia %	**-136,9%**	**-274,2%**	**-227,1%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 116. 3.B.2. Tierras de cultivo: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.7.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la coordinación y gestión entre las entidades gubernamentales que poseen o generan datos estadísticos para su posterior reporte a fuentes internacionales. Con esta acción se pretende mantener la consistencia entre bases de datos nacionales e internacionales.
- Conformación de mesas de trabajo con las principales entidades no gubernamentales (asociaciones gremiales, instituciones, etc.) que posean datos paramétricos para la generación de factores de emisión país específico. Esto es particularmente relevante para aquellas categorías significativas o clave.
- Desarrollo y mejora de factores de emisión país específicos para categorías de importancia.
- Respecto a INIA, se hace evidente que debe desarrollar un proceso de mejoramiento continuo respecto a ir progresivamente generando mayores y mejores datos estadísticos y paramétricos, como es el caso de la distribución de los residuos agrícolas según destino final, al menos para los cultivos que mayormente generan residuos.

En relación a la disponibilidad de información, una de las áreas más desprovistas de información en el país es, justamente, la del contenido de carbono orgánico de los suelos (COS). Dado que se trata de un tema cuyos valores son fuertemente sitio específico y la existencia en el país de una extensa superficie de suelos derivados de cenizas volcánicas, muy distintos en su composición y conducta de los suelos no volcánicos, es que el equipo elaborador de los inventarios tomó la decisión de no intentar incorporar el COS.

En consecuencia, con el objetivo de incorporar este quinto depósito de carbono a los inventarios nacionales, es especialmente relevante que el país invierta recursos humanos y financieros,

requiriendo a las entidades comprometidas en la elaboración de los ISGEI de AFOLU y a la academia, que generen información sistemática, especialmente referida a determinar contenido de COS asociado a los principales tipos de suelos del país y los cambios que puedan sufrir en respuesta a distintos estilos de gestión (por ejemplo agricultura orgánica, siembra directa, uso de fertilizantes orgánicos u otros).

5.3.8. Pastizales (3.B.3.)

5.3.8.1. Descripción de la subcategoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas en tierras de pastura que no son consideradas tierras de cultivo. Incluye también los sistemas con vegetación maderera que no llega a los valores de los umbrales usados en la categoría de tierras forestales y que no se espera que los supere sin la intervención humana. Esta categoría incluye también todos los pastizales de tierras silvestres para áreas recreativas, así como sistemas agrícolas y de silvipastura, subdivididos en gestionados y no gestionados, conforme a las definiciones nacionales.

En el contexto nacional, los pastizales se distinguen del bosque, como ecosistemas, por una cobertura de árboles inferior al umbral definido por ley: 25 % de la mitad sur de Región de O'Higgins hacia el sur y 10 % de la mitad norte de la Región de O'Higgins hacia el norte. En los pastizales, predomina el carbono subterráneo, que se encuentra principalmente en las raíces y en la materia orgánica del suelo. La transición de las lluvias o los gradientes del suelo entre los pastizales y bosque se produce generalmente en forma gradual. Muchos arbustos con altas proporciones de biomasa leñosa perenne pueden considerarse un tipo de pastizal, contabilizándolos todos ellos dentro de la categoría de pastizales.

Los pastizales, que comprenden básicamente las tierras conocidas en Chile como praderas naturales, ocupan una superficie de 10,8 millones de hectáreas, y las praderas mejoradas, 1,06 millones ha, según el *VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal* (INE, 2007). En Chile, muchas de estas formaciones vegetacionales están integradas por plantas herbáceas anuales y formaciones arbustivas conocidas como matorrales; la superficie de estas últimas, según el mismo *Censo*, alcanzó a 1,92 millones ha. Por carencia de datos de actividad paramétricos de las formaciones arbustivas y de matorrales, el INGEI solo trabajó con la fracción herbácea.

5.3.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI

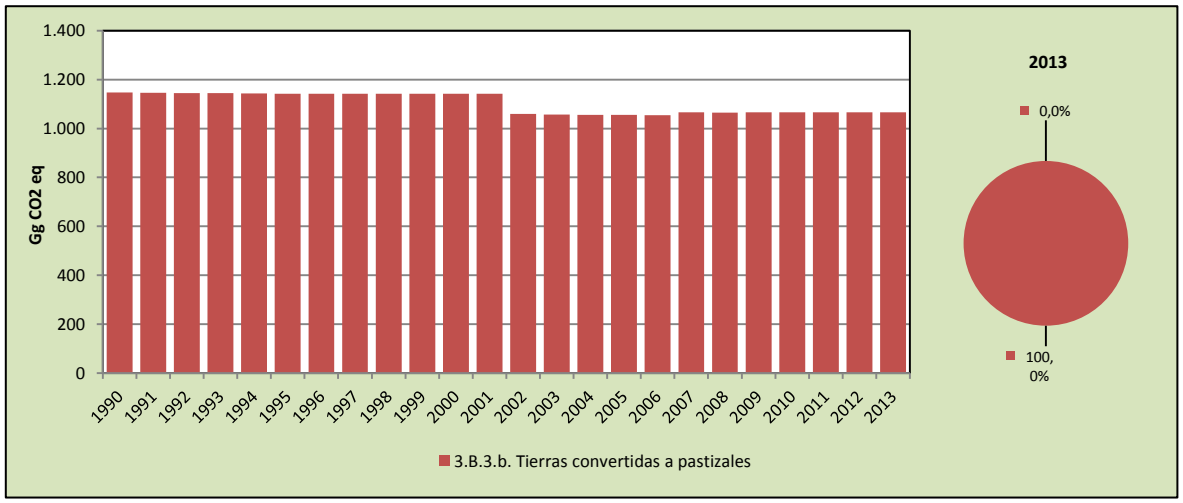
En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó 1.066,7 Gg CO_2 eq (representando el 2,4 % del balance de CO_2 de la categoría *Tierras*), disminuyendo en un 7,0 % desde 1990 y manteniéndose sin variación desde el 2010 (Tabla 254 y Figura 117). Respecto a las emisiones y absorciones de CO_2 en términos absolutos por componente, el 100,0 % corresponde a *Tierras convertidas en pastizales*.

Tabla 254. 3.B.3. Pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.3.a. Pastizales que permanecen como tales	-	-	-	-	-	-
3.B.3.b. Tierras convertidas en pastizales	1.147,0	1.141,8	1.066,7	1.066,7	1.066,7	1.066,7
Balance	**1.147,0**	**1.141,8**	**1.066,7**	**1.066,7**	**1.066,7**	**1.066,7**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 117. 3.B.3. Pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.8.2.1. Pastizales que permanecen como tales (3.B.3.a.)

No se registraron emisiones o absorciones de CO_2 en esta componente.

5.3.8.2.2. Tierras convertidas en pastizales (3.B.3.b.)

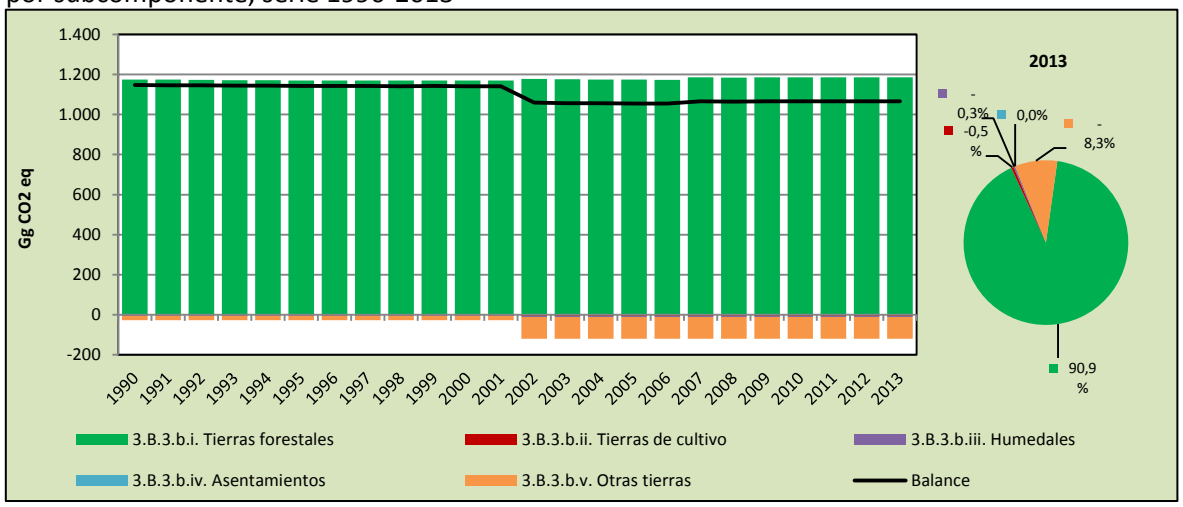
En 2013, el balance de CO_2 de esta componente contabilizó 1.066,7 Gg CO_2 eq, disminuyendo en un 7,0 % desde 1990 y manteniéndose sin variación desde el 2010 (Tabla 255 y Figura 118). Respecto a las emisiones y absorciones de CO_2 en términos absolutos por subcomponentes, las *Tierras forestales* son las de mayor importancia en el cambio de uso con un 90,9 %, seguido de un 9,1 % de *Otras tierras*, un 0,5 % de *Tierras de cultivo* y 0,3 % de *Humedales*. No se registraron emisiones de *Asentamientos convertidas en pastizales*.

Tabla 255. 3.B.3.b. Tierras convertidas en pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.3.b.i. Tierras forestales	1.174,8	1.169,6	1.186,1	1.186,1	1.186,1	1.186,1
3.B.3.b.ii. Tierras de cultivo	-4,8	-4,8	-6,4	-6,4	-6,4	-6,4
3.B.3.b.iii. Humedales	-1,7	-1,7	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0
3.B.3.b.iv. Asentamientos	-	-	-	-	-	-
3.B.3.b.v. Otras tierras	-21,3	-21,3	-109,0	-109,0	-109,0	-109,0
Balance	**1.147,0**	**1.141,8**	**1.066,7**	**1.066,7**	**1.066,7**	**1.066,7**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 118. 3.B.3.b. Tierras convertidas en pastizales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.8.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la subcategoría *Pastizales* se aplicaron una combinación del método Nivel 1 y Nivel 2 para *Tierras convertidas en pastizales*. El método Nivel 2 proviene de las estimaciones realizadas para las *Tierras forestales*. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 256 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 256. 3.B.3. Pastizales: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.3. Pastizales	T1, T2, NA, NE	CS, D, NA, NE				
3.B.3.a. Pastizales que permanecen como tales	NA	NA				
3.B.3.b. Tierras convertidas en pastizales	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.3.b.i. Tierras forestales	T2	CS				
3.B.3.b.ii. Tierras de cultivo	T1	D				
3.B.3.b.iii. Humedales	T1	D				
3.B.3.b.iv. Asentamientos	NE	NE				
3.B.3.b.v. Otras tierras	T1	D				

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Para efectos del INGEI, se deja constancia de la carencia de valores país o región específicos sobre las praderas naturales, principalmente en referencia a los matorrales arbustivos, lo que imposibilitó una plena inclusión de estas tierras. Solo se consideró el estrato herbáceo, para el que se emplearon valores por defecto.

Un punto relevante fue excluir la superficie plantada con *Atriplex* de las *Tierras forestales*, donde estaba registrada anteriormente por razones de la aplicación del DL 701; además, por falta de datos nacionales, no se contabilizó la expansión anual de biomasa arbustiva.

Las emisiones y absorciones de CO_2 producto de las *Tierras forestales convertidas en pastizales* fueron estimadas mediante método Nivel 2, debido a la disponibilidad de datos paramétricos nacionales aportados por INFOR (biomasa en tierras forestales).

5.3.8.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Tierras convertidas en pastizales

El dato de actividad estadístico necesario es la superficie de *Tierras forestales*, *Tierras de cultivo*, *Humedales*, *Asentamientos* y *Otras tierras* que cambian a *Pastizales*, que es un dato obtenido aplicando las tasas anuales de cambio entre usos de la tierra, emergentes del análisis de la información contenida en los *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF.

Los datos paramétricos usados son: existencia de biomasa en tierras forestales (generado por INFOR y CONAF), existencia de biomasa en tierras de cultivo (por defecto desde *Directrices del IPCC de 2006*), existencia de biomasa en asentamientos (por juicio de experto).

5.3.8.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.3.8.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2 de cada componente. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 257.

Tabla 257. 3.B.3. Pastizales: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.B.3.b.	Tierras convertidas en pastizales	CO_2	10,8%	10,8%	184,4%	184,4%	184,7%	184,7%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

5.3.8.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.3.8.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.3.8.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad se explican en la sección *5.2.5.6.1. Control de la calidad* de *Fermentación entérica*.

5.3.8.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.3.8.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.3.8.7. Recálculos

5.3.8.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría los recálculos están asociados a los cambios realizados en los valores paramétricos en *Tierras forestales* (contenido de carbono, tasa de expansión forestal, etc.) y en las matrices de uso de la tierra (nuevas imágenes satelitales).

5.3.8.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

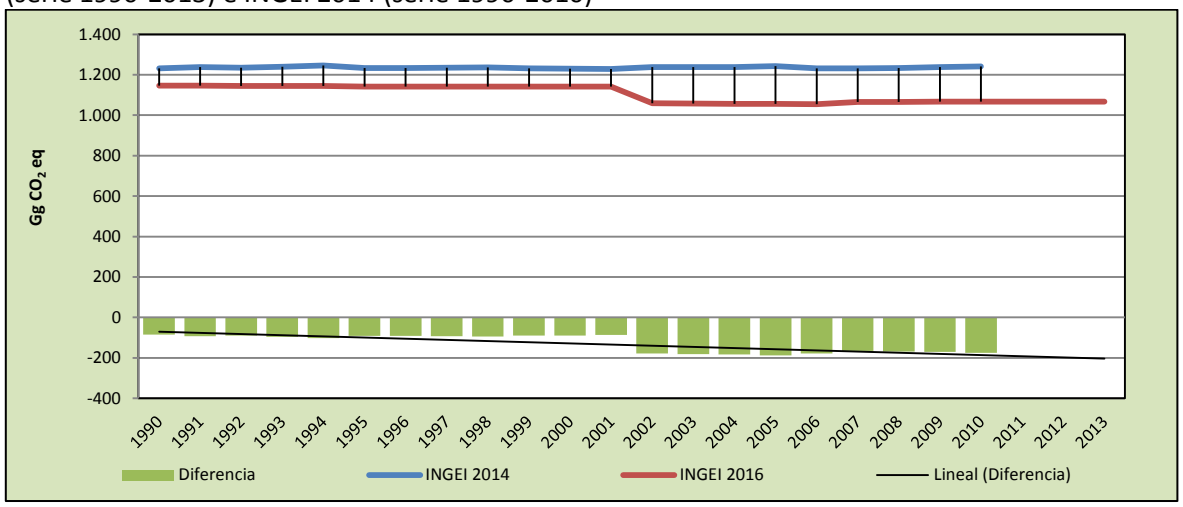
En la Tabla 258 y Figura 119 se observa cómo variaron las emisiones de CO_2 de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente a los cambios anteriormente señalados y que afectan particularmente a *Tierras forestales convertidas en pastizales*. Esto generó una disminución de las emisiones CO_2 de la subcategoría en un promedio de 127,8 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 258. 3.B.3. Pastizales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	1.232,4	1.230,6	1.241,1			
INGEI 2016	1.147,0	1.141,8	1.066,7	1.066,7	1.066,7	1.066,7
Diferencia	**-85,3**	**-88,8**	**-174,3**			
Diferencia %	**-7,4%**	**-7,8%**	**-16,3%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 119. 3.B.3. Pastizales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.8.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la coordinación y gestión entre las entidades gubernamentales que poseen o generan datos estadísticos para su posterior reporte a fuentes internacionales. Con esta acción se pretende mantener la consistencia entre bases de datos nacionales e internacionales.
- Conformación de mesas de trabajo con las principales entidades no gubernamentales (asociaciones gremiales, instituciones, etc.) que posean datos paramétricos para la generación de factores de emisión país específico. Esto es particularmente relevante para aquellas categorías significativas o clave.
- Desarrollo y mejora de factores de emisión país específicos para categorías de importancia.

5.3.9. Humedales (3.B.4.)

5.3.9.1. Descripción de la subcategoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas en las tierras cubiertas o saturadas por aguas la mayor parte del año (p. ej.: bonales) y que no entran en la categoría de *Tierras forestales*, *Tierras de cultivo*, *Pastizales* ni *Asentamientos*. La categoría puede subdividirse en gestionadas o no gestionadas, conforme a las definiciones nacionales. Incluye reservorios como una subdivisión gestionada y ríos y lagos naturales como subdivisiones no gestionadas.

5.3.9.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó 12,5 Gg CO_2 eq (representando el menos del 0,1 % del balance de CO_2 de la categoría *Tierras*), incrementándose notoriamente desde

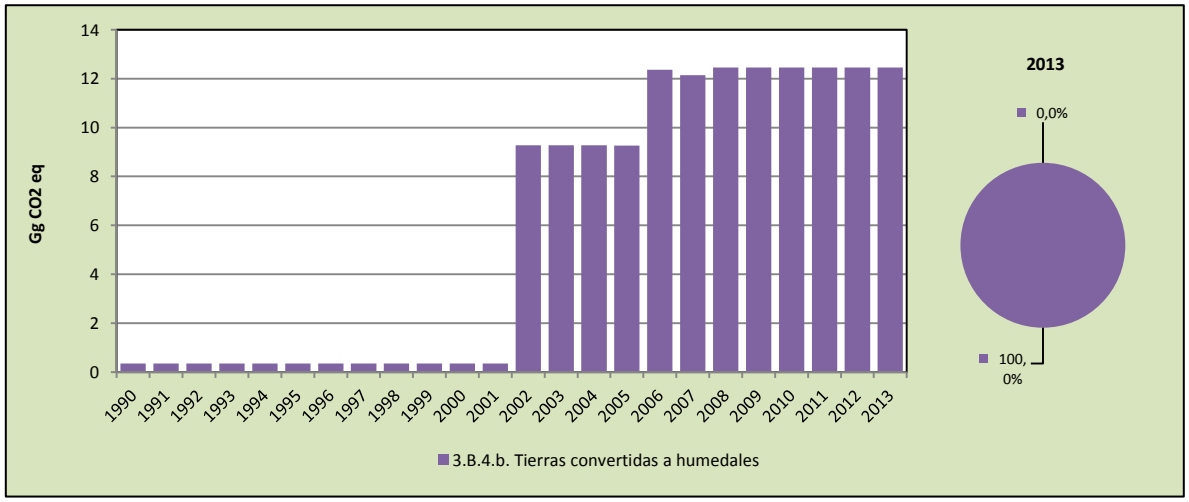
1990, aunque este es el uso de la tierra de menor relevancia (Tabla 259 y Figura 120). Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por componente, el 100,0 % corresponde a *Tierras convertidas en humedales*.

Tabla 259. 3.B.4. Humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.4.a. Humedales que permanecen como tales	-	-	-	-	-	-
3.B.4.b. Tierras convertidas en humedales	0,4	0,4	12,5	12,5	12,5	12,5
Balance	**0,4**	**0,4**	**12,5**	**12,5**	**12,5**	**12,5**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 120. 3.B.4. Humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.9.2.1. Humedales que permanecen como tales (3.B.4.a.)

No se registraron emisiones o absorciones de CO_2 en esta componente.

5.3.9.2.2. Tierras convertidas en humedales (3.B.4.b.)

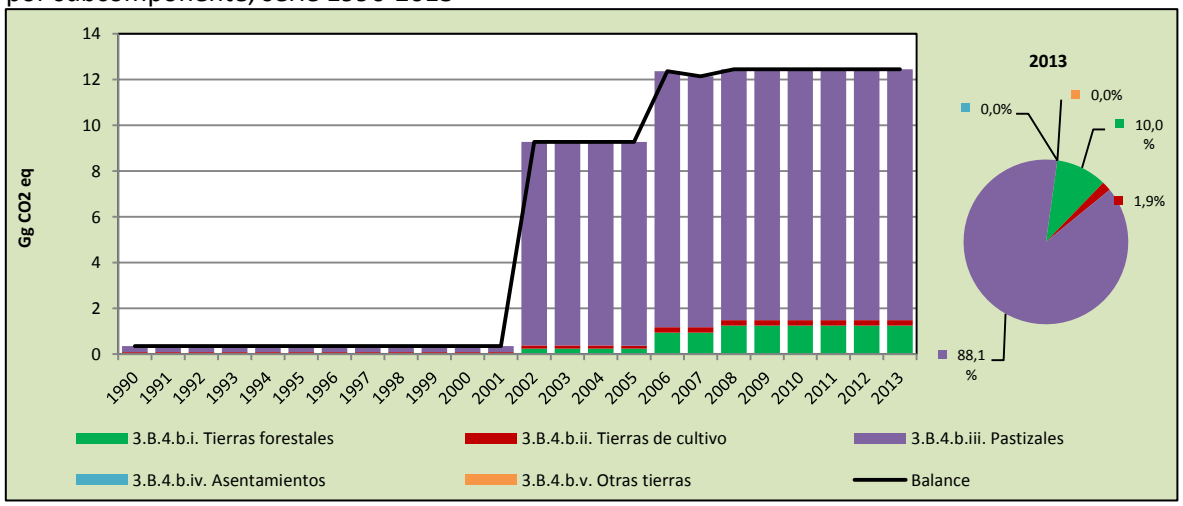
En 2013, el balance de CO_2 de esta componente contabilizó 12,5 Gg CO_2 eq, incrementándose notoriamente desde 1990, aunque este es el uso de la tierra de menor relevancia (Tabla 260 y Figura 121). Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por subcomponentes, los *Pastizales* son las de mayor importancia en el cambio de uso con un 88,1 %, seguido de un 10,0 % de *Tierras forestales*, y un 1,9 % de *Tierras de cultivo*. No se registraron emisiones de *Asentamientos y Otras tierras convertidas a humedales*.

Tabla 260. 3.B.4.b. Tierras convertidas en humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.4.b.i. Tierras forestales	0,0	0,0	1,2	1,2	1,3	1,2
3.B.4.b.ii. Tierras de cultivo	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
3.B.4.b.iii. Pastizales	0,3	0,3	11,0	11,0	11,0	11,0
3.B.4.b.iv. Asentamientos	-	-	-	-	-	-
3.B.4.b.v. Otras tierras	-	-	-	-	-	-
Balance	**0,4**	**0,4**	**12,5**	**12,5**	**12,5**	**12,5**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 121. 3.B.4.b. Tierras convertidas en humedales: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.9.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la subcategoría *Humedales* se aplicaron una combinación del método Nivel 1 y Nivel 2 para *Tierras convertidas en humedales*. El método Nivel 2 proviene de las estimaciones realizadas para las *Tierras forestales*. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 261 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 261. 3.B.4. Humedales: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.4. Humedales	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.4.a. Humedales que permanecen como tales	NE	NE				
3.B.4.b. Tierras convertidas en humedales	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.4.b.i. Tierras forestales	T2	CS				
3.B.4.b.ii. Tierras de cultivo	T1	D				
3.B.4.b.iii. Pastizales	T1	D				
3.B.4.b.iv. Asentamientos	NE	NE				
3.B.4.b.v. Otras tierras	NE	NE				

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

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

En el caso de *Humedales*, dado que solo se posee la superficie que cambia a humedales, se asumió que todo el carbono de la biomasa que existía previamente se emite como CO_2 al año del cambio de uso, como se detalla en las *Directrices del IPCC de 2006*.

Para estimar las absorciones y emisiones de carbono, se utilizó el cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa viva de tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas (Ecuación 46):

Ecuación 46. Cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa viva de tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas

$$\Delta C_{LWinund.LB} = \left[\sum_i A_i * \left(B_{Después_i} - B_{Antes_i}\right)\right] * CF$$

$$CO_{2_LWinund} = \Delta C_{LWinund\ .LB} * \frac{-44}{12}$$

Fuente: Ecuación 7.10; Capítulo 7; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $\Delta C_{LWInund\ .LB}$ = Cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en *Tierras convertidas en humedales* (t C año^{-1}),
- A_i = Superficie de tierras convertidas anualmente en *Humedales* a partir del uso original de la tierra (ha año^{-1}),
- $B_{Después_i}$ = Biomasa inmediatamente después de la conversión en *Humedales* (t ms ha^{-1} (= 0)),
- B_{Antes_i} = Biomasa antes de la conversión en *Humedales* (t ms ha^{-1}),
- CF = Fracción de carbono de materia seca (= 0,5) (t C (t ms)$^{-1}$),
- $CO_{2_LWinund}$ = Emisiones anuales de CO_2 en *Tierras convertidas en humedales* (CO_2 año^{-1}).

Se asume que el carbono previo a la inundación se emite al año de la conversión.

5.3.9.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Tierras convertidas en pastizales

El dato de actividad estadístico necesario es la superficie de *Tierras forestales*, *Tierras de cultivo*, *Humedales*, *Asentamientos* y *Otras tierras* que cambian a *Pastizales*, que es un dato obtenido aplicando las tasas anuales de cambio entre usos de la tierra, emergentes del análisis de la información contenida en los *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF.

El dato de actividad paramétrico requerido, fue la biomasa acumulada de las *Tierras que se convierten a humedales.*

5.3.9.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.3.9.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2 de cada componente. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 262.

Tabla 262. 3.B.4. Humedales: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.B.4.b.i.	Tierras forestales	CO_2	13,1%	13,1%	184,4%	184,4%	184,9%	184,9%
3.B.4.b.ii.	Tierras de cultivo	CO_2	13,1%	13,1%	184,4%	184,4%	184,9%	184,9%
3.B.4.b.iii.	Pastizales	CO_2	13,1%	13,1%	184,4%	184,4%	184,9%	184,9%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

5.3.9.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.3.9.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.3.9.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad se explican en la sección *5.2.5.6.1. Control de la calidad* de *Fermentación entérica*.

5.3.9.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.3.9.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.3.9.7. Recálculos

5.3.9.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría los recálculos están asociados a que se incluyó por primera vez emisiones de CO_2 producto de *Tierras convertidas en humedales* en esta subcategoría, en los INGEI previos no pudieron ser incluidas por falta de datos.

5.3.9.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

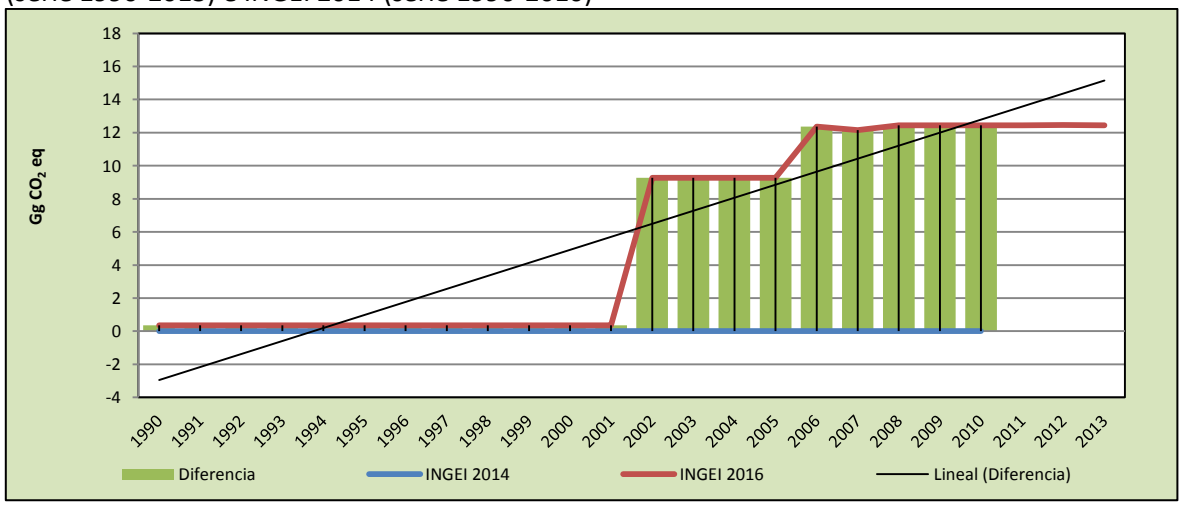
En la Tabla 263 y Figura 122 se observa cómo variaron las emisiones de CO_2 de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe a que, en este ejercicio, y por primera vez, fue posible incluir emisiones de CO_2 de *Tierras convertidas en humedales*. Esto generó un obvio incremento del 100 % de las emisiones CO_2 de la subcategoría, lo que se refleja en un promedio de 4,9 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 263. 3.B.4. Humedales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	-	-	-			
INGEI 2016	0,4	0,4	12,5	12,5	12,5	12,5
Diferencia	**0,4**	**0,4**	**12,5**			
Diferencia %	**100,0%**	**100,0%**	**100,0%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 122. 3.B.4. Humedales: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.9.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Aplicar en futuras actualizaciones el nuevo *Suplemento de Humedales de 2013 para las Directrices del IPCC de 2006* que incluyen mayor información sobre los cálculos de GEI de esta categoría.
- Incluir mayor información a nivel nacional sobre la vegetación presente en humedales.
- Incluir en la categoría de tierra *Humedales* del IPCC, las categorías *Cuerpos de agua* de CONAF.

5.3.10. Asentamientos (3.B.5.)

5.3.10.1. Descripción de la subcategoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas en las tierras donde hay asentamientos humanos, áreas urbanas e infraestructura construida (aeropuertos, carreteras, emplazamientos industriales), salvo que ya se hayan incluido en otras categorías.

En el contexto nacional, según estadísticas de CONAF (2013), los asentamientos abarcan una superficie de 362.010 ha en el país, lo que equivale al 0,38 % de la superficie nacional.

5.3.10.2. Tendencia de las emisiones de GEI

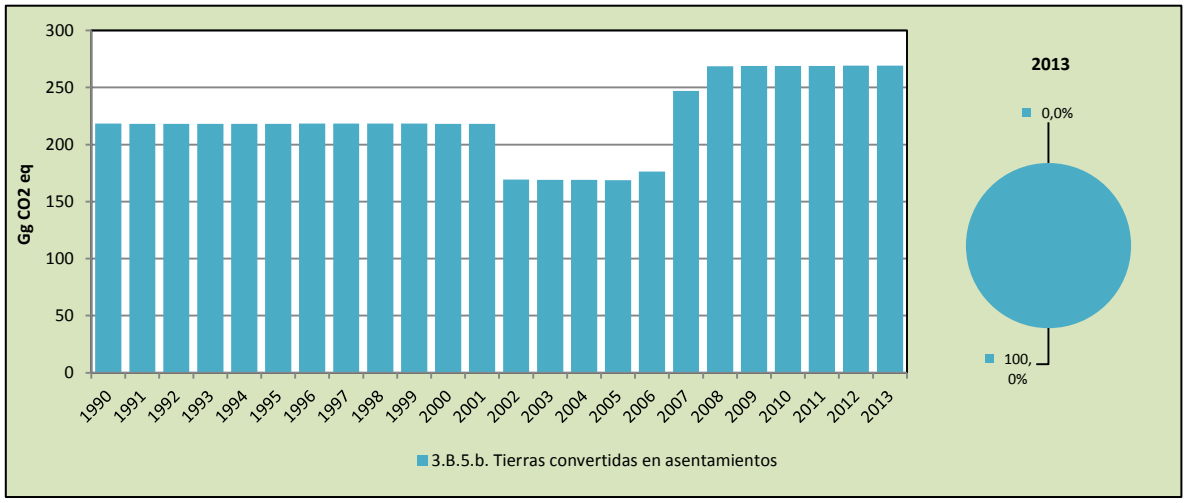
En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó 269,2 Gg CO_2 eq (representando el 0,6 % del balance de CO_2 de la categoría *Tierras*), incrementándose en un 23,3 % desde 1990 y en un 0,2 % desde 2010 (Tabla 264 y Figura 123). Respecto a las emisiones y absorciones de CO_2 en términos absolutos por componente, el 100,0 % corresponde a *Tierras convertidas en asentamientos*.

Tabla 264. 3.B.5. Asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.5.a. Asentamientos que permanecen como tales	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b. Tierras convertidas en asentamientos	218,3	218,2	268,8	269,0	269,1	269,2
Balance	**218,3**	**218,2**	**268,8**	**269,0**	**269,1**	**269,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 123. 3.B.5. Asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.10.2.1. Asentamientos que permanecen como tales (3.B.5.a.)

No se registraron emisiones o absorciones de CO_2 en esta componente.

5.3.10.2.2. Tierras convertidas en asentamientos (3.B.5.b.)

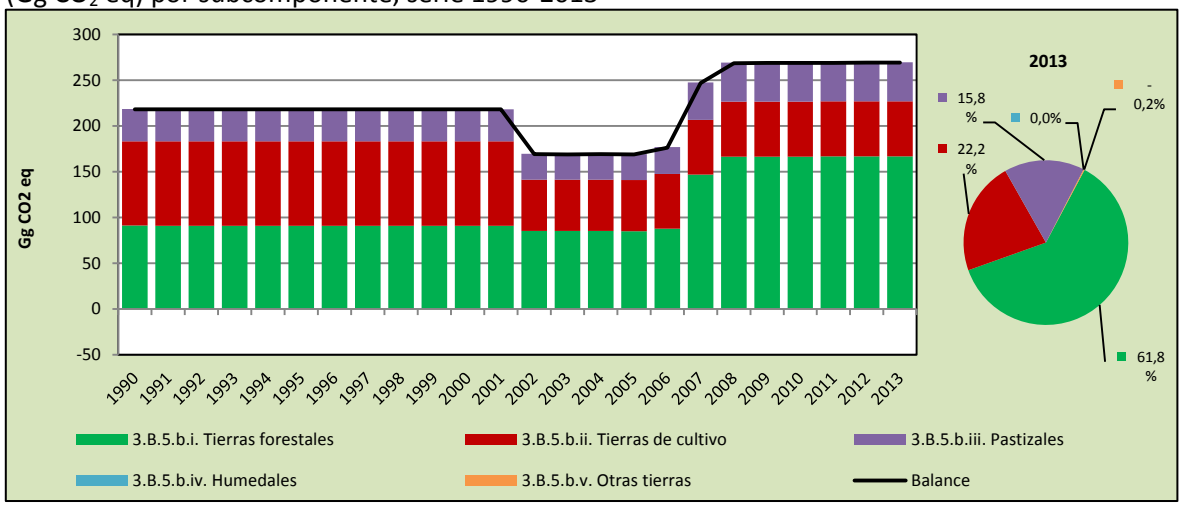
En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó 269,2 Gg CO_2 eq (representando el 0,6 % del balance de CO_2 de la categoría *Tierras*), incrementándose en un 23,3 % desde 1990 y en un 0,2 % desde 2010 (Tabla 265 y Figura 124). Respecto a las emisiones y absorciones de CO_2 en términos absolutos por subcomponentes, las *Tierras forestales* son las de mayor importancia en el cambio de uso con un 61,9 %, seguido de un 22,3 % de *Tierras de cultivo*, 15,8 % de *Pastizales* y 0,2 % de *Otras tierras*. No se registraron emisiones de *Humedales convertidas en asentamientos*.

Tabla 265. 3.B.5.b. Tierras convertidas en asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.5.b.i. Tierras forestales	91,1	91,1	166,5	166,7	166,8	166,9
3.B.5.b.ii. Tierras de cultivo	92,2	92,2	60,1	60,1	60,1	60,1
3.B.5.b.iii. Pastizales	35,1	35,1	42,7	42,7	42,7	42,7
3.B.5.b.iv. Humedales	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b.v. Otras tierras	-0,1	-0,1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Balance	**218,3**	**218,2**	**268,8**	**269,0**	**269,1**	**269,2**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 124. 3.B.5.b. Tierras convertidas en asentamientos: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.10.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la subcategoría *Asentamientos* se aplicaron una combinación del método Nivel 1 y Nivel 2 para *Tierras convertidas en asentamientos*. El método Nivel 2 proviene de las estimaciones realizadas para las *Tierras forestales*. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 266 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 266. 3.B.5. Asentamientos: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.5. Asentamientos	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.5.a. Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE				
3.B.5.b. Tierras convertidas en asentamientos	T1, T2, NE	CS, D, NE				
3.B.5.b.i. Tierras forestales	T2	CS				
3.B.5.b.ii. Tierras de cultivo	T1	D				
3.B.5.b.iii. Pastizales	T1	D				
3.B.5.b.iv. Humedales	NE	NE				
3.B.5.b.v. Otras tierras	T1	D				

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Las emisiones y absorciones de CO_2 de *Asentamientos que permanecen como tales* no fueron cuantificadas debido a que el país no cuenta con información paramétrica para este componente. La metodología es la misma aplicada para los otros cambios de uso de tierras, e implica estimar el cambio anual de las existencias de carbono, en los depósitos de carbono considerados en este INGEI.

5.3.10.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

El dato de actividad estadístico necesario es la superficie de *Tierras forestales*, *Tierras de cultivo*, *Humedales*, *Pastizales* y *Otras tierras* que cambian a *Asentamientos*, que es un dato obtenido aplicando las tasas anuales de cambio entre usos de la tierra, emergentes del análisis de la información contenida en los *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF.

Los datos paramétricos usados son: existencia de biomasa en *Tierras forestales* (generado por INFOR y CONAF), existencia de biomasa en *Tierras de cultivo* y existencia de biomasa en *Pastizales* (por defecto, *Directrices del IPCC de 2006*). La tasa de crecimiento de la biomasa en *Asentamientos* asumida fue de 1 t ms/ha/año, valor proveniente del juicio de experto.

5.3.10.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.3.10.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2 de cada componente. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 267.

Tabla 267. 3.B.5. Asentamientos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.B.5.b.i.	Tierras forestales	CO_2	15,0%	15,0%	210,0%	210,0%	210,5%	210,5%
3.B.5.b.ii.	Tierras de cultivo	CO_2	15,0%	15,0%	210,0%	210,0%	210,5%	210,5%
3.B.5.b.iii.	Pastizales	CO_2	15,0%	15,0%	210,0%	210,0%	210,5%	210,5%
3.B.5.b.v.	Otras tierras	CO_2	15,0%	15,0%	210,0%	210,0%	210,5%	210,5%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

5.3.10.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.3.10.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.3.10.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades

rutinarias para el control de la calidad se explican en la sección *5.2.5.6.1. Control de la calidad* de *Fermentación entérica*.

5.3.10.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.3.10.6.3. Verificación

Se utiliza como fuente referencial de verificación la superficie de asentamientos de *Superficie Construida en las Ciudades Chilenas, 2011* del Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile. Además, se realizaron comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.3.10.7. Recálculos

5.3.10.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría los recálculos están asociados a cambios e incorporación de nuevos datos sobre el uso de las tierras y el cambio de usos de las tierras en las nuevas actualizaciones del *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF.

5.3.10.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

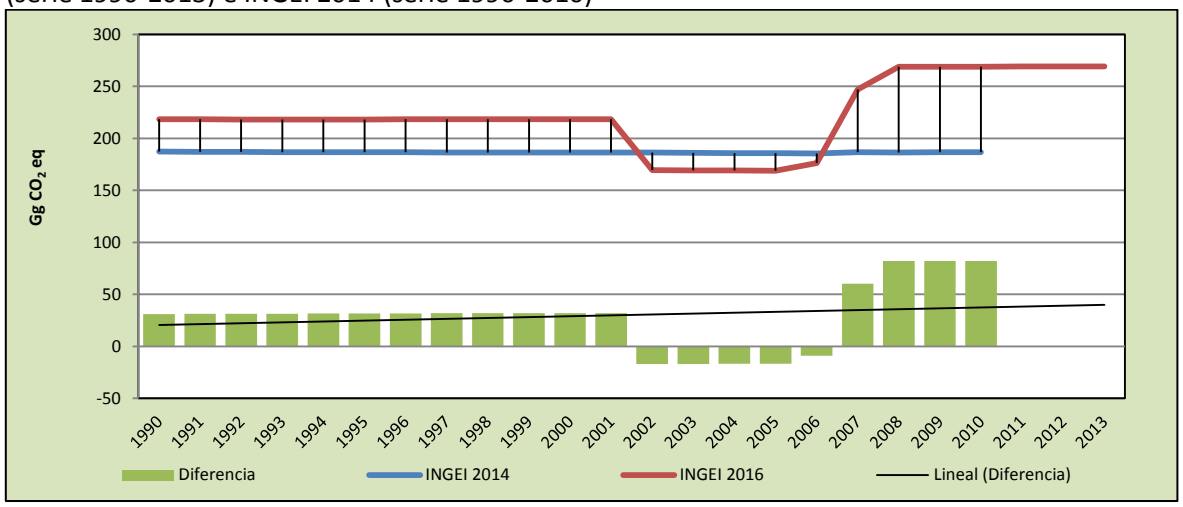
En la Tabla 268 y Figura 125 se observa cómo variaron las emisiones de CO_2 de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe a la actualización de las fuentes de datos de actividad relacionados con la superficie de uso de las tierras. Esto generó un aumento de las emisiones de CO_2 de la subcategoría en un promedio de 29,0 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 268. 3.B.5. Asentamientos: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	187,2	186,3	186,8			
INGEI 2016	218,3	218,2	268,8	269,0	269,1	269,2
Diferencia	**31,1**	**31,9**	**82,0**			
Diferencia %	**14,2%**	**14,6%**	**30,5%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 125. 3.B.5. Asentamientos: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.10.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la coordinación y gestión entre las entidades gubernamentales que poseen/generan datos estadísticos, para su posterior reporte a fuentes internacionales. Con esta acción se pretende mantener la consistencia entre bases de datos nacionales e internacionales.
- Mejora de datos estadísticos y paramétricos de *Asentamientos*, mediante la incorporación de las nuevas actualizaciones del *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF y de información la información sobre arbolado urbano.

5.3.11. Otras tierras (3.B.6.)

5.3.11.1. Descripción de la subcategoría

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 generadas en zonas de suelo desnudo, roca, hielo y todas las zonas de tierras no gestionadas que no pertenecen a ninguna de las otras cinco categorías.

En el contexto nacional, la subcategoría *Otras tierras* se encuentra conformada por las categorías que reconoce la CONAF, a saber:

- Áreas desprovistas de vegetación,
- Nieves y glaciares,
- Cuerpos de agua y,
- Áreas no reconocidas.

En total son 30.465.941 ha, que equivalen a 40 % de la superficie total nacional en 2013.

5.3.11.2. Tendencia de las emisiones de GEI

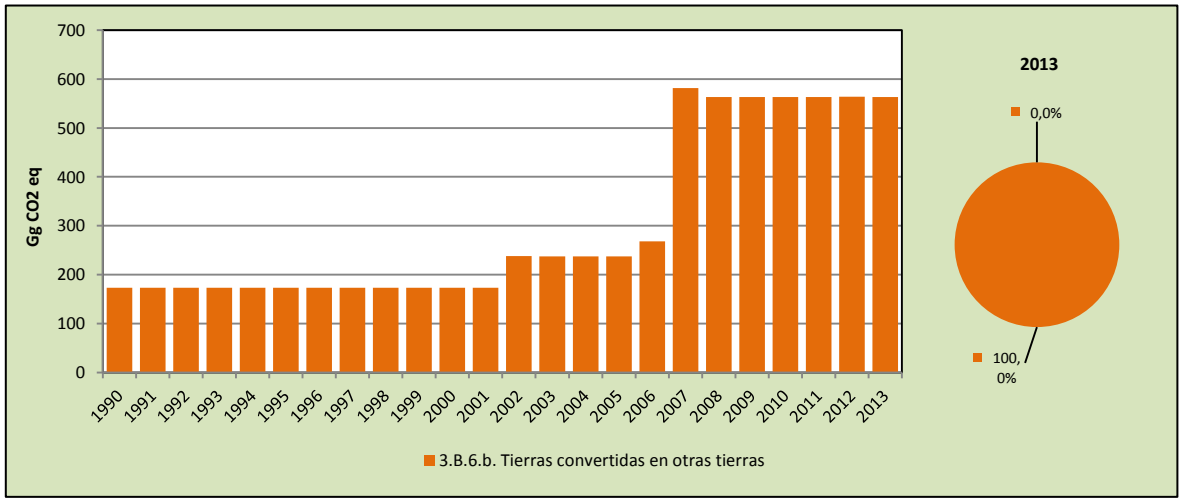
En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó 563,6 Gg CO_2 eq (representando el 1,3 % del balance de CO_2 de la categoría *Tierras*), incrementándose en un 224,9 % desde 1990 y manteniéndose estable desde 2010 (Tabla 269 y Figura 126). Respecto a las emisiones y absorciones de CO_2 en términos absolutos por componente, el 100,0 % corresponde a *Tierras convertidas en otras tierras*.

Tabla 269. 3.B.6. Otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.6.a. Otras tierras que permanecen como tales	-	-	-	-	-	-
3.B.6.b. Tierras convertidas en otras tierras	173,5	173,2	563,6	563,6	563,7	563,6
Balance	**173,5**	**173,2**	**563,6**	**563,6**	**563,7**	**563,6**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 126. 3.B.6. Otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.11.2.1. Otras tierras que permanecen como tales (3.B.6.a.)

No se registraron emisiones o absorciones de CO_2 en esta componente.

5.3.11.2.2. Tierras convertidas en otras tierras (3.B.6.b.)

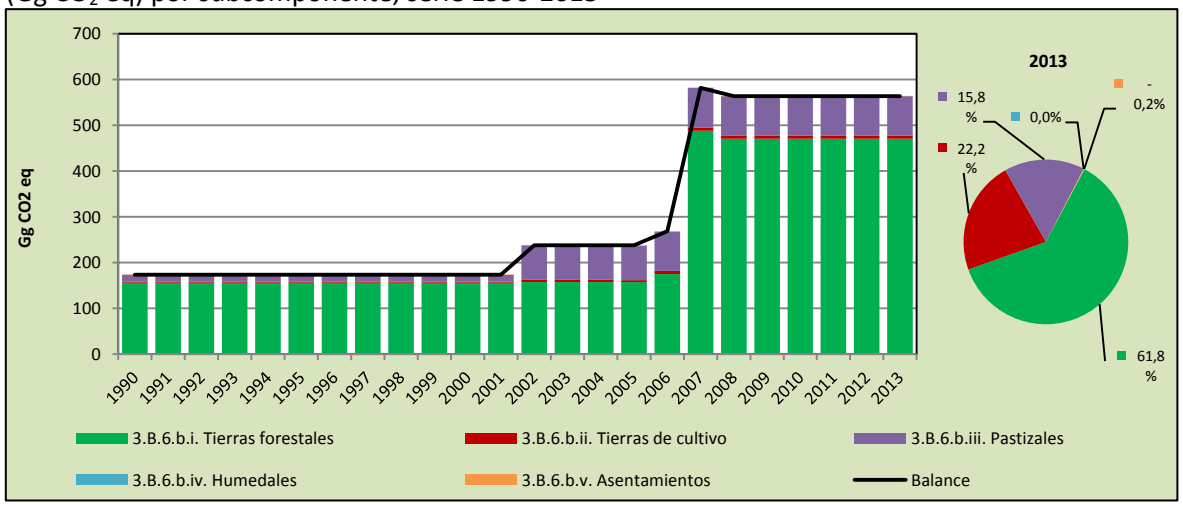
En 2013, el balance de CO_2 de esta subcategoría contabilizó 563,6 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 224,9 % desde 1990 y manteniéndose estable desde 2010 (Tabla 270 y Figura 127). Respecto a las emisiones y absorciones de CO_2 en términos absolutos por subcomponentes, las *Tierras forestales* son las de mayor importancia en el cambio de uso con un 83,5 %, seguido de un 15,3 % de *Pastizales*, 1,1 % de *Tierras de cultivo* y menos del 0,1 % de *Asentamientos*. No se registraron emisiones de *Humedales convertidas en otras tierras*.

Tabla 270. 3.B.6.b. Tierras convertidas en otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013

Subcomponente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.B.6.b.i. Tierras forestales	156,0	155,8	470,7	470,7	470,8	470,7
3.B.6.b.ii. Tierras de cultivo	2,5	2,5	6,3	6,3	6,3	6,3
3.B.6.b.iii. Pastizales	15,0	15,0	86,4	86,4	86,4	86,4
3.B.6.b.iv. Humedales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.B.6.b.v. Asentamientos	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Balance	**173,5**	**173,2**	**563,6**	**563,6**	**563,7**	**563,6**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 127. 3.B.6.b. Tierras convertidas en otras tierras: emisiones y absorciones de CO_2 (Gg CO_2 eq) por subcomponente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.11.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la subcategoría *Otras tierras* se aplicaron una combinación del método Nivel 1 y Nivel 2 para *Tierras convertidas en otras tierras*. El método Nivel 2 proviene de las estimaciones realizadas para las *Tierras forestales*. Ambos métodos de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006.* En la Tabla 271 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 271. 3.B.6. Otras tierras: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.B.6. Otras tierras	T1, T2, NE	D, NE				
3.B.6.a. Otras tierras que permanecen como tales	NE	NE				
3.B.6.b. Tierras convertidas en otras tierras	T1, T2, NE	D, NE				
3.B.6.b.i. Tierras forestales	T2	CS				
3.B.6.b.ii. Tierras de cultivo	T1	D				
3.B.6.b.iii. Pastizales	T1	D				
3.B.6.b.iv. Humedales	NE	NE				
3.B.6.b.v. Asentamientos	T1	D				

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

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Las emisiones y absorciones de CO_2 de *Otras tierras que permanecen como tales* no fueron cuantificadas debido a que el país no cuenta con información paramétrica para este componente. La metodología es la misma aplicada para los otros cambios de uso de tierras, e implica estimar el cambio anual de las existencias de carbono, en los depósitos de carbono considerados en este INGEI.

5.3.11.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

El dato de actividad estadístico necesario es la superficie de *Tierras forestales*, *Tierras de cultivo*, *Humedales*, *Pastizales* y Asentamientos que cambian a *Otras tierras*, que es un dato obtenido aplicando las tasas anuales de cambio entre usos de la tierra, emergentes del análisis de la información contenida en los *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF.

5.3.11.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.3.11.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2 de cada componente. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 272.

Tabla 272. 3.B.6. Otras tierras: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.B.6.b.i.	Tierras forestales	CO_2	13,1%	13,1%	184,4%	184,4%	184,9%	184,9%
3.B.6.b.ii.	Tierras de cultivo	CO_2	13,1%	13,1%	184,4%	184,4%	184,9%	184,9%
3.B.6.b.iii.	Pastizales	CO_2	13,1%	13,1%	184,4%	184,4%	184,9%	184,9%
3.B.6.b.v.	Asentamientos	CO_2	13,1%	13,1%	184,4%	184,4%	184,9%	184,9%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

5.3.11.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.3.11.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.3.11.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad se explican en la sección *5.2.5.6.1. Control de la calidad* de *Fermentación entérica*.

5.3.11.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.3.11.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.3.11.7. Recálculos

5.3.11.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría los recálculos están asociados a cambios e incorporación de nuevos datos sobre el uso de las tierras y el cambio de usos de las tierras en las nuevas actualizaciones del *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF.

5.3.11.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

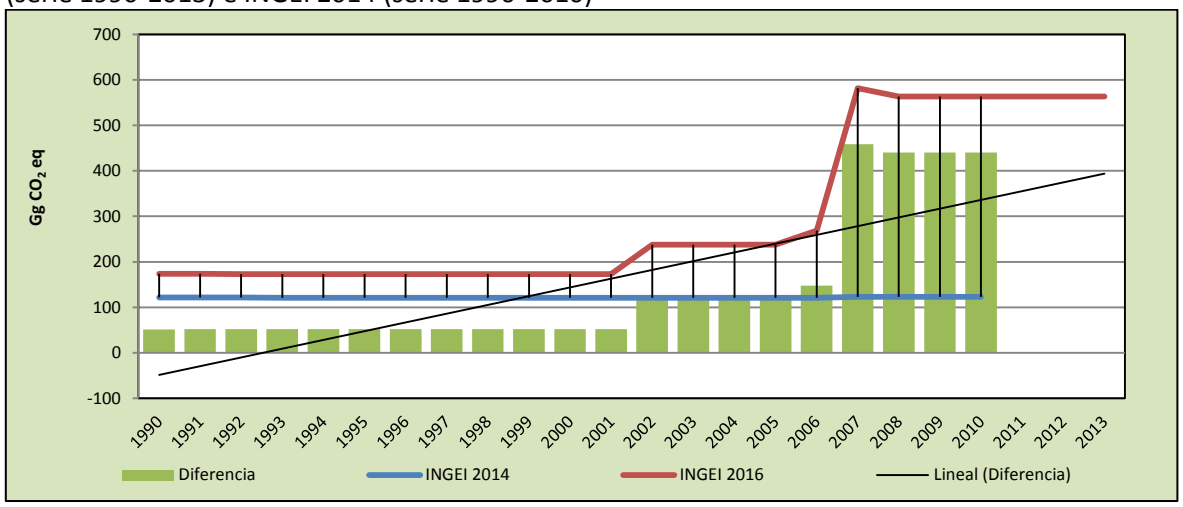
En la Tabla 273 y Figura 128 se observa cómo variaron las emisiones de CO_2 de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe a la actualización de las fuentes de datos de actividad relacionados con la superficie de uso de las tierras. Esto generó un aumento de las emisiones de CO_2 de la subcategoría en un promedio de 143,6 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 273. 3.B.6. Otras tierras: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	121,8	121,2	123,2			
INGEI 2016	173,5	173,2	563,6	563,6	563,7	563,6
Diferencia	**51,7**	**52,0**	**440,3**			
Diferencia %	**29,8%**	**30,0%**	**78,1%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 128. 3.B.6. Otras tierras: comparación entre el balance de CO_2 (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.3.11.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la coordinación y gestión entre las entidades gubernamentales que poseen/generan datos estadísticos, para su posterior reporte a fuentes internacionales. Con esta acción se pretende mantener la consistencia entre bases de datos nacionales e internacionales.
- Mejora de datos estadísticos y paramétricos de *Otras tierras*, mediante la incorporación de las nuevas actualizaciones del *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* de CONAF y de información la información sobre arbolado urbano.

5.4. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra (3.C.)

5.4.1. Descripción de la categoría

Esta categoría incluye las emisiones de GEI generadas por actividades silvoagropecuarias como las emisiones no CO_2 de la quema de biomasa, CO_2 del encalado de los suelos y aplicación de urea, N_2O directo e indirecto de la aplicación de nitrógeno a los suelos y gestión de tierras, y CH_4 del cultivo del arroz.

En el contexto nacional, todas las subcategorías se incluyen al INGEI de Chile:

- 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa
- 3.C.2. Encalado
- 3.C.3. Aplicación de urea
- 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados

- 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados
- 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol
- 3.C.7. Cultivo del arroz

5.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 8.510,7 Gg CO_2 eq (representando el 15,5 % del balance de GEI del sector *AFOLU*), incrementándose en un 16,4 % desde 1990 y en un 3,3 % desde 2010 (Tabla 274 y Figura 129). En general, este aumento se debe principalmente a la aplicación de nitrógeno como fertilizante de suelos.

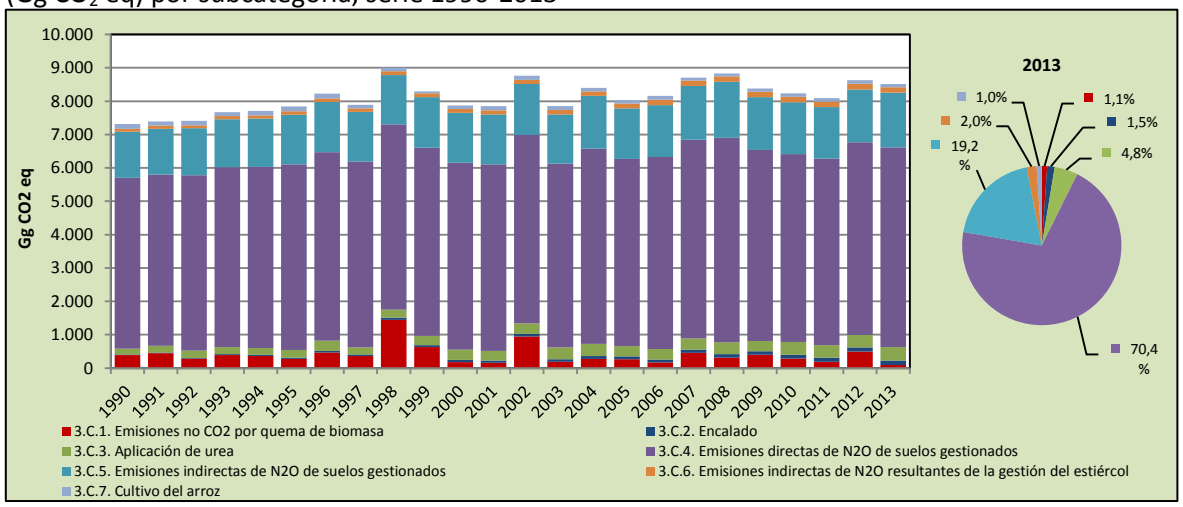
Respecto a las subcategorías, el 70,4 % de las emisiones corresponden a *Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados*. Le siguen *Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados* con un 19,2 %, un 4,8 % de *Aplicación de urea*, 2,0 % de *Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol*, 1,5 % de *Encalado*, 1,1 % de *Emisiones no CO_2 por quema de biomasa* y, finalmente, 1,0 % de *Cultivo del arroz*. Se observa, una vez más, la importancia de los incendios forestales y de las quemas de biomasa en las emisiones de GEI de la serie temporal (al igual que en la categoría *Tierras*). Además, se observa que aunque la subcategoría *Encalado* no es la de mayor relevancia, ha tenido un importante aumento de 636,3 % desde 1990.

Tabla 274. 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa	389,8	183,2	287,9	191,8	495,8	93,0
3.C.2. Encalado	17,5	63,6	114,3	119,2	124,0	128,8
3.C.3. Aplicación de urea	173,9	305,1	379,7	374,1	374,3	404,9
3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	5.125,9	5.600,0	5.631,1	5.589,5	5.773,4	5.989,4
3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	1.380,2	1.498,8	1.556,1	1.548,6	1.588,2	1.635,3
3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol	85,5	113,7	162,2	163,9	170,1	170,3
3.C.7. Cultivo del arroz	137,9	109,0	103,8	106,3	101,5	88,9
Total	**7.310,7**	**7.873,5**	**8.235,1**	**8.093,4**	**8.627,2**	**8.510,7**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 129. 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para todas las categorías consideradas en el sector se utilizaron las metodologías propuestas por las *Directrices del IPCC de 2006*. En el caso de la categoría *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra* se aplicó un método Nivel 1 para todas las subcategorías. En la Tabla 275 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 275. 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra	T1, NA, NO	D, NA, NO	T1, NE, NO	D, NE, NO	T1, NA, NE, NO	D, NA, NE, NO
3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa	NA	NA	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE
3.C.2. Encalado	T1	D				
3.C.3. Aplicación de urea	T1	D				
3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados					T1	D
3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados					T1	D
3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol					T1	D
3.C.7. Cultivo del arroz			T1	D	NA	NA
3.C.8. Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.4. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa (3.C.1.)

5.4.4.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones de N_2O y CH_4 generadas por la quema de biomasa. Aquí se incluyen las emisiones de CO_2 únicamente si no están incluidas en la categoría *Tierras* como cambios en las existencias de carbono.

En el contexto nacional, se incluye emisiones de GEI de las siguientes subcategorías:

- 3.C.1.a. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras forestales (desagregadas en bosque nativo, plantaciones forestales y residuos de la cosecha)
- 3.C.1.b. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras de Cultivo (desagregadas en residuos agrícolas e incendios en tierras de cultivo)
- 3.C.1.c. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Pastizales

5.4.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 93,0 Gg CO_2 eq (representando el 1,1 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 76,1 % desde 1990 y en un 67,7 % desde 2010 (Tabla 276 y Figura 130). La principal causante son las emisiones de GEI desde los incendios en *Tierras forestales*, así mismo la tendencia de la serie responde a esta naturaleza oscilante y casuística de este fenómeno, que en Chile se reconoce siempre de origen antrópico.

Es preciso señalar que los incendios forestales corresponden a una de las causas del proceso de fragmentación del bosque, desforestación, desertificación y contaminación atmosférica y, por esta razón, es fundamental determinar sus impactos y sus emisiones en Chile. De acuerdo a los análisis de las bases de datos *Estadísticas históricas de incendios forestales* proporcionadas por CONAF, se determinó que los incendios forestales ocurridos entre los años 1990 y 2013 afectaron una superficie anual promedio de 9.749 hectáreas de bosque nativo y 11.080 hectáreas de plantaciones forestales, cuya causa principal radica en el ser humano y sus actividades.

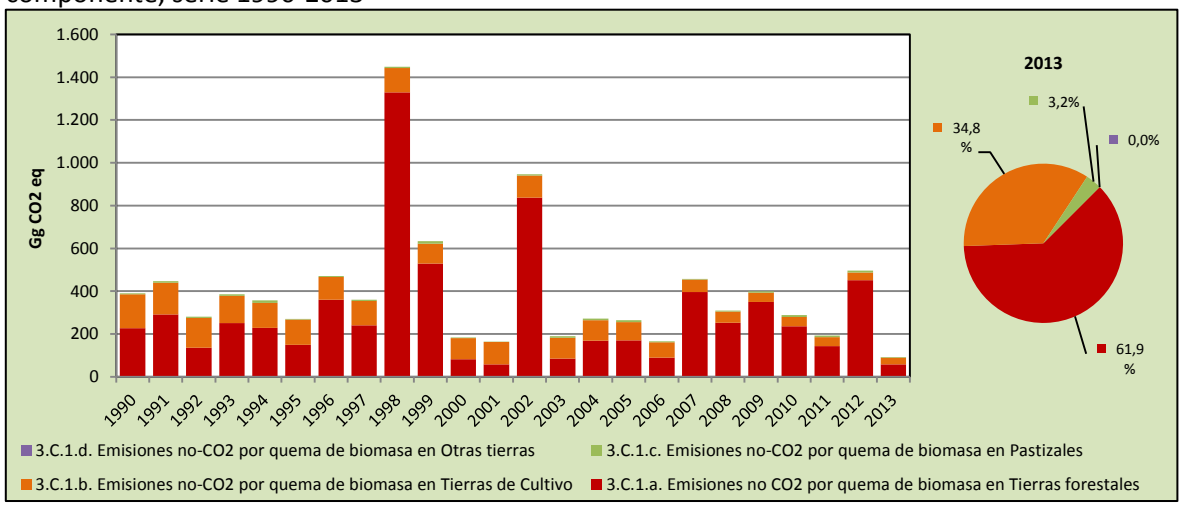
Respecto a los componentes (Figura 130), la *Quema de biomasa en Tierras forestales* acumula la mayoría de las emisiones de GEI, representando un 61,9 % de la subcategoría. Le siguen *Quema de biomasa en Tierras de cultivo* con un 34,8 %, y *Quema de biomasa en Pastizales* con un 3,2 %. Es interesante notar que cada uno de los componentes ha disminuido sus emisiones durante la serie 1990-2013, lo que responde (especialmente en las Tierras de cultivo) a la implementación de regulaciones legales en cuanto a las quemas de residuos agrícolas en el país.

Tabla 276. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.1.a. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras forestales	226,6	82,5	235,4	142,6	451,8	57,6
3.C.1.b. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras de Cultivo	159,4	97,8	43,8	42,0	34,9	32,4
3.C.1.c. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Pastizales	3,8	2,8	8,6	7,3	9,0	3,0
3.C.1.d. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Otras tierras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	**389,8**	**183,2**	**287,9**	**191,8**	**495,8**	**93,0**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 130. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 277 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente y por tipo de GEI.

Tabla 277. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa	NA	NA	T1, NE	D, NE	T1, NE	D, NE
3.C.1.a. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras forestales	NA	NA	T1	D	T1	D
3.C.1.a.i. Bosque nativo	NA	NA	T1	D	T1	D
3.C.1.a.ii. Plantaciones forestales	NA	NA	T1	D	T1	D
3.C.1.a.iii. Residuos	NA	NA	T1	D	T1	D
3.C.1.b. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras de cultivo	NA	NA	T1	D	T1	D
3.C.1.c. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Pastizales	NA	NA	T1	D	T1	D
3.C.1.d. Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Otras tierras	NA	NA	NE	NE	NE	NE

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Esta subcategoría está mayormente subordinada a las subcategorías del *Tierras*, incluyendo tanto las tierras que permanecen en un mismo uso como aquellas que convierten a otros usos. Para entender el alcance de las emisiones contabilizadas, se trabajó con el supuesto que cuando se trata del cambio de uso de las tierras, no hay uso del fuego para eliminar la biomasa del uso

anterior, debido a que las estadísticas de CONAF sobre incendios forestales incluyen también los incendios por habilitación de tierras.

Es importante señalar que de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, aunque efectivamente se generan emisiones de CO_2 por el quemado *in situ* de residuos de cultivos o pastizales, estas no deben declararse porque se supone que la vegetación reabsorberá durante la siguiente temporada de crecimiento el carbono liberado durante el proceso de combustión. No obstante, las quemas agrícolas liberan otros GEI (CH_4 y N_2O). En el caso de los incendios producidos en tierras cultivadas, el CO_2 sí se contabiliza, pero es declarado en la categoría *Tierras de cultivo que permanecen como tales*; en este caso, se considera el CO_2 emergente de la quema de residuos leñosos y otros cuya regeneración toma períodos de más de un (1) año; el CO_2 emitido por quema de plantas anuales no se contabiliza.

En general, las emisiones de GEI de esta subcategoría han sido cuantificadas aplicando datos de actividad estadísticos nacionales y región específicos, alimentados con una combinación de datos de actividad paramétricos nacionales y por defecto, junto con factores de emisión por defecto.

Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras forestales

Para determinar las emisiones de GEI se requiere información estadística del Departamento de Manejo del fuego de CONAF, estadística que detalla la superficie en hectáreas de las tierras forestales nativas y plantaciones forestales afectada por incendios. Con esta información y con los factores de emisión por defecto del IPCC se aplicó la Ecuación 47.

Ecuación 47. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: estimación de emisiones de gases de efecto invernadero a causa del fuego

$$L_{fuego} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}$$

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, para cada gas de efecto invernadero (GEI) (CH_4, N_2O, etc.) (t),
- A = Superficie quemada (ha),
- M_B = Masa de combustible disponible para la combustión (t ha^{-1}),
- C_f = Factor de combustión (sin dimensión),
- G_{ef}= Factor de emisión (g kg^{-1}) de materia seca quemada.

Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras de cultivo

Para determinar las emisiones de GEI se aplicó una metodología país específica, pues se desarrolló una desagregación a nivel regional y una desagregación por componente operacional, que consistió en la utilización de criterio experto país específico para determinar la fracción de los residuos de los principales tipos de cultivos (cultivos anuales, hortalizas, frutales y forrajeras) que se destinan a la quema en el campo.

Respecto a las emisiones de gases no CO_2 por incendios ocurridos en tierras cultivadas, se trabajó con datos estadísticos que ya venían segregados por región administrativa, por lo que no fue necesario hacer una desagregación regional de tipo estimativa. Con esta información y con los factores de emisión por defecto del IPCC se aplicaron las siguientes ecuaciones.

Ecuación 48. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: biomasa disponible anualmente para la quema in situ

$$B_{disp\ Quema} = Res_{quema} \div Sup_{total}$$

Donde:

- $B_{disp\ Quema}$ = Biomasa disponible anualmente para ser quemada in situ (t ms ha^{-1} año^{-1}),
- Res_{quema}= Residuos de cultivo generados anualmente (t ms año^{-1}),
- Sup_{total} = Superficie anual total de cultivos (ha año^{-1}) o, $(Sup(HF|form)$ (ha año^{-1}) + $Sup(HF|prod))$ (ha año^{-1}) para el caso de Huertos Frutales.

Ecuación 49. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: residuos de cultivo generados anualmente

$$Res_{quema} = Res \times Frac_{quema}$$

Donde:

- Res_{quema}= Residuos de cultivo generados anualmente (t ms año^{-1}),
- Res = Residuos de cultivo generados anualmente (t ms año^{-1}),
- $Frac_{quema}$ = Fracción de los residuos de cultivo generados anualmente que destinada a la quema in situ (fracción).

Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Pastizales

Para determinar las emisiones de no CO_2 de incendios forestales que afectaron a *Pastizales* fue necesaria la misma información que se utilizó en *Quema de biomasa en Tierras Forestales*. Con esta información y con los factores de emisión por defecto del IPCC fueron estimadas las emisiones de GEI, a través de la Ecuación 2.27; Capítulo 2; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

5.4.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras forestales

La superficie anual afectada por incendios forestales es la utilizada en *Tierras forestales.*

Dentro de los datos paramétricos que requirió esta subcategoría están:

- Biomasa acumulada de tierras forestales nativas obtenida de CONAF.
- Biomasa acumulada de Plantaciones forestales, estimada a través de un promedio ponderado de las existencias forestales disponibles en los boletines estadísticos de INFOR con la superficie de plantaciones forestales subdividida regionalmente.
- Densidad básica de la madera, resultado de una exhaustiva revisión bibliográfica de diversos informes de densidad elaborados en Chile por parte de INFOR.

Factores de expansión de Tierras forestales, datos obtenidos del *Inventario de Biomasa y Contabilidad de carbono* (Gayoso, 2002). El factor de combustión, que expresa la proporción del combustible que realmente se quema, dato por defecto desde las Directrices del IPCC de 2006.

Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras de cultivo

Los datos paramétricos necesarios fueron una combinación de valores por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, valores nacionales de ODEPA, INE, FAOSTAT y juicio de expertos.

Residuos agrícolas

Se requirió generar y recopilar información sobre producción de los cultivos, además de parámetros país específico para determinar la proporción de residuos quemados por tipo de cultivo, índices de cosecha, fracciones de materia seca, fracción oxidada, etc. Los valores de los parámetros país específicos provienen de la bibliografía nacional y del juicio de expertos, que permitió hacer una segregación de los residuos de cultivos de acuerdo al destino que se les asigna. Esta segregación es utilizada no solamente en esta categoría, sino que también se requiere para estimar las emisiones provenientes de la incorporación al suelo de los residuos de cultivos, contabilizadas más adelante en las categorías *Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados* y *Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados*. Por tratarse de variables de uso múltiple y transversal, es decir, que constituyen la base de cálculo de más de una categoría, la distribución de los residuos agrícolas de acuerdo a su destino final es de gran importancia en el reporte de emisiones de GEI del sector *AFOLU* y, por tanto, se requiere describir de manera detallada los procedimientos de cálculo desarrollados. A continuación, se describen los métodos y cálculos utilizados para determinar el destino que se les da a los residuos generados en las tierras de cultivo.

Distribución de los residuos de cultivo

Para estimar la fracción de residuos agrícolas que es destinada a cada uso final son numerosos los datos paramétricos que se requieren, pues estos varían según los distintos tipos de cultivo. La determinación de estos datos paramétricos, entre los que destaca la desagregación de los residuos en sus posibles destinos finales, es básicamente atribuible al juicio de expertos. Los destinos finales designados a cada tipo de residuos son básicamente la quema in-situ, incorporación al suelo, consumo animal y enfarda, los cuales fueron evaluados para cinco rubros o tipos de cultivo, a saber, cultivos anuales, huertos frutales, hortalizas, forrajeras establecidas y forrajeras permanentes como el *Atriplex*.

Los datos de actividad estadísticos empleados para obtener la asignación de residuos agrícolas según destino final son básicamente datos de superficie cultivada por tipo de cultivo (Tabla 278).

Tabla 278. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: superficie (ha) por tipo de cultivo, serie 1990-2013

Año	Cultivos anuales	Huertos frutales	Hortalizas	Forrajeras	Forrajeras permanentes leñosas
1990	1.109.729,2	249.922,0	74.566,8	526.378,6	39.157,1
1991	1.004.949,9	254.638,5	81.396,5	525.471,2	40.906,6
1992	989.023,0	259.370,2	84.797,5	524.563,8	42.656,2
1993	878.236,9	261.653,7	85.218,4	523.656,4	44.405,7
1994	840.980,6	255.483,1	92.713,2	522.749,0	46.155,2
1995	880.073,4	257.822,6	93.274,2	521.841,7	47.904,7
1996	867.791,3	265.726,4	86.883,5	520.934,3	49.654,3
1997	852.087,3	278.471,9	67.599,0	520.026,9	51.403,8
1998	866.096,8	283.778,7	67.078,8	507.355,1	52.022,0
1999	789.292,6	289.085,5	66.558,6	494.683,4	52.640,2
2000	839.559,3	295.963,3	66.038,4	482.011,7	53.258,4

Año	Cultivos anuales	Huertos frutales	Hortalizas	Forrajeras	Forrajeras permanentes leñosas
2001	877.703,4	305.122,7	65.518,1	469.339,9	53.876,6
2002	870.931,7	317.553,3	64.997,9	456.668,2	54.494,8
2003	874.106,4	332.556,9	64.477,7	443.996,4	55.113,0
2004	901.742,3	353.713,6	63.957,5	431.324,7	55.731,2
2005	886.277,2	378.761,5	63.437,3	418.653,0	56.349,4
2006	803.977,9	409.867,4	62.917,0	405.981,2	56.967,6
2007	604.868,5	453.497,7	62.396,8	393.309,5	57.585,8
2008	695.956,9	422.563,4	62.887,8	380.689,9	58.204,0
2009	694.609,1	417.307,5	63.381,1	368.239,5	58.822,3
2010	662.296,1	416.816,8	62.339,7	355.974,0	59.440,5
2011	710.241,6	422.120,0	61.442,6	344.333,5	60.058,7
2012	682.047,0	424.105,6	60.758,5	333.305,7	60.676,9
2013	738.497,1	425.458,5	52.234,3	322.688,4	61.295,1

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

La desagregación de los residuos en sus posibles destinos finales requiere del cálculo del volumen total de residuos generados por la producción de cada tipo de cultivo (Tabla 279).

Tabla 279. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: residuos agrícolas generados anualmente (toneladas ms) por la producción de cada tipo de cultivos, serie 1990-2013

Año	Cultivos anuales	Huertos frutales	Hortalizas	Forrajeras	Forrajeras permanentes leñosas
1990	5.141.322,6	1.163.866,5	1.271.841,3	4.273.685,9	NE
1991	5.007.715,1	1.196.798,0	1.391.857,2	4.280.049,8	NE
1992	5.206.426,9	1.229.757,2	1.466.816,2	4.286.413,8	NE
1993	4.710.981,7	1.257.952,6	1.676.909,3	4.292.777,8	NE
1994	4.678.909,2	1.239.082,9	1.793.281,7	4.299.141,8	NE
1995	4.917.768,7	1.257.805,1	1.894.940,5	4.305.505,8	NE
1996	4.539.085,9	1.288.160,7	1.934.247,8	4.311.869,7	NE
1997	4.655.322,1	1.295.631,7	1.225.484,4	4.318.233,7	NE
1998	5.166.408,8	1.319.676,5	1.219.059,2	4.227.146,6	NE
1999	4.048.905,1	1.338.147,4	1.257.496,6	4.136.059,4	NE
2000	4.577.675,8	1.371.397,7	1.226.362,9	4.044.972,3	NE
2001	5.189.485,5	1.403.954,7	1.274.380,4	3.953.885,2	NE
2002	5.375.742,1	1.441.173,0	1.246.606,1	3.862.798,0	NE
2003	5.655.127,2	1.487.928,5	1.228.196,3	3.771.710,9	NE
2004	5.997.082,4	1.562.786,3	1.230.219,7	3.680.623,7	NE
2005	5.973.906,8	1.645.444,7	1.216.133,1	3.589.536,6	NE
2006	5.514.081,7	1.745.548,0	1.201.377,6	3.498.449,5	NE
2007	4.019.239,8	1.855.465,0	1.207.982,6	3.407.362,3	NE
2008	4.480.942,5	1.788.773,9	1.189.816,7	3.316.669,2	NE
2009	4.200.902,4	1.770.551,8	1.157.661,8	3.227.254,9	NE
2010	5.095.579,7	1.731.651,8	1.147.585,5	3.139.237,6	NE
2011	5.772.716,9	1.731.122,1	1.107.328,7	3.055.943,4	NE
2012	5.640.604,6	1.720.834,0	1.211.539,9	2.977.279,2	NE
2013	6.599.394,8	1.712.428,5	1.058.965,3	2.901.717,7	NE

Nota: NE = no estimado por falta de información

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Para generar los datos del cuadro anterior se requirió de una gran cantidad de datos de actividad paramétricos, los cuales se resumen en las Tabla 280, Tabla 281, Tabla 282 y Tabla 283.

Tabla 280. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de cultivos anuales

Especie	Índice de cosecha	Factor Residuos	Fracción de Materia Seca	Factor Residuos (ms)	Rendimiento (t ms ha-1)	Fracción de Carbono	Relación C/N	Relación N/C	Fracción de N
Cereales									
Arroz	0,48	1,08	0,89	0,96	4,82	0,45	65,00	0,02	0,01
Maíz	0,50	1,00	0,95	0,95	10,10	0,42	60,00	0,02	0,01
Avena	0,44	1,27	0,88	1,12	3,76	0,42	61,00	0,02	0,01
Cebada cervecera y forrajera	0,44	1,27	0,88	1,12	4,26	0,42	60,00	0,02	0,01
Centeno	0,44	1,27	0,85	1,08	3,13	0,42	60,00	0,02	0,01
Trigo blanco y candeal	0,42	1,38	0,90	1,24	4,26	0,42	60,00	0,02	0,01
Triticale	0,42	1,38	0,90	1,24	4,76	0,42	60,00	0,02	0,01
Cultivos industriales principales									
Lupino	0,38	1,63	0,86	1,40	2,08	0,42	35,00	0,03	0,02
Maravilla	0,36	1,78	0,90	1,60	1,81	0,42	52,00	0,02	0,01
Raps	0,30	2,33	0,80	1,87	2,93	0,42	52,00	0,02	0,05
Remolacha	0,65	1,00	0,18	0,18	72,86	0,42	28,00	0,04	0,02
Tomate industrial	0,42	1,38	0,90	1,24	59,59	0,42	60,00	0,02	0,01
Leguminosas y tubérculos									
Poroto	0,40	1,50	0,90	1,35	1,55	0,42	53,00	0,02	0,03
Lenteja	0,37	1,70	0,91	1,55	0,71	0,42	54,00	0,02	0,02
Arveja	0,31	2,23	0,77	1,71	1,09	0,42	53,00	0,02	0,02
Garbanzo	0,35	1,86	0,92	1,71	0,93	0,42	53,00	0,02	0,01
Chícharo	0,35	1,86	0,89	1,65	0,84	0,42	53,00	0,02	0,03
Tubérculos									
Papa	0,72	0,39	0,12	0,05	18,52	0,42	26,00	0,04	0,02

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Tabla 281. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de huertos frutales

Especie	Biomasa viva (t msha^{-1})	Restos de poda anuales (t ms ha año^{-1})	Duración (años)	Biomasa viva (t ms ha^{-1})	Restos de poda anuales (t ms ha año^{-1})	Duración (años)	Duración (años)	Tasa de crecimiento anual (t ms ha^{-1})	Factor de combustión	Fracción de n en residuos subterráneos	Fracción de n en residuos aéreos
Frutales mayores caducifolios	2,85	2,09	3,67	15,92	7,83	19,25	22,92	0,83	0,90	0,02	0,02
Almendro	1,68	2,00	3,00	14,00	8,00	22,00	25,00	0,56	0,90	0,02	0,02
Cerezo	1,20	1,00	5,00	6,00	4,00	20,00	25,00	0,24	0,90	0,02	0,02
Ciruelo europeo	4,60	3,00	4,00	22,99	10,00	16,00	20,00	1,15	0,90	0,02	0,02
Ciruelo japonés	6,13	3,00	4,00	22,99	12,00	11,00	15,00	1,53	0,90	0,02	0,02
Duraznero consumo fresco	5,02	3,00	3,00	25,12	12,00	12,00	15,00	1,67	0,90	0,02	0,02
Duraznero tipo conservero	3,77	3,00	3,00	25,12	12,00	17,00	20,00	1,26	0,90	0,02	0,02
Kiwi	1,35	1,00	3,00	9,00	4,00	17,00	20,00	0,45	0,90	0,02	0,02
Manzano rojo	1,12	0,60	4,00	7,00	3,00	21,00	25,00	0,28	0,90	0,02	0,02
Manzano verde	1,60	1,50	4,00	10,00	6,00	21,00	25,00	0,40	0,90	0,02	0,02
Nectarino	5,37	3,00	3,00	26,86	10,00	12,00	15,00	1,79	0,90	0,02	0,02
Nogal	1,70	3,00	4,00	17,00	10,00	36,00	40,00	0,43	0,90	0,02	0,02
Peral europeo	0,67	1,00	4,00	5,00	3,00	26,00	30,00	0,17	0,90	0,02	0,02
Frutales mayores perennifolios	0,88	0,63	3,13	8,28	2,93	23,50	27,50	0,31	0,90	0,02	0,02
Limonero	0,75	1,00	3,00	5,00	3,00	17,00	20,00	0,25	0,90	0,02	0,02
Naranjo	0,60	0,50	3,00	4,00	2,00	17,00	20,00	0,10	0,90	0,02	0,02
Olivo	1,67	0,50	3,50	19,11	3,70	33,00	40,00	0,64	0,90	0,02	0,02
Palto	0,50	0,50	3,00	5,00	3,00	27,00	30,00	0,25	0,90	0,02	0,02
Frutales menores	0,78	0,35	2,67	5,18	1,48	17,17	19,83	0,28	0,90	0,02	0,02
Arándano americano	0,32	0,20	2,00	4,00	1,00	23,00	25,00	0,16	0,90	0,02	0,02
Avellano europeo	1,28	0,40	4,00	8,00	2,00	21,00	25,00	0,32	0,90	0,02	0,02
Frambuesa	0,75	0,45	2,00	3,55	1,45	7,50	9,50	0,37	0,90	0,02	0,02
Viñas y parronales	0,98	0,90	2,00	15,29	4,58	30,00	31,67	0,49	0,90	0,02	0,02

Especie	Biomasa viva	Restos de poda	Duración (años)	Biomasa viva (t	Restos de poda	Duración (años)	Duración (años)	Tasa de crecimie	Factor de combusti	Fracción de n en	Fracción de n en
Vid de mesa	1,10	1,00	2,00	13,70	5,00	23,00	25,00	0,55	0,90	0,02	0,02
Vid pisquera	0,69	1,00	2,00	12,00	5,00	33,00	35,00	0,34	0,90	0,02	0,02
Vid vinífera	1,15	0,70	2,00	20,17	3,75	34,00	35,00	0,58	0,90	0,02	0,02
Total	1,37	0,99	2,86	11,17	4,21	22,48	25,48	0,48	0,90	0,02	0,02

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Tabla 282. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de hortalizas

Especie/año	Fracción de materia seca	Fracción residuos (ms)	Fracción nitrógeno	Rendimiento (t ms ha)
Cereales				
Choclo	0,95	1,00	0,01	28,80
Solanáceas				
Tomate	0,12	0,82	0,02	59,51
Pimiento	0,15	0,82	0,02	35,94
Leguminosas				
Arveja verde	0,77	2,23	0,02	6,74
Poroto granado	0,23	1,50	0,02	1,54
Poroto verde	0,23	1,50	0,02	7,14
Haba	0,22	1,50	0,01	12,00
Cucurbitáceas				
Melón	0,12	0,23	0,02	14,81
Pepino de ensalada	0,06	0,21	0,02	13,00
Sandía	0,14	0,04	0,02	17,08
Zapallo italiano	0,14	0,10	0,02	40,00
Zapallo temprano y de guarda	0,14	0,13	0,02	22,24
Hortalizas de hoja				
Achicoria	0,07	0,01	0,04	13,35
Lechuga	0,15	0,02	0,03	13,22
Repollo	0,11	0,03	0,04	28,18
Otros				
Alcachofa	0,95	1,00	0,01	7,18
Cebolla de guarda y temprana	0,95	1,00	0,01	40,57

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Tabla 283. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: datos de actividad paramétricos de forrajeras

Cultivo	Fracción de Materia Seca	Declive	Intercepción	Contenido de N de residuos aéreos (kg N (kg ms)$^{-1}$	Relación Residuos Subterráneos/biomasa aérea	Contenido de N de residuos subterráneos	Fracción de la superficie que se renueva anualmente	Factor de combustión	Rendimiento (kg ms ha^{-1})
Forrajeras permanentes									
Acacia saligna	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,90	NE
Alfalfa	0,90	0,29	NE	0,03	0,40	0,02	0,33	0,90	16.126,67
Atriplex spp.	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,90	NE
Ballica inglesa	0,90	0,30	NE	0,02	0,54	0,01	0,33	0,90	11.432,43
Mezclas forrajeras	0,90	0,30	NE	0,02	0,80	0,01	0,33	0,90	11.254,60
Trébol blanco	0,90	0,30	NE	0,03	0,80	0,02	0,33	0,90	10.668,86
Trébol rosado	0,90	0,30	NE	0,03	0,80	0,02	0,33	0,90	8.107,71
Forrajeras anuales									
Avena asociada	0,90	0,30	NE	0,02	0,54	0,01	1,00	0,90	15.093,71
Avena sola	0,89	0,91	0,89	0,01	0,25	0,01	1,00	0,90	14.966,67
Ballica	0,90	0,30	NE	0,02	0,54	0,01	1,00	0,90	12.166,67
Cebada	0,89	0,98	0,59	0,01	0,22	0,01	1,00	0,90	11.000,00
Maíz	0,87	1,03	0,61	0,01	0,22	0,01	1,00	0,90	28.739,70

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Para el cálculo de la generación de residuos de cultivos se emplearon las siguientes ecuaciones:

Ecuación 50. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: residuos de cultivos anuales generados anualmente

$$\boldsymbol{Res = Prod \times Fact(Res)}$$

Donde:

- Res = Residuos de cultivo generados anualmente (t ms año^{-1}),
- Prod = Producción anual del cultivo (t ms año^{-1}),
- Fact(Res)= Factor Residuos (fracción ms).

Ecuación 51. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: producción anual de cultivos anuales.

$$\boldsymbol{Prod = Rend \times Sup}$$

Donde:

- Prod = Producción anual (t ms año^{-1}),
- Rend = Rendimiento del cultivo (t ms haaño^{-1}),
- Sup = Superficie anual cultivada (ha año^{-1}).

Ecuación 52. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factor residuos de cultivos anuales

$$\boldsymbol{Fact(Res) = ((1 - IC) \div IC) \times Frac(MS)}$$

Donde:

- Fact(Res)= Factor Residuos (fracción ms),
- IC = Índice de Cosecha,
- Frac(MS) = Fracción de materia seca de los residuos.

Ecuación 53. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: residuos de huertos frutales generados anualmente

$$\boldsymbol{Res = Res(poda) + BRem(ua)}$$

Donde:

- Res = Residuos generados anualmente (t ms año^{-1}),
- Res(poda) = Restos de poda generados anualmente (t ms año^{-1}),
- BRem(ua) = Biomasa removida en el último año del huerto frutal (t ms año^{-1}).

Ecuación 54. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: restos de poda de huertos frutales generados anualmente

$$\boldsymbol{Res(poda) = Res(poda|form) \times Sup(HF|form) + Res(poda|prod) \times Sup(HF|prod)}$$

Donde:

- $\mathrm{Res(poda)}$ = Restos de poda generados anualmente (t ms año^{-1}),
- $\mathrm{Res(poda|form)}$ = Restos de poda generados anualmente en Huertos Frutales en Etapa de Formación (t ms año^{-1}),
- $\mathrm{Sup(HF|form)}$ = Superficie anual de huertos frutales cuya edad es menor o igual a la duración de la Etapa de Formación (ha año^{-1}),
- $\mathrm{Res(poda|prod)}$ = Restos de poda generados anualmente en huertos frutales en Etapa de Producción (t ms año^{-1}),
- $\mathrm{Sup(HF|prod)}$ = Superficie anual de huertos frutales que se encuentra en Etapa de Producción, es decir, cuya edad es mayor a la duración de la Etapa de Formación (ha año^{-1}).

Ecuación 55. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: biomasa removida en el último año del huerto frutal

$$\boldsymbol{BRem(ua) = BTot(real) \times (1 \div Ciclo\ de\ Cosecha)}$$

Donde:

- $\mathrm{BRem(ua)}$ = Biomasa removida en el último año del huerto frutal (t ms año^{-1}),
- $\mathrm{BTot(real)}$ = Biomasa viva del Huerto Frutal (t ms año^{-1}),
- $\mathrm{Ciclo\ de\ Cosecha}$ = Vida útil del huerto frutal o período de tiempo tras el cual este es renovado (años).

Ecuación 56. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: biomasa viva del huerto frutal.

$$\boldsymbol{BTot(real) = \Delta B_{crec} \times Edad \times Sup_{total} \cong B_{form} + B_{prod}}$$

Donde:

- $\mathrm{BTot(real)}$ = Biomasa viva del huerto frutal (t ms año^{-1}),
- $\Delta \mathrm{B_{crec}}$ = Tasa de crecimiento anual de la biomasa (t ms ha año^{-1}),
- Edad = Edad del huerto frutal (años),
- $\mathrm{Sup_{total}}$ = Superficie anual total de huertos frutales (ha año^{-1}) = $\mathrm{Sup(HF|form)}$ + $\mathrm{Sup(HF|prod)}$,
- $\mathrm{B_{form}}$ = Biomasa en Etapa de Formación (t ms año^{-1}),
- $\mathrm{B_{prod}}$ = Biomasa en Etapa de Producción (t ms año^{-1}).

Ecuación 57. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: biomasa de huertos frutales en etapa de formación

$$\boldsymbol{B_{form} = \Delta B_{crec} \times Edad_{form} \times Sup(HF|form)}$$

Donde:

- $\mathrm{B_{form}}$ = Biomasa en etapa de formación (t ms año^{-1}),
- $\Delta \mathrm{B_{crec}}$ = Tasa de crecimiento anual de la biomasa (t ms ha año^{-1}),
- $\mathrm{Edad_{form}}$ = Duración etapa de formación (años),
- $\mathrm{Sup(HF|form)}$ = Superficie anual de huertos frutales cuya edad es menor o igual a la duración de la etapa de formación (ha año^{-1}).

Ecuación 58. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: biomasa de huertos frutales en etapa de producción

$$\boldsymbol{B_{prod} = \Delta B_{crec} \times Edad_{prod} \times Sup(HF|prod)}$$

Donde:

- $\mathrm{B_{prod}}$ = Biomasa en etapa de producción (t ms año^{-1}),
- $\Delta \mathrm{B_{crec}}$ = Tasa de crecimiento anual de la biomasa (t ms ha año^{-1}),
- $\mathrm{Edad_{prod}}$ = Duración etapa de producción (años),
- $\mathrm{Sup(HF|prod)}$ = Superficie anual de huertos frutales que se encuentra en etapa de producción, es decir, cuya edad es mayor a la duración de la etapa de formación (ha año^{-1}).

Ecuación 59. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: residuos de cultivo de hortalizas generados anualmente

$$\boldsymbol{Res = Prod \times Fact(Res)}$$

Donde:

- Res = Residuos de cultivo generados anualmente (t ms año^{-1}),
- Prod = Producción anual de materia seca (t ms año^{-1}),
- $\mathrm{Fact(Res)}$= Factor Residuos (fracción ms).

Ecuación 60. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: producción anual de materia seca en hortalizas

$$\boldsymbol{Prod = Rend \times Sup}$$

Donde:

- Prod = Producción anual de materia seca (t ms año-1),
- Rend = Rendimiento anual del cultivo (t ms ha año-1),
- Sup = Superficie anual cultivada (ha año-1).

Ecuación 61. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factor residuos de hortalizas

$$\boldsymbol{Fact(Res) = \left((1 - IC) \div IC\right)}$$

Donde:

- Fact(Res)= Factor Residuos (fracción ms),
- IC = Índice de Cosecha (fracción ms).

Ecuación 62. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: residuos de forrajeras generados anualmente

$$\boldsymbol{Res = Prod \times Fact(Res)}$$

Donde:

- Res = Residuos de cultivo generados anualmente (t ms año^{-1}),
- Prod = Producción anual de materia seca (t ms año^{-1}),
- Fact(Res)= Factor Residuos (fracción ms).

Ecuación 63. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: producción anual de materia seca en forrajeras

$$\boldsymbol{Prod = Rend \times Sup}$$

Donde:

- Prod = Producción anual de materia seca (t ms año^{-1}),
- Rend = Rendimiento anual del cultivo (t ms ha año^{-1}),
- Sup = Superficie anual cultivada (ha año^{-1}).

Ecuación 64. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factor residuos de forrajeras

$$\boldsymbol{Fact(Res) = Rend \times Declive + Intercept}$$

Donde:

- Fact(Res)= Factor Residuos (fracción ms),
- Rend = Rendimiento anual del cultivo (t ms ha año^{-1}),
- Declive = Parámetro desconocido proveniente de las Directrices IPCC 2006,
- Intercept = Parámetro desconocido proveniente de las Directrices IPCC 2006.

A continuación, se presentan los criterios elaborados por juicio de expertos para determinar la distribución de los residuos agrícolas según destino final, por cultivo o rubro (Tabla 284, Tabla 285, Tabla 286 y Tabla 287).

Tabla 284. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de cultivos anuales, por cultivo y región

Cultivo	Consumo animal in situ		Enfarda		Incorporación al suelo		Quema in-situ	
	1990	2009	1990	2009	1990	2009	1990	2009
Regiones XV a VII y XI a XII								
Cultivo de cereales								
Arroz	45%	45%	45%	45%	0%	0%	10%	10%
Avena	45%	15%	40%	45%	5%	35%	10%	5%
Cebada cervecera y forrajera	45%	15%	40%	45%	5%	35%	10%	5%
Maíz	5%	5%	0%	0%	95%	95%	0%	0%
Trigo blanco y candeal	45%	15%	40%	45%	5%	35%	10%	5%
Triticale	45%	15%	40%	45%	5%	35%	10%	5%
Cultivos industriales principales								
Lupino australiano, l. amargo y l. dulce	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
Raps	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
Remolacha	80%	80%	0%	0%	20%	20%	0%	0%
Tomate industrial	45%	15%	40%	45%	5%	35%	10%	5%
Leguminosas y tubérculos								
Papa	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
Poroto consumo interno y exportación	30%	30%	40%	40%	30%	30%	0%	0%
Regiones VIII a X								
Cultivos de cereales								
Arroz	45%	45%	45%	45%	0%	0%	10%	10%
Avena	10%	35%	10%	20%	5%	25%	75%	20%
Cebada cervecera y forrajera	10%	35%	10%	20%	5%	25%	75%	20%
Maíz	5%	5%	0%	0%	95%	95%	0%	0%
Trigo blanco y candeal	10%	35%	10%	20%	5%	25%	75%	20%
Triticale	10%	35%	10%	20%	5%	25%	75%	20%
Cultivos industriales principales								
Lupino australiano, l. amargo y l. dulce	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
Raps	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
Remolacha	80%	80%	0%	0%	20%	20%	0%	0%
Tomate industrial	10%	35%	10%	20%	5%	25%	75%	20%
Leguminosas y tubérculos								
Papa	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
Poroto consumo interno y exportación	30%	30%	40%	40%	30%	30%	0%	0%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Tabla 285. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de huertos frutales, por cultivo y región[31]

Cultivo	Leña		Quema en campo		Incorporación al suelo	
	Restos de poda	Biomasa por renovación del huerto	Restos de poda	Biomasa por renovación del huerto	Restos de poda	Biomasa por renovación del huerto
Frutales Mayores Caducifolios						
Almendro	25%	30%	10%	5%	65%	65%
Cerezo	10%	15%	3%	5%	87%	80%
Ciruelo europeo	35%	40%	10%	5%	55%	55%
Ciruelo japonés	35%	40%	20%	15%	45%	45%
Duraznero consumo fresco	25%	30%	10%	5%	65%	65%
Duraznero tipo conservero	25%	30%	15%	5%	60%	65%
Kiwi	10%	15%	10%	5%	80%	80%
Manzano rojo	40%	45%	10%	5%	50%	50%
Manzano verde	50%	55%	10%	5%	40%	40%
Nectarino	25%	30%	10%	5%	65%	65%

[31]A modo de ejemplo se presentan en este cuadro las fracciones de distribución por destino de los residuos de restos de poda y biomasa por renovación del huerto para 2013, sin embargo es importante mencionar que estos factores paramétricos varían por año en la serie 1990-2013.

Cultivo	Leña		Quema en campo		Incorporación al suelo	
	Restos de poda	Biomasa por renovación del huerto	Restos de poda	Biomasa por renovación del huerto	Restos de poda	Biomasa por renovación del huerto
Nogal	60%	65%	10%	5%	30%	30%
Peral	40%	45%	10%	5%	50%	50%
Frutales Mayores Perennifolios						
Limonero	10%	15%	10%	5%	80%	80%
Naranjo	10%	15%	10%	5%	80%	80%
Olivo	10%	15%	10%	5%	80%	80%
Palto	10%	15%	10%	5%	80%	80%
Frutales Menores						
Arándano americano	0%	0%	10%	10%	90%	90%
Avellano	10%	10%	10%	10%	80%	80%
Frambuesa	0%	0%	10%	10%	90%	90%
Viñas y Parronales						
Vid de mesa	0%	5%	10%	5%	90%	90%
Vid pisquera	20%	25%	20%	15%	60%	60%
Vid vinífera	20%	25%	10%	5%	70%	70%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Tabla 286. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de hortalizas, por cultivo y región

Cultivo	Consumo animal in situ	Enfardado	Quema in situ	Incorporado al suelo
Cereales				
Choclo	0%	0%	0%	100%
Solanáceas				
Tomate	0%	0%	0%	100%
Pimiento	0%	0%	0%	100%
Leguminosas				
Arveja verde	30%	40%	0%	30%
Poroto granado	30%	40%	0%	30%
Poroto verde	30%	40%	0%	30%
Haba	30%	40%	0%	30%
Cucurbitáceas				
Melón	0%	0%	0%	100%
Pepino de ensalada	0%	0%	0%	100%
Sandía	0%	0%	0%	100%
Zapallo italiano	0%	0%	0%	100%
Zapallo temprano y de guarda	0%	0%	0%	100%
Hortalizas de hoja				
Achicoria	0%	0%	0%	100%
Lechuga	0%	0%	0%	100%
Repollo	0%	0%	0%	100%
Otros				
Alcachofa	0%	0%	0%	100%
Cebolla de guarda y temprana	0%	0%	0%	100%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Tabla 287. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: asignación de los destinos finales de los residuos vegetales de forrajeras, por cultivo y región

Cultivo	Consumo animal	Quema in situ	Incorporación al suelo
Forrajeras permanentes			
Acacia saligna	0%	0%	100%
Alfalfa	0%	0%	100%
Atriplex spp	0%	0%	100%
Ballica inglesa	0%	0%	100%
Mezclas Forrajeras	0%	0%	100%
Trébol blanco	0%	0%	100%
Trébol rosado	0%	0%	100%

Cultivo	Consumo animal	Quema in situ	Incorporación al suelo
Forrajeras anuales			
Avena asociada	0%	0%	100%
Avena sola	0%	0%	100%
Ballicas	0%	0%	100%
Cebada	0%	0%	100%
Maíz	0%	0%	100%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en juicio de expertos

Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Pastizales

Los datos de actividad provienen de estadística del Departamento de Manejo del Fuego de CONAF.

Dentro de los datos paramétricos que fueron requeridos están:

- Biomasa acumulada de pastizales, estimada a través de un promedio ponderado de las existencias forestales disponibles en los boletines estadísticos de INFOR con la superficie de plantaciones forestales subdividida regionalmente.
- Densidad básica, resultado de una exhaustiva revisión bibliográfica de diversos informes de densidad elaborados en Chile por parte de INFOR.

5.4.4.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión de GEI corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 288, Tabla 289 y Tabla 290).

Tabla 288. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factores de emisión por defectos aplicados para Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras Forestales

Factor de emisión (g Kg^{-1} de materia seca quemada)	
C emitido como CH_4	4,7
C emitido como CO	107
N emitido como N_2O	0,3

Fuente: *Directrices del IPCC de 2006*

Tabla 289. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factores de emisión por defectos aplicados para Emisiones no CO_2 por quema de biomasa en Tierras de Cultivo

Parámetro/Factor de emisión	Valor	Unidad
Factor de emisión de CH_4	2,7	g CH_4 (kg ms biomasa)$^{-1}$
Factor de emisión de CO	92	g CO (kg ms biomasa)$^{-1}$
Factor de emisión de N_2O	0,07	g N_2O (kg ms biomasa)$^{-1}$
Factor de combustión	0,9	Sin unidad

Fuente: Cuadro 2.5; Capítulo 2; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

Tabla 290. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: factores de emisión por defectos aplicados para Emisiones no CO_2 por quema de biomasa de Pastizales

Parámetro/Factor de emisión	Valor	Unidad
Factor de emisión de CH_4	2,3	g CH_4 (kg ms biomasa)$^{-1}$
Factor de emisión de CO	65	g CO (kg ms biomasa)$^{-1}$
Factor de emisión de N_2O	0,21	g N_2O (kg ms biomasa)$^{-1}$

Fuente: Cuadro 2.5; Capítulo 2; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.4.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CH_4 y N_2O de cada componente. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 291.

Tabla 291. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.C.1.a.i.	Bosque nativo	CH_4, N_2O	21,1%	21,1%	72,6%	72,6%	75,6%	75,6%
3.C.1.a.ii.	Plantaciones forestales	CH_4, N_2O	21,1%	21,1%	72,6%	72,6%	75,6%	75,6%
3.C.1.a.iii.	Residuos	CH_4, N_2O	21,1%	21,1%	72,6%	72,6%	75,6%	75,6%
3.C.1.b.	Emisiones por quemado de biomasa en Tierras de cultivo	CH_4, N_2O	236,6%	236,6%	235,1%	235,1%	333,5%	333,5%
3.C.1.c.	Emisiones por quemado de biomasa en Pastizales	CH_4, N_2O	19,7%	19,7%	72,6%	72,6%	75,2%	75,2%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI aplicando el método Nivel 1 proviene del uso de factores de emisión por defecto, especialmente para el N_2O.

5.4.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.4.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.4.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

5.4.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del

SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.4.4.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.4.4.7. Recálculos

5.4.4.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Los principales cambios respecto del INGEI anterior fue el juicio de experto para la selección de factores de emisión por defecto desde las Directrices del IPCC de 2006. En el INGEI anterior se aplicó el factor de emisión por combustión de biomasa para bosques tropicales, mientras que para el presente INGEI se aplicó el factor de emisión por combustión de biomasa para bosques tropicales extra, que según el juicio de experto correspondería de manera más exacta a los tipos vegetacionales de Chile. Además, se incluyeron las emisiones de gases no CO_2 proveniente de quemas de biomasa en *Tierras de cultivo.*

5.4.4.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

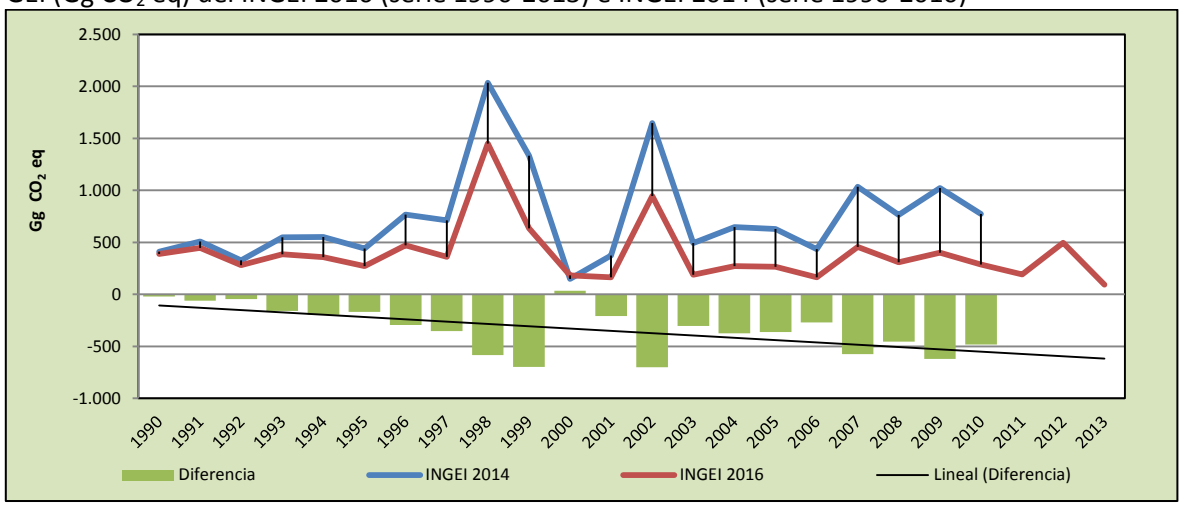
En la Tabla 292 y Figura 131 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente al cambio de factores de emisión por defecto y a la incorporación de emisiones de la quema de biomasa en *Tierras de cultivo*. Esto generó una disminución de las emisiones GEI de la subcategoría en un promedio de 329,0 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013. Es importante destacar que, dado que los incendios corresponden a eventos que no son constantes en el tiempo y su manifestación tiene un carácter aleatorio en la serie de tiempo, no hay un patrón definido de las emisiones en el tiempo, presentándose además años con máximas importantes.

Tabla 292. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	411,2	149,7	771,7			
INGEI 2016	389,8	183,2	287,9	191,8	495,8	93,0
Diferencia	**-21,4**	**33,5**	**-483,9**			
Diferencia %	**-5,5%**	**18,3%**	**-168,1%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 131. 3.C.1. Emisiones no CO_2 por quema de biomasas: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.4.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de AFOLU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoramiento de la coordinación y gestión entre las entidades gubernamentales que poseen o generan datos estadísticos para su posterior reporte a fuentes internacionales. Con esta acción se pretende mantener la consistencia entre bases de datos nacionales e internacionales.
- Conformación de mesas de trabajo con las principales entidades no gubernamentales (asociaciones gremiales, instituciones, etc.) que posean datos paramétricos para la generación de factores de emisión país específico. Especialmente para una mayor precisión en los factores de emisión por combustión.

Respecto a la quema de biomasa en tierras de cultivo, se requieren evaluar y mejorar los juicios de experto empleados para hacer una distinción entre los residuos de cultivos de acuerdo al destino que se les asigna, pues esto permitiría estimar de manera más precisa el volumen de residuos destinados a la quema.

5.4.5. Encalado (3.C.2.)

5.4.5.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones de CO_2 generadas por el uso de cal en suelos agrícolas, suelos de bosques gestionados o lagos.

En el contexto nacional, emisiones de CO_2 producto del uso de cal en suelos cultivados dependen principalmente del tipo de cal. En el caso de Chile se ha debido asumir, por falta de información, que el 100 % del consumo reportado corresponde a calcita.

5.4.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

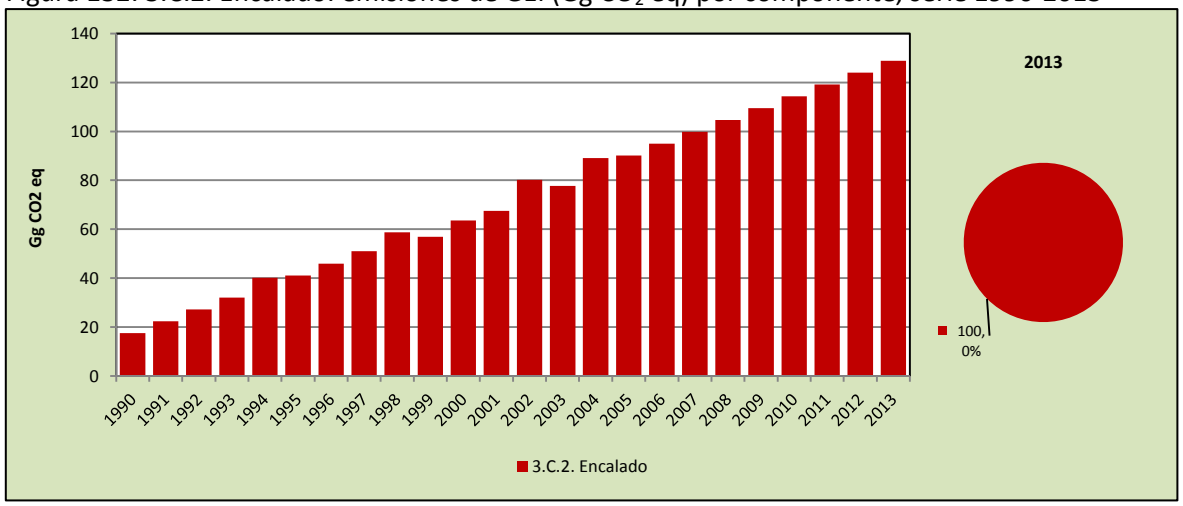
En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 128,8 Gg CO_2 eq (representando el 1,5 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose considerablemente en un 636,3 % desde 1990 y en un 12,7 % desde 2010 (Tabla 293 y Figura 132). La principal causante es el aumento sostenido de la demanda de calcita para el mejoramiento de suelos agrícolas. Sin embargo, es importante considerar que se trata de una fuente menor de emisiones que no es muy considerable respecto a otro tipo de emisiones, como aquellas de óxido nitroso producto de la aplicación de fertilizantes.

Tabla 293. 3.C.2. Encalado: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.2. Encalado	17,5	63,6	114,3	119,2	124,0	128,8
Total	**17,5**	**63,6**	**114,3**	**119,2**	**124,0**	**128,8**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 132. 3.C.2. Encalado: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 294 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 294. 3.C.2. Encalado: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.2. Encalado	T1	D				

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

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Dado que no se encontraron estadísticas oficiales del consumo de cal para la estimación de emisiones, se empleó la misma información del INGEI anterior obtenida de las principales empresas que comercializan la cal para estos fines en el país, estas son IANSA y SOPROCAL (Tabla 295). Estas fuentes proveen cifras sobre la producción nacional de cal que difieren entre sí y no aportan información que permita diferenciar la cal viva (CaO o Ca $(OH)_2$) de la calcita ($CaCO_3$) y dolomita (CaMg $(CO_3)_2$); las dos últimas son las que se contabilizan por el IPCC, razón por la cual las emisiones de esta subcategoría poseen un alto nivel de imprecisión.

Tabla 295. 3.C.2. Encalado: consumo nacional anual de calcita (toneladas) aplicado a los suelos agrícolas, serie 1990-2013

Año	Valor
1990	39.769,1
1991	50.770,9
1992	61.772,7
1993	72.774,5
1994	91.200,0
1995	93.300,0
1996	104.200,0
1997	115.800,0
1998	133.400,0
1999	129.300,0
2000	144.600,0
2001	153.500,0
2002	182.300,0
2003	176.500,0
2004	202.500,0
2005	204.796,4
2006	215.798,2
2007	226.800,0
2008	237.801,8
2009	248.803,7
2010	259.805,5
2011	270.807,3
2012	281.809,1
2013	292.810,9

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.5.3.2. Factores de emisión

Para calcular las emisiones de CO_2 provenientes del *Encalado*, se utilizó el factor de emisión por defecto correspondiente a 0,12 t C/t Cal, proveniente de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 296.

Tabla 296. 3.C.2. Encalado: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.C.2.	Encalado	CO_2	303,2%	303,2%	50,0%	50,0%	307,3%	307,3%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se aprecia que la mayor fuente de incertidumbre está relacionada a los datos de actividad más que al factor de emisión por defecto aplicado.

5.4.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.4.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.4.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

5.4.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.4.5.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.4.5.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

5.4.5.8. Plan de mejoramiento

Pese a que el encalado no es una categoría principal, se reconoce la necesidad de contar con mejor información del consumo de cal para su aplicación en suelos agrícolas, idealmente recopilada por una entidad oficial del gobierno y con datos regionales. En efecto, solo se cuenta con estimaciones de las empresas comercializadoras respecto al volumen de cal agrícola producida, sin información fidedigna respecto del volumen efectivamente aplicado a los suelos. Frente a esta falta de información, se hace evidente la necesidad de que las entidades pertinentes, siendo ODEPA una de ellas, comiencen a generar datos estadísticos respecto al consumo real de la cal agrícola en Chile, idealmente desagregados por región y tipo de cultivos.

5.4.6. Aplicación de urea (3.C.3.)

5.4.6.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones de CO_2 generadas por la aplicación de urea en suelos agrícolas y forestales.

En el contexto nacional, la urea es uno de los principales fertilizantes usados en el sector agrícola con una fuerte alza de su demanda en el tiempo.

5.4.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI

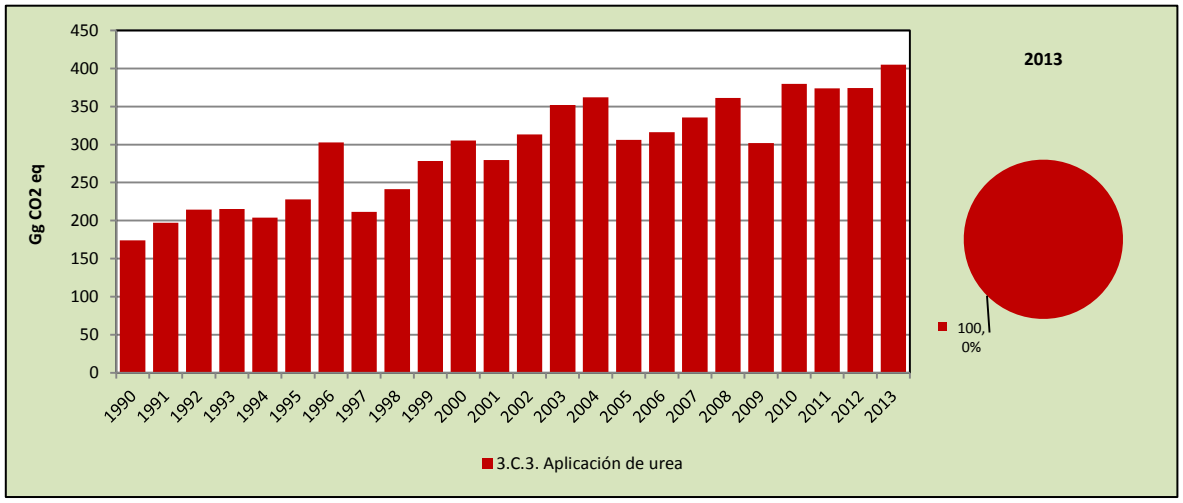
En 2013, las emisiones de CO_2 de esta subcategoría contabilizaron 404,9 Gg CO_2 eq (representando el 4,8 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 132,8 % desde 1990 y en un 6,6 % desde 2010 (Tabla 297 y Figura 133). La principal causante es el aumento sostenido de la demanda de urea para la fertilización agrícola.

Tabla 297. 3.C.3. Aplicación de urea: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.3. Aplicación de urea	173,9	305,1	379,7	374,1	374,3	404,9
Total	**173,9**	**305,1**	**379,7**	**374,1**	**374,3**	**404,9**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 133. 3.C.3. Aplicación de urea: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 298 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 298. 3.C.3. Aplicación de urea: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.3. Aplicación de urea	T1	D				

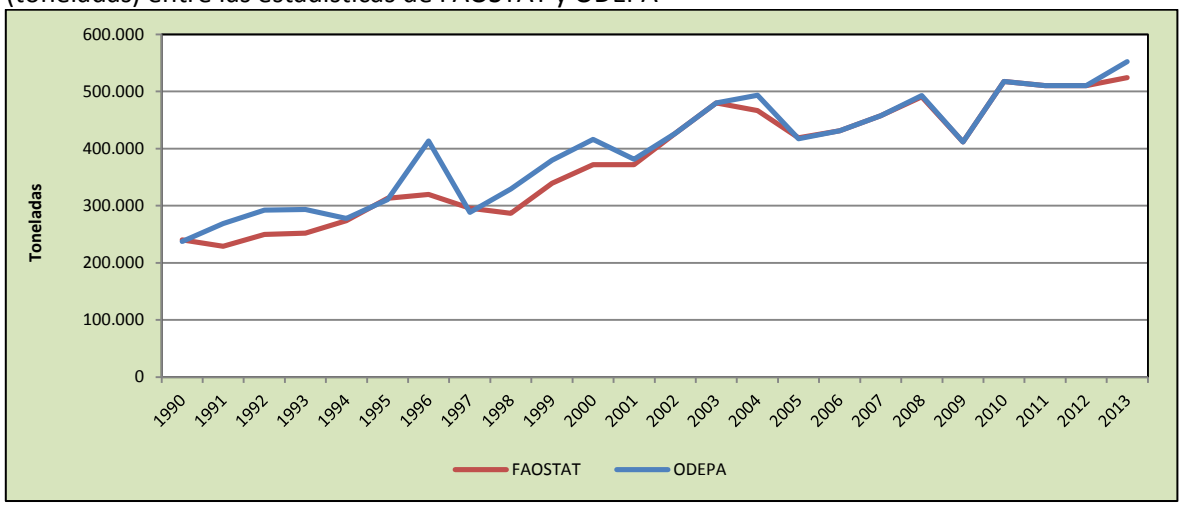
T1 = Nivel 1; T2 = Nivel 2; T3 = Nivel 3; C = Información confidencial; CS = País específico; D = Por defecto; IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.6.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad recopilados fueron las toneladas anuales de urea aplicadas en suelos agrícolas. Para ello se consultaron las estadísticas de FAOSTAT y ODEPA que proveen datos de consumo aparente de urea a nivel nacional, es decir, la diferencia entre las importaciones y las exportaciones, presentando cierta similitud tanto en los datos como en su tendencia. Esto es básicamente porque ODEPA es la entidad nacional que entrega los datos de urea y fertilizantes a la base de datos de FAOSTAT, sin embargo, al parecer FAO le da un tratamiento diferente a la información generando discrepancia en algunos años (Figura 134).

Figura 134. 3.C.3. Aplicación de urea: comparación de la cantidad anual de urea aplicada a suelos (toneladas) entre las estadísticas de FAOSTAT y ODEPA



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Luego de evaluar la información de ambas fuentes se decidió utilizar los datos de ODEPA (Tabla 299), por ser la institución oficial en Chile que recopila esta información y por ser además la fuente proveedora de este tipo de datos en Chile para FAOSTAT. ODEPA mantiene una base de datos de fertilizantes nitrogenados y urea, recopilada con información entregada por el Servicio Nacional de Aduanas que aporta información sobre las importaciones y exportaciones de estos insumos.

Tabla 299. 3.C.3. Aplicación de urea: consumo nacional anual de urea (toneladas) aplicada a suelos agrícolas, serie 1990-2013

Año	Consumo Nacional
1990	237.191,8
1991	268.821,9
1992	292.351,0
1993	293.488,5
1994	277.916,3
1995	311.046,5
1996	413.123,2
1997	288.123,1
1998	329.384,6
1999	379.749,5
2000	416.076,7
2001	381.386,3
2002	427.053,7
2003	480.025,0
2004	493.626,6
2005	417.353,4
2006	431.371,2
2007	457.909,0
2008	492.901,9
2009	411.912,8
2010	517.836,3
2011	510.113,7
2012	510.361,8
2013	552.165,6

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.6.3.2. Factores de emisión

Para calcular las emisiones de CO_2 provenientes del *Encalado*, se utilizó el factor de emisión por defecto correspondiente a 0,20 t C/t Urea, proveniente de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.6.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CO_2. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 300.

Tabla 300. 3.C.3. Aplicación de urea: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.C.3.	Aplicación de urea	CO_2	23,4%	23,4%	50,0%	50,0%	55,2%	55,2%

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se aprecia que la mayor fuente de incertidumbre está relacionada al factor de emisión por defecto aplicado más que a los datos de actividad.

5.4.6.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.4.6.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.4.6.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

5.4.6.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.4.6.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.4.6.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

5.4.6.8. Plan de mejoramiento

Se requiere revisar y depurar la información estadística de ODEPA para descontar del total de urea consumida a nivel nacional el porcentaje de urea que no es utilizada para fines agrícolas.

5.4.7. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (3.C.4.)

5.4.7.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones directas de N_2O generadas desde la superficie de los suelos producto de procesos microbianos asociados a la aplicación de nitrógeno en forma de fertilizantes sintético; nitrógeno orgánico aplicado como fertilizante (estiércol animal, abono orgánico, compost, lodos de aguas servidas, residuos); nitrógeno de orina y de estiércol depositado en pasturas, praderas, prados por animales en pastoreo; nitrógeno en residuos de cultivos (sobre la superficie y debajo de esta), incluyendo de cultivos fijadores de nitrógeno y de forrajes durante la renovación de pasturas; mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales; y el drenaje/gestión de suelos orgánicos (histosoles).

En el contexto nacional, las emisiones directas de N_2O desde suelos agrícolas provienen de las siguientes fuentes:

- Nitrógeno aplicado desde fertilizantes sintéticos (N-fertilizantes sintéticos),
- Nitrógeno orgánico proveniente del estiércol animal aplicado a los suelos (N-estiércol),
- Nitrógeno de residuos de cosecha (N-residuos de cosecha),
- Nitrógeno de orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas por animales en pastoreo. Este componente se subdivide a su vez en
    - Nitrógeno que proviene del estiércol de bovinos, aves y cerdos (N-PRP-CPP).
    - Nitrógeno que proviene del estiércol de ovinos, caprinos, equinos, mulas, asnos y auquénidos (N-PRP-SO).

Es importante señalar que no se incluyen en la contabilización las emisiones de N_2O desde suelos orgánicos, debido a la carencia de información respecto a la gestión de este tipo de suelos en el país.

5.4.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 5.989,4 Gg CO_2 eq (representando el 70,4 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 16,8 % desde 1990 y en un 6,4 % desde 2010 (Tabla 301 y Figura 135). La principal causante de esta tendencia es el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos que presentan un incremento significativo de un 111,5 % desde 1990, lo que evidencia que cada vez se usa más para incrementar la producción agrícola. Si bien las emisiones de animales en pastoreo directo son mayores, estas han disminuido en un 7,6 % desde 1990.

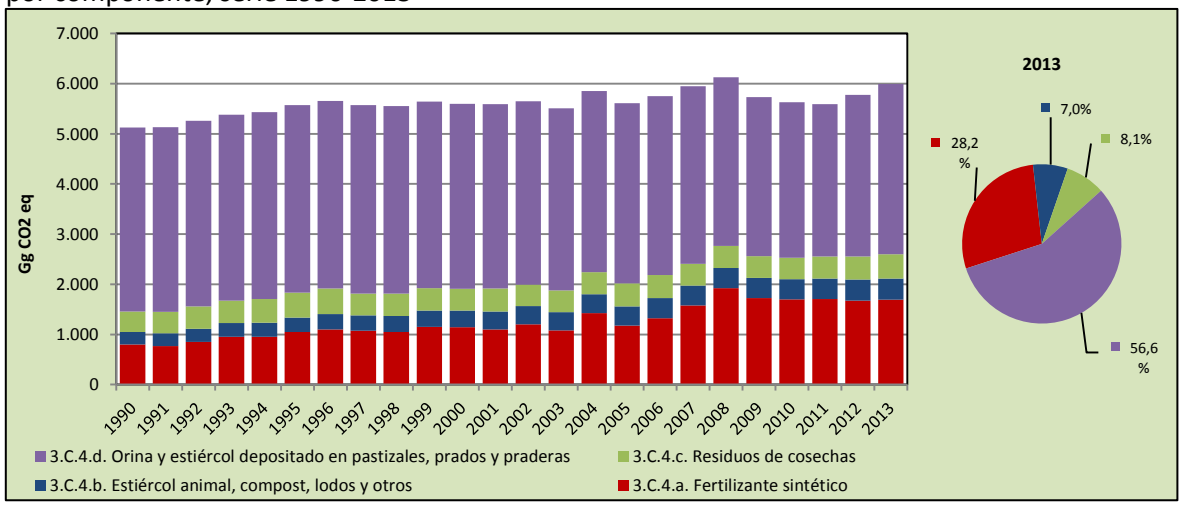
Respecto a los componentes, la principal fuente de emisiones de GEI es *Orina y estiércol depositados en pastizales, prados y praderas* con una participación del 56,6 % en 2013, le siguen un 28,2 % de *Fertilizante sintético*, 8,1 % de *Residuos de cosecha* y un 7,0 % de *Estiércol animal, compost, lodos y otros*.

Tabla 301. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.4.a. Fertilizante sintético	799,4	1.144,8	1.697,4	1.704,8	1.671,0	1.691,1
3.C.4.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros	248,5	328,5	401,8	407,2	422,3	422,2
3.C.4.c. Residuos de cosechas	405,6	434,8	428,4	440,9	462,8	483,4
3.C.4.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	3.672,4	3.691,9	3.103,5	3.036,7	3.217,4	3.392,7
Total	**5.125,9**	**5.600,0**	**5.631,1**	**5.589,5**	**5.773,4**	**5.989,4**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 135. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.7.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de N_2O de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y

factores de emisión por defecto. En la Tabla 302 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente y por tipo de GEI.

Tabla 302. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados					T1	D
3.C.4.a. Fertilizante sintético					T1	D
3.C.4.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros					T1	D
3.C.4.c. Residuos de cosechas					T1	D
3.C.4.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas					T1	D

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Dentro del método utilizado, se trabajó con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 65. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: emisiones directas de N_20 en suelos gestionados (Nivel 1)

$$\boldsymbol{N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{N\ aportes} + N_2O - N_{PRP}}$$

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- $N_2O_{Directas} - N$ = Emisiones directas anuales de N_2O–N producidas a partir de suelos gestionados (kg N_2O–N año^{-1}),
- $N_2O - N_{Naportes}$ =Emisiones directas anuales de N_2O–N producidas por aportes de N a suelos gestionados (kg N_2O–N año^{-1}),
- $N_2O - N_{PRP}$ = Emisiones directas anuales de N_2O–N de aportes de orina y estiércol a Tierras de pastoreo (kg N_2O–N año^{-1}).

Ecuación 66. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: emisiones directas anuales de N_20 producidas por aportes de N a suelos gestionados

$$\boldsymbol{N_2O - N_{N\ aportes} = \left[\left(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR}\right) + EF_1\right]}$$

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- $N_2O - N_{Naportes}$ =Emisiones directas anuales de N_2O–N producidas por aportes de N a suelos gestionados (kg N_2O–N año^{-1}),
- F_{SN} = Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético (kg N año^{-1}),

- F_{ON} = Cantidad anual de estiércol animal (kg N año^{-1}),
- F_{CR} = Cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos (kg N año-1),
- EF_1 =Factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N (kg N_2O–N ((kg aporte de N)$^{-1}$).

Ecuación 67. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: emisiones directas anuales de N_20 producidas por orina y estiércol de animales en pastoreo

$$\boldsymbol{N2O - N_{PRP} = \left[\left(F_{PRP,CPP} \times EF_{3PRP,CPP}\right) + \left(F_{PRP,SO} \times EF_{3PRP,SO}\right)\right]}$$

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- $N_2O - N_{PRP}$ = Emisiones directas anuales de N_2O–N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo (kg N_2O–N año^{-1}),
- F_{PRP} = Cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas (kg N año^{-1}) (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente),
- EF_3 = Factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N kg N_2O–N ((kg aporte de N)$^{-1}$).

Ecuación 68. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: nitrógeno incorporado desde residuos de cultivo

$$\boldsymbol{N_{incorp-RES} = Res_{incorp} \times Frac_N}$$

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- $N_{incorp-RES}$= Nitrógeno incorporado desde residuos de cultivo (t N/ha año^{-1}),
- Res_{incorp}= Residuos de cultivo generados anualmente y que son incorporados al suelo (t ms año^{-1}),
- $Frac_N$= Contenido de nitrógeno de los residuos de cultivo (fracción).

Ecuación 69. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: residuos de cultivo generados anualmente

$$\boldsymbol{Res_{incorp} = Res \times Frac_{incorp}}$$

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

Donde:

- Res_{incorp}= Residuos de cultivo generados anualmente y que son incorporados al suelo (t ms año^{-1}),
- Res = Residuos de cultivo generados anualmente (t ms año^{-1}),
- $Frac_{incorp}$ = Fracción de los residuos de cultivo generados anualmente que se incorporan al suelo (fracción).

5.4.7.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Para el caso de los fertilizantes sintéticos, los datos recopilados corresponden a las toneladas de nitrógeno de fertilizantes sintéticos que se consumen en Chile anualmente. La única fuente disponible en el país es la base de datos de la FAO (FAOSTAT), la cual provee de cifras de consumo aparente anual expresado en toneladas de nitrógeno. ODEPA es la entidad nacional que cuenta con información de consumo aparente de fertilizantes nitrogenados, pero corresponden a datos de toneladas de producto fertilizantes y no están calculadas las toneladas de nitrógeno que contienen. Por este motivo se optó por utilizar los datos de FAOSTAT. Para la desagregación del consumo a nivel regional se recopiló información sobre la superficie regional de cada uno de los 13 rubros de cultivos y las superficies regadas bajo los distintos métodos disponibles en el *VII Censo Agropecuario y Forestal* (INE, 2007). Así, se desagregaron los datos a nivel regional, de acuerdo a la distribución porcentual de la superficie cultivada, diferenciando la superficie cultivada que es regada con riego mecanizado, de aquella no regada o que es regada con riego no mecanizado. Esto permitió hacer una distinción entre el nitrógeno que se volatilizar del que lixivia y escurre superficialmente. Estos datos son también utilizados para la categoría *3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados* que se presenta más adelante.

El detalle de la obtención de los datos para las subcategorías relacionadas con estiércol animal, así como los datos de actividad paramétricos, deben consultarse en el capítulo de la subcategoría *Gestión del estiércol*.

Los datos de residuos de cosechas se generaron a partir de datos estadísticos de superficie de cultivos a nivel regional y de datos de productividad de los cultivos, recopilados de los censos agropecuarios y de las estadísticas anuales de ODEPA, que fueron combinados con datos de actividad paramétricos correspondientes a juicio de expertos lo que permite hacer una división de los residuos de cultivo según su destino final. La superficie nacional por especie fue desagregada regionalmente por subespecie y etapa de vida del huerto. La desagregación de la superficie de huertos frutales, a base de la etapa de vida del huerto, consistió en diferenciar los huertos de acuerdo a la edad de los árboles, identificando la superficie regional en huertos en etapa de formación y huertos en etapa de producción. Esta clasificación sirvió para obtener valores más precisos acerca de la cantidad de restos de poda generados y de la biomasa viva presente en dichas superficies, variables que difieren según la edad y especie.

La Tabla 303 presenta la cantidad anual de nitrógeno aplicado por cada una de las componentes de esta subcategoría.

Tabla 303. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: aplicación de nitrógeno a los suelos (toneladas) por componente, serie 1990-2013

Año	3.C.4.a. Fertilizante sintético	3.C.4.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros	3.C.4.c. Residuos de cosechas					3.C.4.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	
			Cultivos anuales	Huertos frutales	Hortalizas	Forrajeras	Forrajeras permanentes leñosas	N-prp-cpp	N-prp-so
1990	164.098,0	51.016,0	15.825,6	2.768,3	17.831,8	46.833,8	NE	292.235,6	169.396,8
1991	157.400,0	52.704,6	16.771,1	3.553,0	19.219,1	47.410,8	NE	295.073,0	166.233,7
1992	174.000,0	54.450,8	18.582,7	4.370,4	20.916,2	47.987,9	NE	297.920,5	163.070,7
1993	195.000,0	56.280,8	13.884,3	5.158,2	24.650,4	48.565,0	NE	300.782,8	159.907,6
1994	195.000,0	58.268,7	14.797,1	5.808,0	27.471,0	49.142,1	NE	303.672,9	156.744,5

Año	3.C.4.a. Fertilizante sintético	3.C.4.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros	3.C.4.c. Residuos de cosechas					3.C.4.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	
			Cultivos anuales	Huertos frutales	Hortalizas	Forrajeras	Forrajeras permanentes leñosas	N-prp-cpp	N-prp-so
1995	215.000,0	59.742,2	16.055,7	6.582,3	29.705,7	49.719,2	NE	306.472,3	153.581,5
1996	225.000,0	63.397,2	16.031,0	7.420,4	31.079,7	50.296,3	NE	309.735,4	148.129,9
1997	220.000,0	63.471,6	14.319,9	7.885,8	15.605,0	50.873,4	NE	312.203,4	147.255,3
1998	215.000,0	65.313,3	18.710,8	8.759,8	15.433,6	49.517,7	NE	310.226,6	146.798,3
1999	235.996,0	67.535,8	17.816,5	9.614,5	15.755,9	48.162,0	NE	308.317,1	146.341,2
2000	235.000,0	67.424,4	16.993,3	10.644,4	14.817,0	46.806,3	NE	305.995,6	145.884,1
2001	226.000,0	73.550,9	20.651,9	11.397,9	15.922,7	45.450,5	NE	304.775,0	145.427,0
2002	246.316,0	75.393,3	16.088,3	12.190,0	15.395,4	44.094,8	NE	302.798,4	144.970,0
2003	221.073,0	74.670,9	18.301,1	13.121,9	15.145,9	42.739,1	NE	300.369,1	144.512,9
2004	292.680,0	76.564,9	20.281,0	14.334,9	15.160,6	41.383,4	NE	298.401,6	144.055,8
2005	240.708,0	79.353,7	23.525,2	15.668,7	14.917,4	40.027,7	NE	296.592,0	143.598,8
2006	271.154,0	82.587,5	23.446,4	17.256,1	14.659,1	38.672,0	NE	294.860,9	143.141,7
2007	324.391,0	80.984,6	17.670,3	18.957,1	14.565,6	37.316,3	NE	292.276,2	142.684,6
2008	394.599,0	82.904,0	21.666,7	18.825,1	13.909,2	35.965,2	NE	273.696,9	142.227,5
2009	354.384,0	82.039,7	22.233,8	19.120,6	13.191,2	34.630,3	NE	254.626,3	141.770,5
2010	348.444,0	82.480,6	22.329,3	19.240,6	13.050,0	33.313,2	NE	247.884,8	141.313,4
2011	349.959,0	83.579,4	26.947,6	19.174,7	12.294,2	32.082,1	NE	241.259,3	140.856,3
2012	343.014,0	86.680,1	31.497,3	18.933,5	13.656,9	30.914,1	NE	260.029,8	140.399,3
2013	347.139,0	86.667,0	38.731,7	18.731,8	11.961,4	29.812,9	NE	278.250,8	139.942,2

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.7.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 304).

Tabla 304. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: factores de emisión por defecto

Factor de emisión	Valor por defecto
EF_1 para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo [kg N_2O–N (kg N)$^{-1}$]	0,01
$EF_{3PRP, CPP}$ para vacunos (lecheros y no lecheros, y búfalos), aves de corral y porcinos [kg N_2O–N (kg N)$^{-1}$]	0,02
$EF_{3PRP, SO}$ para ovinos y «otros animales» [kg N_2O–N (kg N)$^{-1}$]	0,01

Fuente: Cuadro 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.4.7.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el N_2O. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 305.

Tabla 305. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.C.4.a.	Fertilizante sintético	N_2O	46,4%	46,4%	70,0%	200,0%	84,0%	205,3%
3.C.4.b.	Estiércol animal, compost, lodos y otros	N_2O	23,4%	23,4%	70,0%	200,0%	73,8%	201,4%
3.C.4.c.	Residuos de cosechas	N_2O	293,3%	293,3%	70,0%	200,0%	301,5%	355,0%
3.C.4.d.	Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	N_2O	23,4%	23,4%	95,5%	282,8%	98,4%	283,8%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se aprecia que, en general, la mayor fuente de incertidumbre está relacionada al factor de emisión por defecto aplicado más que a los datos de actividad. Lo contrario ocurre en el caso de *Residuos de cosechas*.

5.4.7.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.4.7.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.4.7.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

5.4.7.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.4.7.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Para *Fertilizante sintético* se comparó la información con fuentes internacionales como FAOSTAT

Para *Estiércol animal, compost, lodos y otros* y *Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas* las fuentes de verificación son las mismas utilizadas en la categoría *Ganado*

Para *Residuos de cosechas* se comparó con información nacional de serie anteriores.

5.4.7.7. Recálculos

5.4.7.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se realizaron mejoras metodológicas a la base de la población animal, lo que derivó en nuevas estimaciones de nitrógeno animal excretado. Así mismo se hicieron refinaciones en las estimaciones de nitrógeno sintético aplicado como fertilizante y nitrógeno de los residuos de cosechas.

5.4.7.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

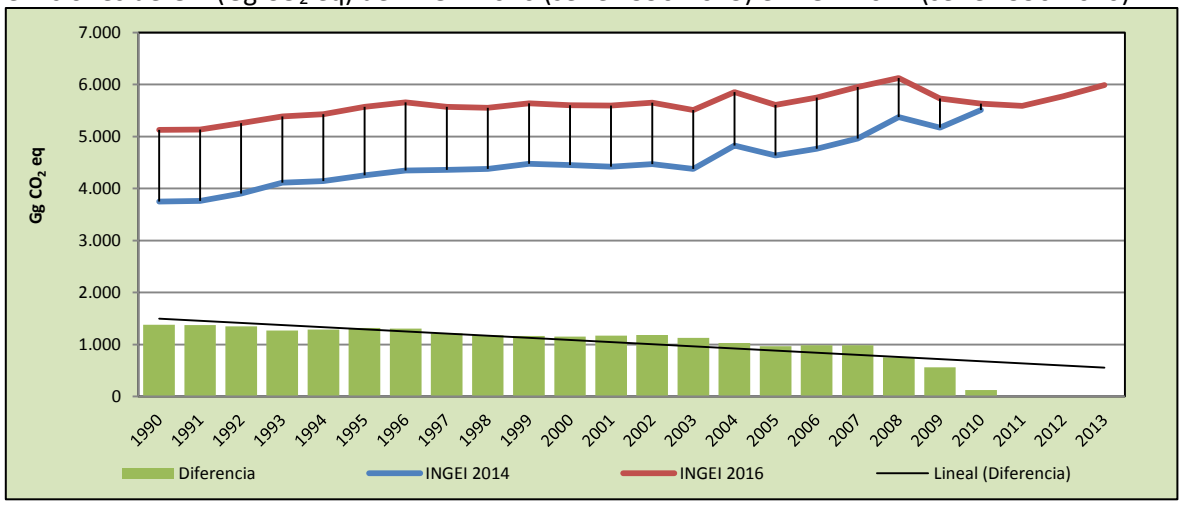
En la Tabla 306 y Figura 136 se observa cómo variaron las emisiones de N_2O de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente a los ajustes de los datos de actividad en la población animal y la refinación de los datos de nitrógeno aplicado de otras fuentes. Esto generó un aumento de las emisiones de N_2O de la subcategoría en un promedio de 1.089,8 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 306. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	3.747,3	4.447,7	5.506,8			
INGEI 2016	5.125,9	5.600,0	5.631,1	5.589,5	5.773,4	5.989,4
Diferencia	**1.378,7**	**1.152,3**	**124,3**			
Diferencia %	**26,9%**	**20,6%**	**2,2%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 136. 3.C.4. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.7.8. Plan de mejoramiento

En general, se requiere mejorar la precisión de los datos sobre cantidad de nitrógeno aplicado al suelo desde todas sus fuentes.

En el caso de los *Fertilizantes sintéticos*, se cuenta con el dato de consumo anual total, disponible en FAOSTAT, valor que le es aportado por ODEPA como datos nacionales no publicados. Una

mejora fundamental consiste en descontar la urea y los nitratos que no son empleados para fines agrícolas. Esta información está disponible en ODEPA, pero se requeriría de convenios de cooperación y esfuerzos adicionales para hacer una desagregación de la información. Adicionalmente, se requeriría contar con información por región administrativa, con el fin de disminuir la incertidumbre asociada a la utilización de métodos de desagregación regional, que consisten en procedimientos internos, basados en desagregar la información nacional de acuerdo a la importancia relativa de la actividad agrícola en cada una de las regiones. Es evidente que el país, a través de ODEPA, debe dotarse de los medios para llenar este vacío de información, llegando finalmente a contar con datos estadísticos fidedignos acerca del consumo de nitrógeno en la forma de fertilizantes sintéticos, desagregado por forma química, región y cultivo. Igualmente, importante es que estos datos deben ser periódicamente publicados y de libre acceso.

Respecto a las fuentes de nitrógeno animal, en la actualidad el país no cuenta con factores de emisión país específico para aplicar métodos Nivel 2 o Nivel 3, aunque ya hay en marcha investigación científica práctica por parte de INIA-Remehue, con el apoyo de la Global Research Alliance (GRA), para determinar estos factores; los que se espera sean aplicados en la próxima actualización del INGEI de Chile.

Respecto a *Residuos de cultivo*, se requiere evaluar y mejorar los juicios de experto empleados para hacer una distinción entre los residuos de cultivos de acuerdo al destino que se les asigna. Esto permitiría estimar de manera más precisa el volumen de nitrógeno incorporado al suelo por parte de las actividades agrícolas.

5.4.8. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados (3.C.5.)

5.4.8.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones indirectas de N_2O generadas por (1) la volatilización de nitrógeno (como NH_3 y NO_x) después de la aplicación de fertilizantes con nitrógeno sintético y orgánico y/o deposición de orina y estiércol de animales en pastoreo y la subsiguiente deposición del nitrógeno como amoníaco (NH_4^+) y óxidos de nitrógeno (NO_x) en suelos y aguas y (2) la lixiviación y el agotamiento de nitrógeno de fertilizantes añadidos con nitrógeno sintético y orgánico, residuos de cultivos, mineralización/inmovilización vinculada a la ganancia/pérdida de carbono del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de las prácticas de gestión de suelos minerales; y orina y estiércol depositado por animales en pastoreo en aguas subterráneas, áreas ribereñas y humedales, ríos y eventualmente la costa oceánica.

5.4.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 1.635,3 Gg CO_2 eq (representando el 19,2 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 18,5 % desde 1990 y en un 5,1 % desde 2010 (Tabla 307 y Figura 137). La principal causante de esta tendencia es el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos que presentan un incremento significativo de un 111,5 % desde 1990, lo que evidencia que cada vez se usa más para incrementar la producción agrícola. Si bien las emisiones de animales en pastoreo directo son mayores, estas han disminuido en un 9,4 % desde 1990.

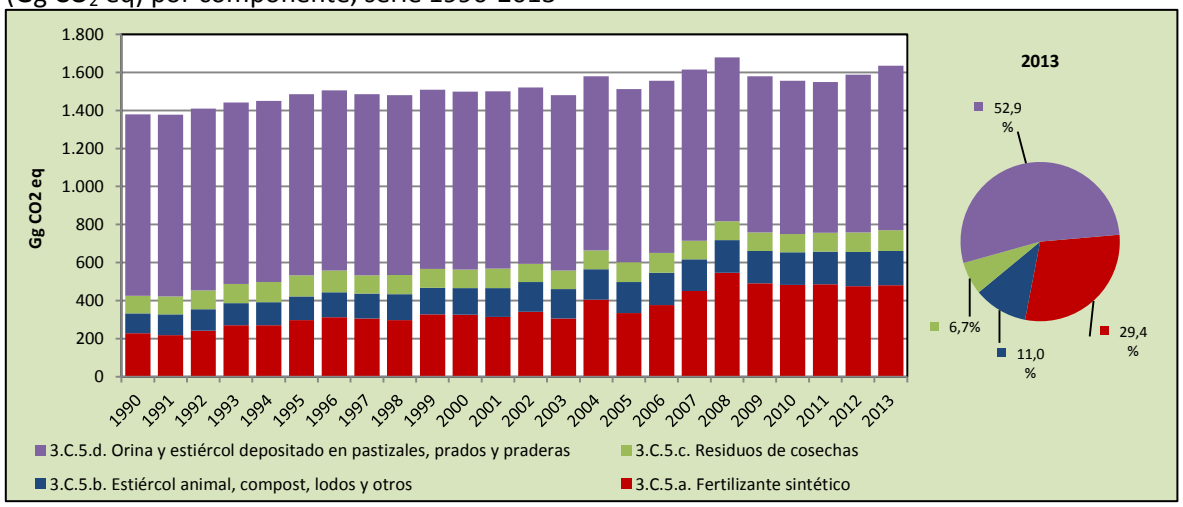
Respecto a los componentes, la principal fuente de emisiones de GEI es *Orina y estiércol depositados en pastizales, prados y praderas* con una participación del 52,9 % en 2013, le siguen un 29,4 % de *Fertilizante sintético*, 11,0 % de *Estiércol animal, compost, lodos y otros* y un 6,7 % de *Residuos de cosecha*.

Tabla 307. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.5.a. Fertilizante sintético	227,5	325,8	483,1	485,2	475,6	481,3
3.C.5.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros	105,6	139,6	170,8	173,0	179,5	179,4
3.C.5.c. Residuos de cosechas	91,3	97,8	96,4	99,2	104,1	108,8
3.C.5.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	955,7	935,6	805,8	791,1	829,0	865,8
Total	**1.380,2**	**1.498,8**	**1.556,1**	**1.548,6**	**1.588,2**	**1.635,3**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 137. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.8.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de N_2O de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 308 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente y por tipo de GEI.

Tabla 308. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados					T1	D
3.C.5.a. Fertilizante sintético					T1	D
3.C.5.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros					T1	D
3.C.5.c. Residuos de cosechas					T1	D

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.5.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas					T1	D

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.8.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos utilizados para esta subcategoría fueron los mismos utilizados en *Emisiones directas de N_2O desde suelos gestionados*, pero en este caso toma importancia la distinción entre las emisiones por volatilización de aquellas por lixiviación y escorrentía. De acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* para las emisiones indirectas se debe descontar la superficie bajo riego mecanizado ya que este sistema de riego elimina la lixiviación y la escorrentía.

La Tabla 309 y Tabla 310 presentan la cantidad anual de nitrógeno aplicado por cada una de las componentes de esta subcategoría, ya sea por volatilización o lixiviación.

Tabla 309. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: aplicación de nitrógeno a los suelos (toneladas) que es emitido a la atmosfera por volatilización, serie 1990-2013

Año	3.C.5.a. Fertilizante sintético	3.C.5.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros	3.C.5.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas
1990	164.098,0	51.016,0	461.632,4
1991	157.400,0	52.704,6	461.306,7
1992	174.000,0	54.450,8	460.991,1
1993	195.000,0	56.280,8	460.690,4
1994	195.000,0	58.268,7	460.417,5
1995	215.000,0	59.742,2	460.053,8
1996	225.000,0	63.397,2	457.865,3
1997	220.000,0	63.471,6	459.458,7
1998	215.000,0	65.313,3	457.024,9
1999	235.996,0	67.535,8	454.658,3
2000	235.000,0	67.424,4	451.879,7
2001	226.000,0	73.550,9	450.202,1
2002	246.316,0	75.393,3	447.768,3
2003	221.073,0	74.670,9	444.882,0
2004	292.680,0	76.564,9	442.457,4
2005	240.708,0	79.353,7	440.190,7
2006	271.154,0	82.587,5	438.002,5
2007	324.391,0	80.984,6	434.960,8
2008	394.599,0	82.904,0	415.924,4
2009	354.384,0	82.039,7	396.396,8
2010	348.444,0	82.480,6	389.198,2
2011	349.959,0	83.579,4	382.115,6
2012	343.014,0	86.680,1	400.429,1
2013	347.139,0	86.667,0	418.193,0

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Tabla 310. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: aplicación de nitrógeno a los suelos (toneladas) que es emitido a la atmosfera por escorrentía y lixiviación, serie 1990-2013

Año	3.C.5.a. Fertilizante sintético	3.C.5.b. Estiércol animal, compost, lodos y otros	3.C.5.d. Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	3.C.5.c. Residuos de cosechas				
				Cultivos anuales	Huertos frutales	Hortalizas	Forrajeras	Forrajeras permanentes leñosas
1990	134.658,9	51.016,0	461.632,4	15.825,6	2.768,3	17.831,8	46.833,8	NE
1991	129.162,5	52.704,6	461.306,7	16.771,1	3.553,0	19.219,1	47.410,8	NE
1992	142.784,5	54.450,8	460.991,1	18.582,7	4.370,4	20.916,2	47.987,9	NE
1993	160.017,1	56.280,8	460.690,4	13.884,3	5.158,2	24.650,4	48.565,0	NE
1994	160.017,1	58.268,7	460.417,5	14.797,1	5.808,0	27.471,0	49.142,1	NE
1995	176.429,1	59.742,2	460.053,8	16.055,7	6.582,3	29.705,7	49.719,2	NE
1996	184.635,1	63.397,2	457.865,3	16.031,0	7.420,4	31.079,7	50.296,3	NE
1997	180.532,1	63.471,6	459.458,7	14.319,9	7.885,8	15.605,0	50.873,4	NE
1998	176.429,1	65.313,3	457.024,9	18.710,8	8.759,8	15.433,6	49.517,7	NE
1999	193.658,5	67.535,8	454.658,3	17.816,5	9.614,5	15.755,9	48.162,0	NE
2000	192.841,1	67.424,4	451.879,7	16.993,3	10.644,4	14.817,0	46.806,3	NE
2001	185.455,7	73.550,9	450.202,1	20.651,9	11.397,9	15.922,7	45.450,5	NE
2002	202.127,1	75.393,3	447.768,3	16.088,3	12.190,0	15.395,4	44.094,8	NE
2003	181.412,6	74.670,9	444.882,0	18.301,1	13.121,9	15.145,9	42.739,1	NE
2004	240.173,4	76.564,9	442.457,4	20.281,0	14.334,9	15.160,6	41.383,4	NE
2005	197.525,1	79.353,7	440.190,7	23.525,2	15.668,7	14.917,4	40.027,7	NE
2006	222.509,1	82.587,5	438.002,5	23.446,4	17.256,1	14.659,1	38.672,0	NE
2007	266.195,4	80.984,6	434.960,8	17.670,3	18.957,1	14.565,6	37.316,3	NE
2008	323.808,2	82.904,0	415.924,4	21.666,7	18.825,1	13.909,2	35.965,2	NE
2009	290.807,7	82.039,7	396.396,8	22.233,8	19.120,6	13.191,2	34.630,3	NE
2010	285.933,3	82.480,6	389.198,2	22.329,3	19.240,6	13.050,0	33.313,2	NE
2011	287.176,6	83.579,4	382.115,6	26.947,6	19.174,7	12.294,2	32.082,1	NE
2012	281.477,5	86.680,1	400.429,1	31.497,3	18.933,5	13.656,9	30.914,1	NE
2013	284.862,5	86.667,0	418.193,0	38.731,7	18.731,8	11.961,4	29.812,9	NE

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.8.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 311).

Tabla 311. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: factores de emisión por defecto

Factor de emisión	Valor por defecto
EF_4 [volatilización y re-deposición de N], kg N_2O–N (kg NH_3–N + NO_x–N volatilizado)$^{-1}$ [19]	0,010
EF_5 [lixiviación/escurrimiento], kg N_2O–N (kg N lixiviación/escurrimiento) $^{-1}$ [20]	0,0075
$Frac_{GASF}$ [Volatilización de fertilizante sintético], (kg NH_3–N + NO_x–N) (kg N aplicado) $^{-1}$	0,100
$Frac_{GASM}$ [Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo], (kg NH_3–N + NO_x–N) (kg N aplicado o depositado) $^{-1}$	0,200
$Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}$ [pérdidas de N por lixiviación/escurrimiento en regiones donde Σ (lluvia en la estación lluviosa) - Σ (EP en el mismo período) > capacidad de retención del agua del suelo, O donde se emplea irrigación (excepto por goteo)], kg N (kg N agregado o por deposición de animales en pastoreo)$^{-1}$	0,300

Fuente: Cuadro 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.4.8.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el N_2O. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 312.

Tabla 312. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.C.5.a.	Fertilizante sintético	N_2O	50,5%	50,5%	156,4%	531,2%	164,3%	533,6%
3.C.5.b.	Estiércol animal, compost, lodos y otros	N_2O	23,4%	23,4%	158,7%	514,5%	160,4%	515,0%
3.C.5.c.	Residuos de cosechas	N_2O	293,3%	293,3%	114,7%	286,7%	314,9%	410,2%
3.C.5.d.	Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	N_2O	23,4%	23,4%	158,7%	514,5%	160,4%	515,0%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se aprecia que, en general, la mayor fuente de incertidumbre está relacionada al factor de emisión por defecto aplicado más que a los datos de actividad. Lo contrario ocurre en el caso de *Residuos de cosechas*.

5.4.8.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.4.8.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.4.8.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

5.4.8.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.4.8.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Para *Fertilizante sintético* se comparó la información con fuentes internacionales como FAOSTAT

Para *Estiércol animal, compost, lodos y otros* y *Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas* las fuentes de verificación son las mismas utilizadas en la categoría *Ganado*

Para *Residuos de cosechas* se comparó con información nacional de serie anteriores.

5.4.8.7. Recálculos

5.4.8.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se realizaron mejoras metodológicas a la base de la población animal, lo que derivó en nuevas estimaciones de nitrógeno animal excretado. Así mismo se hicieron refinaciones en las estimaciones de nitrógeno sintético aplicado como fertilizante y nitrógeno de los residuos de cosechas.

5.4.8.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

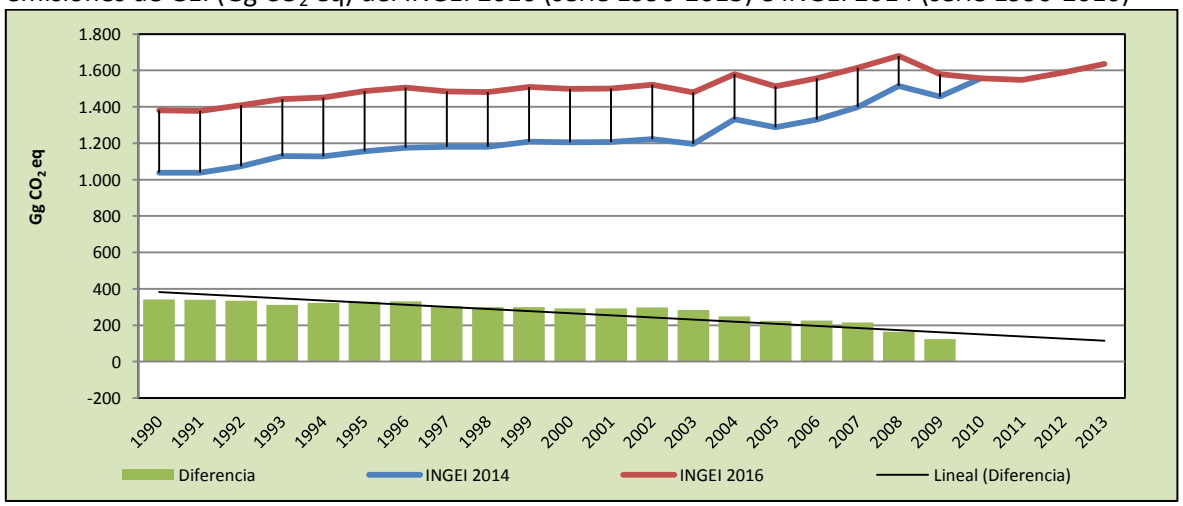
En la Tabla 313 y Figura 138 se observa cómo variaron las emisiones de N_2O de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente a los ajustes de los datos de actividad en la población animal y la refinación de los datos de nitrógeno aplicado de otras fuentes. Esto generó un aumento de las emisiones de N_2O de la subcategoría en un promedio de 265,9 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 313. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	1.038,6	1.205,3	1.557,2			
INGEI 2016	1.380,2	1.498,8	1.556,1	1.548,6	1.588,2	1.635,3
Diferencia	**341,5**	**293,5**	**-1,1**			
Diferencia %	**24,7%**	**19,6%**	**-0,1%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 138. 3.C.5. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.8.8. Plan de mejoramiento

En general, el mismo plan de mejoramiento de *Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados*, previamente descrito, es aplicable para esta subcategoría.

5.4.9. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol (3.C.6.)

5.4.9.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones indirectas de N_2O generadas por la descomposición del estiércol bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en los distintos tipos de sistemas de gestión del estiércol (SGE).

En el contexto nacional, las emisiones de N_2O se consideran principalmente en los siguientes SME:

- Lagunas anaeróbicas para *Vacas lecheras*,
- Corral de engorda para *Otros vacunos*,
- Varios sistemas de manejo para *Porcinos,* y
- Sistemas sólidos para *Aves de corral*.

Las otras especies animales son manejadas fundamentalmente bajo condiciones de pastoreo a campo abierto.

5.4.9.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 170,3 Gg CO_2 eq (representando el 2,0 % de las emisiones de GEI de la categoría), incrementándose en un 99,3 % desde 1990 y en un 5,0 % desde 2010 (Tabla 314 y Figura 139). La principal causante de este aumento es el incremento de la población de *Aves de corral* y *Porcinos* que están sujetos a un SGE.

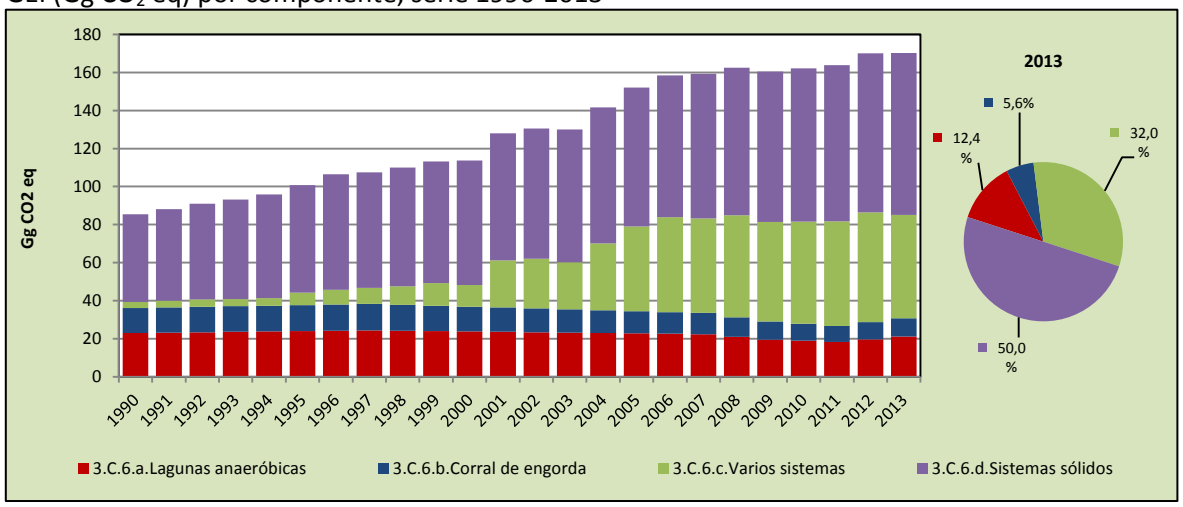
Respecto a los componentes, la principal fuente de emisiones de GEI es *Sistemas sólidos* con una participación del 50,0 % en 2013, le siguen un 32,0 % de *Varios sistemas*, 12,4 % de *Lagunas anaeróbicas* y un 5,6 % de *Corral de engorda*.

Tabla 314. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.6.a. Lagunas anaeróbicas	23,0	23,8	18,9	18,3	19,7	21,1
3.C.6.b. Corral de engorda	13,2	13,0	8,9	8,3	9,0	9,6
3.C.6.c. Varios sistemas	3,3	11,5	53,8	55,1	57,8	54,5
3.C.6.d. Sistemas sólidos	46,1	65,4	80,6	82,1	83,6	85,1
Total	**85,5**	**113,7**	**162,2**	**163,9**	**170,1**	**170,3**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 139. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.9.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de N_2O de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 315 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente y por tipo de GEI.

Tabla 315. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: métodos aplicados por componente

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol					T1	D
3.C.6.a. Lagunas anaeróbicas					T1	D
3.C.6.b. Sistemas de tipo líquido					T1	D
3.C.6.c. Almacenamiento sólido y parcelas secas					T1	D
3.C.6.d. Otros SME					T1	D

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

5.4.9.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos se calcularon aplicando tasas de excreción de nitrógeno por defecto desde las *Directrices del IPCC de 2006*, las mismas presentadas previamente en la subcategoría *Gestión del estiércol*, las que se multiplicaron por la población animal bajo cada tipo de SGE.

5.4.9.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, los mismos presentados previamente en la subcategoría *Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados.*

5.4.9.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el N_2O. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 316.

Tabla 316. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.C.6.a.	Lagunas anaeróbicas	N_2O	116,2%	116,2%	230,0%	230,0%	257,7%	257,7%
3.C.6.b.	Corral de engorda	N_2O	116,2%	116,2%	230,0%	230,0%	257,7%	257,7%
3.C.6.c.	Varios sistemas	N_2O	116,2%	116,2%	230,0%	230,0%	257,7%	257,7%
3.C.6.d.	Sistemas sólidos	N_2O	116,2%	116,2%	230,0%	230,0%	257,7%	257,7%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se aprecia que la mayor fuente de incertidumbre está relacionada al factor de emisión por defecto aplicado más que a los datos de actividad.

5.4.9.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.4.9.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.4.9.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

5.4.9.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del

SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.4.9.6.3. Verificación

Se ha aplicado los mismos procesos de verificación que en las subcategorías *Gestión del estiércol* y *Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados.*

5.4.9.7. Recálculos

5.4.9.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

Para esta subcategoría se realizaron mejoras metodológicas a la base de la población animal, lo que derivó en nuevas estimaciones de nitrógeno animal excretado. Así mismo se hicieron refinaciones de las características propias de los distintos tipos de SGE.

5.4.9.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

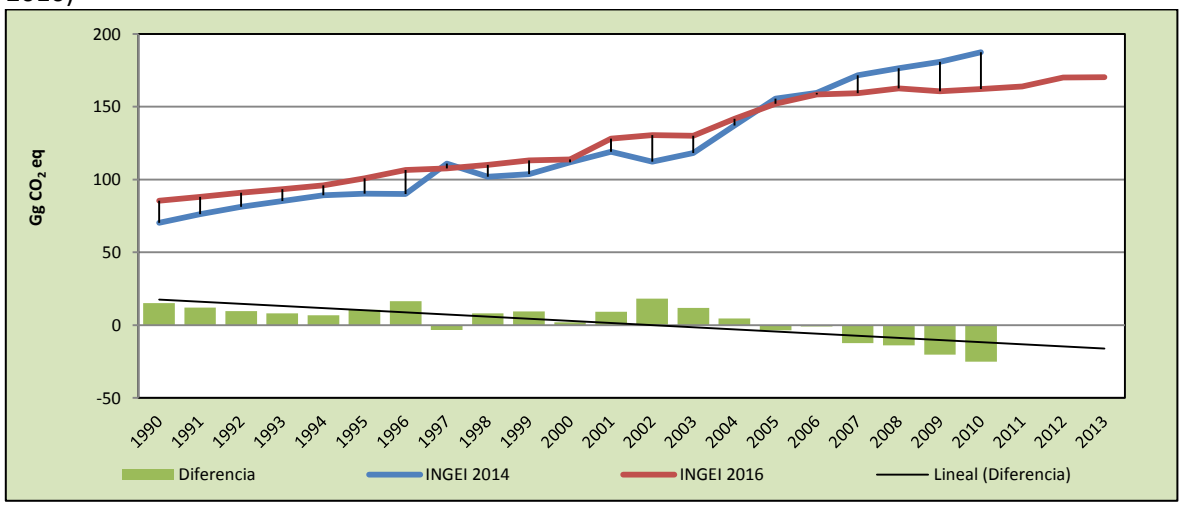
En la Tabla 317 y Figura 140 se observa cómo variaron las emisiones de N_2O de esta subcategoría respecto del inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe principalmente a los ajustes de los datos de actividad en la población animal y la refinación de los datos de los SGE. Esto generó un aumento de las emisiones de N_2O de la subcategoría en un promedio de 2,9 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 317. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	70,3	111,8	187,4			
INGEI 2016	85,5	113,7	162,2	163,9	170,1	170,3
Diferencia	**15,2**	**1,9**	**-25,2**			
Diferencia %	**17,7%**	**1,7%**	**-15,5%**			

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 140. 3.C.6. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: comparación entre las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.9.8. Plan de mejoramiento

El plan de mejoramiento de esta subcategoría tiene directa relación con el plan de mejoramiento de las subcategorías *Gestión del estiércol* y *Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados.*

5.4.10. Cultivo del arroz (3.C.7.)

5.4.10.1. Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye emisiones de CH_4 generadas por la descomposición anaeróbica de material orgánico en arrozales inundados, que se libera a la atmósfera fundamentalmente a través de burbujas de agua y mediante el transporte a través de las plantas del arroz. La cantidad emitida está en función de las variedades de arroz, de la extensión del período de inundación, de la cantidad de ciclos de cultivación y duración de cada cultivación, de la temperatura del suelo, del método de riego y de la incorporación de sustratos orgánicos. Toda emisión de N_2O por el uso de fertilizantes basados en nitrógeno en el cultivo de arroz deben declararse con las *Emisiones de N_2O de los suelos gestionados*.

En el contexto nacional, esta especie es el único cultivo producido bajo condiciones de anegamiento permanente y se produce en unas pocas regiones administrativas centrales, en todos los casos bajo anegamiento permanente y sin incorporación de sustratos orgánico, habiendo una cosecha por año.

5.4.10.2. Tendencia de las emisiones de GEI

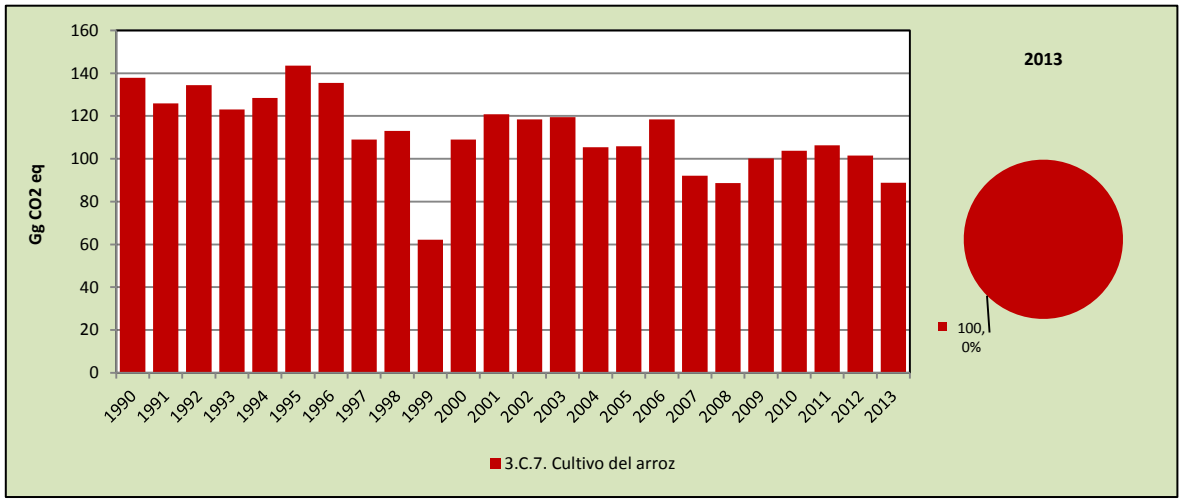
En 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 88,9 Gg CO_2 eq (representando el 1,0 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 35,6 % desde 1990 y en un 14,4 % desde 2010 (Tabla 318 y Figura 141). La principal causante es la disminución sostenida de la superficie cultivada en el país. Otro tema relevante es la brusca caída de las emisiones durante 1999, producto de la fuerte reducción que ese año tuvo la superficie sembrada con este cereal.

Tabla 318. 3.C.7. Cultivo del arroz: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013

Componente	1990	2000	2010	2011	2012	2013
3.C.7. Cultivo del arroz	137,9	109,0	103,8	106,3	101,5	88,9
Total	**137,9**	**109,0**	**103,8**	**106,3**	**101,5**	**88,9**

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Figura 141. 3.C.7. Cultivo del arroz: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por componente, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

5.4.10.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 319 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 319. 3.C.7. Cultivo del arroz: métodos aplicados por subcategoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
3.C.7. Cultivo del arroz			T1	D	NA	NA

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
Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de libros de cálculo elaborados por el Equipo Técnico de AFOLU con base en las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Las emisiones de CH_4 se estiman multiplicando los factores de emisión diaria por período de cultivo[32] de arroz y por superficies de cosecha anual[33] (Ecuación 70). En su forma más simple, esta ecuación se aplica utilizando datos de la actividad nacionales (es decir, periodo de cultivo de arroz promedio y superficie cosechada a nivel nacional) y un único factor de emisión. Sin embargo, las condiciones naturales y la gestión agrícola de la producción de arroz pueden ser muy variables dentro de un mismo país. Constituye una buena práctica tener en cuenta esta variabilidad desagregando la superficie total cosechada a nivel nacional en subunidades (p. ej., superficies cosechadas bajo diferentes regímenes hídricos). La superficie cosechada de cada subunidad se

[32] En caso de cultivos bianuales, el «período de cultivo» deben ampliarse según la cantidad respectiva de días.
[33] En caso de múltiples cultivos durante el mismo año, la «superficie de cosecha» será igual a la suma de las superficies utilizadas para cada cultivo.

multiplica por el período de cultivo respectivo y por el factor de emisión representativo de las condiciones que definen la subunidad. Con este método desagregado, las emisiones totales anuales equivalen a la suma de emisiones de cada subunidad de superficie cosechada.

Ecuación 70. 3.C.7. Cultivo del arroz: emisiones anuales de metano

$$CH_{4\ Arroz} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6}$$

Fuente: Ecuación 5.1; Capítulo 5; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $CH_{4\ Arroz}$ = Emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz (Gg CH_4 año^{-1}),
- $EF_{i,j,k}$ = Factor de emisión diario para las condiciones i, j, y k (kg CH_4 ha^{-1} día^{-1}),
- $t_{i,j,k}$ = Período de cultivo del arroz para las condiciones i, j, y k (días),
- $A_{i,j,k}$ = Superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j, y k (ha año^{-1}),
- i,j,k = Representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH_4 producidas por el arroz.

Existen distintas condiciones que inciden sobre las emisiones de CH_4 producidas por el cultivo del arroz, como por ejemplo:

- Diferencias regionales en las prácticas de cultivo del arroz: si el país es grande y tiene regiones agrícolas dispares con diferentes climas y/o sistemas de producción (p. ej., pautas de inundación), se debe realizar un conjunto de cálculos individual para cada región.
- Régimen hídrico: definido como la combinación entre el tipo de ecosistema (es decir, irrigado, alimentado por lluvia, y producción de arroz en aguas profundas) y las pautas de inundación.
- Agregados orgánicos a los suelos: tipo y de la cantidad de material aplicado.
- Otras condiciones: el cultivar del arroz y el contenido de sulfatos de los abonos.

Dado que nuestro país no cuenta con información suficiente como para desagregar la superficie total cosecha bajo ninguna de las condiciones nombradas en el párrafo anterior, es que el nivel metodológico utilizado para calcular las emisiones de esta categoría corresponde a emplear el factor de emisión por defecto de Nivel 1 y factores de ajuste, junto con datos de la actividad en cuanto a superficie de cosecha y período de cultivo. Cabe destacar que se asumió un valor único de 1, para todos los factores de ajuste señalados en la Ecuación 71.

Ecuación 71. 3.C.7. Cultivo del arroz: factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada

$$EF_i = EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times SF_{s,r}$$

Fuente: Ecuación 5.2; Capítulo 5; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- EF_ii = Factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada,
- EF_c = Factor de emisión básico para Tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos,

- SF_w = Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo,
- SF_p = Factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo,
- SF_o = El factor de ajuste deberá variar según el tipo y a cantidad de abono orgánico aplicado,
- $SF_{s,r}$ = Factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar del arroz, etc., si está disponible.

5.4.10.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La superficie de cosecha anual se obtuvo del *Censo Nacional Agropecuario y Forestal* y de las Estadística de Cultivos elaboradas por ODEPA. La información entregada permite desagregar los datos por región (Tabla 320).

Tabla 320. 3.C.7. Cultivo del arroz: superficie de arroz cosechada anualmente (ha)

Año	Superficie (ha)
1990	32.590,0
1991	29.750,0
1992	31.760,0
1993	29.080,0
1994	30.360,0
1995	33.930,0
1996	32.030,0
1997	25.761,8
1998	26.702,0
1999	14.696,0
2000	25.768,0
2001	28.550,0
2002	27.980,0
2003	28.230,0
2004	24.900,0
2005	25.030,0
2006	27.980,0
2007	21.754,9
2008	20.960,0
2009	23.680,0
2010	24.527,0
2011	25.121,0
2012	23.991,0
2013	21.000,0

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI con base en ODEPA e INE

El único dato paramétrico aplicado consiste en el período de siembra a cosecha, el cual de acuerdo a información de ODEPA, el cultivo se siembra entre octubre y noviembre, para ser cosechado entre marzo y abril, pudiendo asumirse, para toda la superficie arrocera nacional, un período promedio de 155 días.

5.4.10.3.2. Factores de emisión

Se empleó un factor de emisión por defecto de 1,3 kg CH_4 ha^{-1} $día^{-1}$ de las *Directrices del IPCC de 2006*, suponiendo (1) que no hay inundación durante menos de 180 días previos al cultivo del arroz, (2) permanentemente inundados durante el período de cultivo y (3) sin aplicación de abonos orgánicos (EFc).

5.4.10.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2013, ha sido estimada para el CH_2. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 321.

Tabla 321. 3.C.7. Cultivo del arroz: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
3.C.7.	Cultivos de arroz	CH_4	42,7%	42,7%	38,5%	69,2%	57,5%	81,4%

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU del MINAGRI

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se aprecia que la mayor fuente de incertidumbre está relacionada a los factores de emisión por defecto (con una alta variabilidad) más que a los datos de actividad.

5.4.10.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Cuando se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, los recálculos realizados cubrieron la serie temporal completa.

5.4.10.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

5.4.10.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de AFOLU se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de AFOLU. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_3AFOLU*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

5.4.10.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *AFOLU*, el Equipo Técnico de AFOLU ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de AFOLU como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_3AFOLU*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

5.4.10.6.3. Verificación

El procedimiento de verificación consistió en realizar comparaciones de los resultados obtenidos durante esta serie temporal y la anterior calculada. Gracias a ello se logró detectar diferencias y establecer inconsistencias entre los datos empleados.

Por el momento no se cuenta con datos de otras fuentes (nacionales o internacionales) con los cuales se pueda comparar los resultados.

5.4.10.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

5.4.10.8. Plan de mejoramiento

Debido a que las emisiones de CH_4 dependen directamente de la cantidad de días que abarca el período de siembra a cosecha, se sugiere generar datos que diferencien este parámetro a nivel regional, tomando en cuenta factores como el cultivar de arroz más utilizado en cada región.

6. SECTOR RESIDUOS (4)

6.1. Panorama general

6.1.1. Introducción

El sector *Residuos* incluye las emisiones de GEI resultantes de procesos microbiológicos que ocurren en la materia orgánica bajo degradación anaeróbica, principalmente desde sitios de disposición de residuos sólidos, manejados o no manejados; la emisión de óxido nitroso por la descomposición anaeróbica de excretas humanas; y el tratamiento anaeróbico de aguas residuales domesticas e industriales en fase líquida y sólida (lodos). Al igual que para el sector *AFOLU*, las *Directrices del IPCC de 2006* asumen que el balance del CO_2 biogénico es cero, ya que la emisión de este gas proviene de un substrato que se sintetiza periódicamente en ciclos anuales o bien, de substratos sintetizados a partir del consumo de otros substratos orgánicos.

El sector *Residuos*, según las *Directrices del IPCC de 2006*, comprende principalmente las emisiones de:

- La disposición de los residuos sólidos.
- El tratamiento biológico de los residuos sólidos.
- La incineración de los residuos.
- El tratamiento y descarga de las aguas residuales

Durante los últimos años, los residuos en Chile han alcanzado una mejora en cuanto a disposición, es decir, se han ido reemplazando sitios de disposición de residuos sólidos como basurales y vertederos por rellenos sanitarios; así mismo hay un aumento en las iniciativas de valorización, dentro de estos el compostaje; al igual que la implementación de normativas que regulan la incineración para ciertos tipos de residuos. También en el tratamiento y descarga de aguas residuales hay un crecimiento de forma significativa en la cobertura de tratamiento de aguas residuales domésticas y entrada en vigencia de reglamentación en el tratamiento y descarga de aguas residuales industriales.

Lo anterior contrasta con la carencia y escasa calidad de la información proveniente desde este sector, es decir cifras sobre cantidades y composición de residuos generados y llevados a disposición final; datos de residuos tratados por instalaciones de tratamiento biológico e incineración; volumen de caudales y cantidad de lodos generados del tratamiento de aguas, etc. Sin embargo, hoy en día se están tomando medidas frente a esta problemática, como la implementación de sistemas y plataformas que permitan reportar de forma obligatoria este tipo de información.

Es importante mencionar que las *Directrices del IPCC de 2006* usan ciertos términos diferentes a los utilizados a nivel nacional para el sector *Residuos*. La Tabla 322 muestra las denominaciones usadas por las *Directrices del IPCC de 2006* además de las empleadas a nivel nacional y la adaptación de éstas.

Tabla 322. Sector Residuos: homologación de términos para las categorías del sector

Denominación *Directrices del IPCC de 2006*	Denominación Nacional	Denominación Utilizada
Eliminación de Desechos Sólidos	Disposición de Residuos	Disposición de Residuos Sólidos
Desechos Sólidos Municipales (DSM)	Residuos Sólidos Domiciliarios	Residuos Sólidos Municipales (RSM)
Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos	Sitios de Disposición Final de Residuos	Sitios de Disposición de Residuos Sólidos

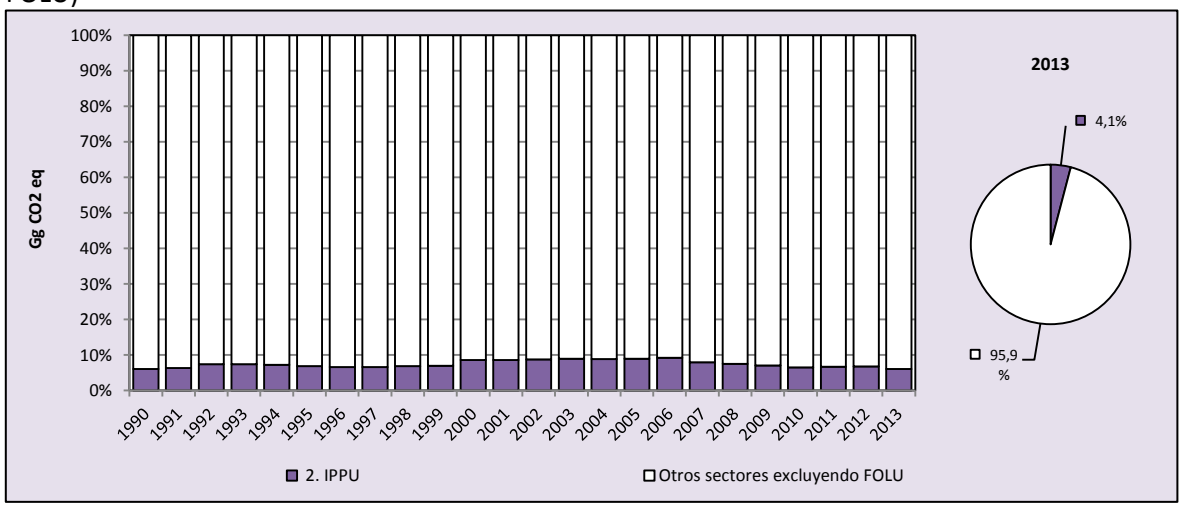
Denominación *Directrices del IPCC de 2006*	Denominación Nacional	Denominación Utilizada
(SEDS)	Domiciliarios	(SDRS)
Tratamiento Biológico de los Desechos Sólidos	Tratamiento Biológico de Residuos	Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos
Incineración e Incineración Abierta de Residuos	Incineración y Quema Abierta de Residuos	Incineración y Quema Abierta de Residuos
Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales	Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales	Tratamiento y Descarga de Aguas Residuales
Aguas Residuales Domésticas	Aguas servidas	Aguas Residuales Domésticas
Aguas Residuales Industriales	Residuos Industriales Líquidos (RILes)	Aguas Residuales Industriales
Requisito Bioquímico de Oxígeno (BOD)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
Requisito Químico de Oxígeno (DQO)	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Nota: En la normativa chilena no se hace referencia a la palabra "desechos"; se usa el término residuos, es por esto que se adaptó la denominación entregada por las *Directrices del IPCC de 2006* a las condiciones nacionales.
Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.1.2. Tendencia de las emisiones de GEI

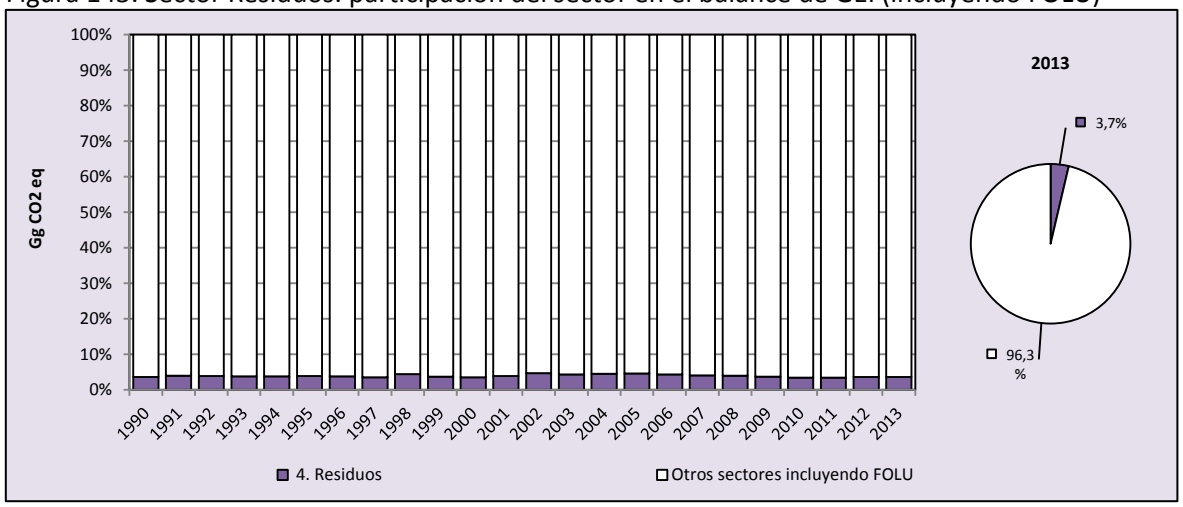
El sector *Residuos* representó el 4,1 % de las emisiones de GEI totales (Figura 142) y el 3,7 % del balance de GEI del país (Figura 143) para el 2013.

Figura 142. Sector Residuos: participación del sector en las emisiones de GEI totales (excluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 143. Sector Residuos: participación del sector en el balance de GEI (incluyendo FOLU)



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

En 2013, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 4.478,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 77,3 % desde 1990 y en un 17,8 % desde 2010 (Tabla 323 y Figura 144). Las principales causantes del incremento de las emisiones de GEI del sector son el aumento de la población y el consiguiente aumento de la generación de residuos sólidos y líquidos. La disminución en las emisiones de GEI observadas desde 2007 se debe principalmente a la recuperación de CH_4 en los Sitios de Disposición de Residuos Sólidos (SDRS) durante los últimos años de la serie. Esta situación cambia en 2013 debido a la baja en el precio de los Certificados de Reducción de Emisiones (CER) desde los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que son un importante incentivo a este tipo de prácticas, por lo que el proceso se ha vuelto menos rentable para algunos SDRS, llegando a recuperar menor cantidad o simplemente abandonando esta práctica, a pesar de que en el futuro puedan reintegrarse.

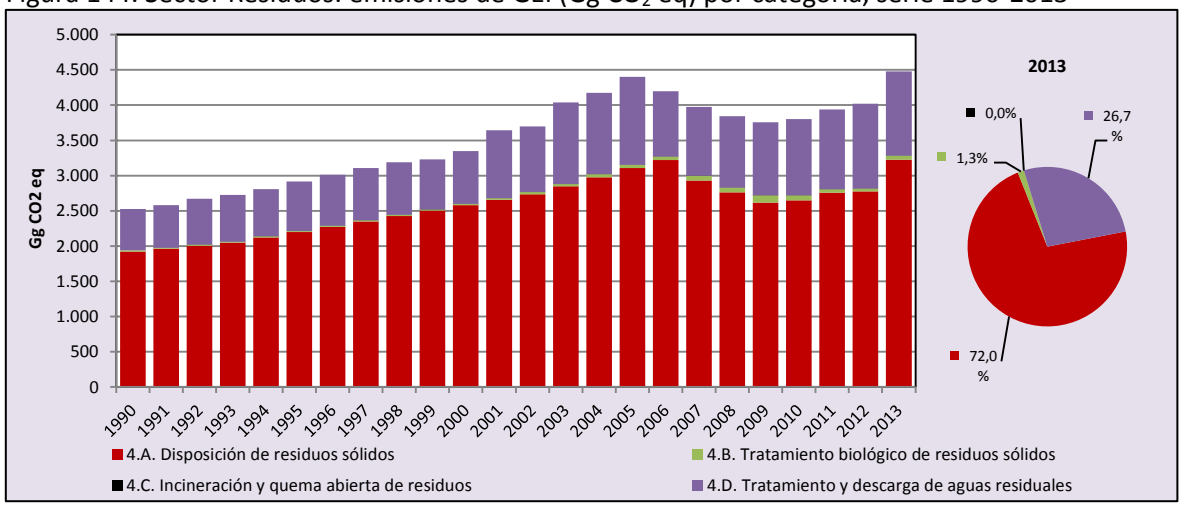
Respecto a las categorías (Figura 144), el 72,0 % de las emisiones de GEI del sector corresponden a la categoría *Disposición de residuos sólidos,* seguido de un 26,7 % de *Tratamiento y descarga de aguas residuales*, 1,3 % de *Tratamiento biológico de residuos sólidos* y, finalmente, un 0,01 % de *Incineración y quema abierta de residuos*.

Tabla 323. Sector Residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
4.A. Disposición de residuos sólidos	1.922,5	2.580,8	2.647,1	2.757,0	2.773,9	3.225,5
4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	15,9	19,0	73,0	52,2	44,4	57,0
4.C. Incineración y quema abierta de residuos	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales	587,7	748,4	1.082,2	1.130,3	1.200,5	1.195,9
Total	**2.526,1**	**3.348,3**	**3.802,6**	**3.939,8**	**4.019,2**	**4.478,8**

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 144. Sector Residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

En 2013, el principal GEI emitido por el sector fue el CH_4, representando un 91,9 % de las emisiones de GEI del sector. Lo sigue el N_2O con un 8,1 % y el CO_2 con menos de 0,01 % (Tabla 324 y Figura 145).

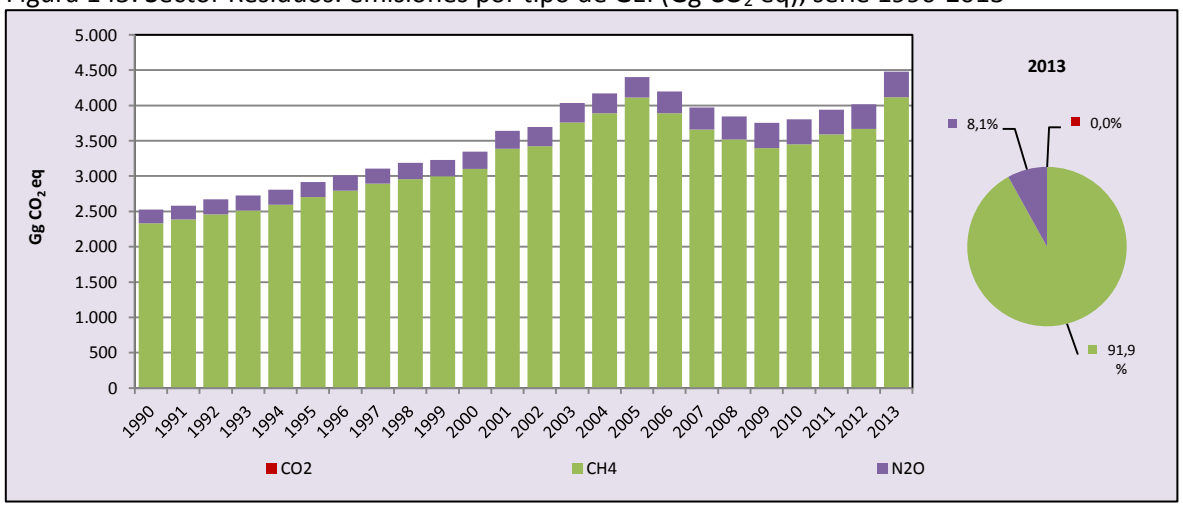
Tabla 324. Sector Residuos: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013

GEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
CO_2	NO	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
CH_4	2.329,4	3.102,6	3.450,5	3.589,2	3.668,9	4.117,6
N_2O	196,7	245,6	351,9	350,3	350,0	360,9
Total	**2.526,1**	**3.348,3**	**3.802,6**	**3.939,8**	**4.019,2**	**4.478,8**

NO = No ocurre

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 145. Sector Residuos: emisiones por tipo de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.1.3. Aspectos metodológicos generales del sector

Para la estimación de las emisiones de GEI del sector *Residuos* se aplicó el método Nivel 1 propuestos por las *Directrices del IPCC de 2006*. Es importante destacar que mejoró la gestión de los datos de actividad nacional, especialmente para las estadísticas de las categorías de *Disposición de residuos sólidos* y *Tratamiento y descarga de aguas residuales*. En la Tabla 325 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 325. Sector Residuos: métodos aplicados por categoría

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO_2		CH_4		N_2O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
4. Residuos	**T1, NO**	**D, NO**	**T1, NO**	**D, NO**	**T1, NA, NO**	**D, NA, NO**
4.A. Disposición de residuos sólidos			T1	D	NA	NA
4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos			T1	D	T1	D
4.C. Incineración y quema abierta de residuos	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO	T1, NO	D, NO
4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales			T1	D	T1, NA	D, NA
4.E. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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
Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

6.1.4. Datos de actividad del sector

En el sector *Residuos* los datos de actividad están relacionados con estadísticas públicas por tratarse de datos relacionados con la población (residuos generados, aguas residuales generadas, etc.). Sin embargo, muchos de ellos debieron ser tratados dada la ausencia de valores para los primeros años de la serie. El detalle de los datos de actividad utilizados se podrá encontrar en las secciones correspondientes a cada categoría.

6.2. Disposición de residuos sólidos (4.A.)

6.2.1. Descripción de la categoría

El tratamiento y la eliminación de los residuos sólidos municipales, industriales y otros generan cantidades significativas de CH_4. Además del CH_4, los SDRS producen también CO_2 biogénico y COVDM, así como cantidades más pequeñas de N_2O, NO_x y CO. Las subcategorías incluidas dependen de las características del sitio de disposición, donde los SDRS que existen a nivel nacional han sido homologados a los de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.1; Capítulo 3; Volumen 5), como se muestra en la Tabla 326.

Tabla 326. 4.A. Disposición de residuos sólidos: Homologación tipos de SDRS a nivel nacional según las Directrices del IPCC de 2006

Tipos de SDRS a nivel nacional	Normativa de cumplimiento	Homologación *Directrices del IPCC*
Relleno Sanitario	Cumple con la legislación vigente, DS N° 189/2008 del MINSAL: Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios.	*4.A.1. Sitio Gestionado* (Se asimila con sitio gestionado anaeróbico)
Basural	No cumple con normativa	*4.A.2. Sitio No Gestionado* (Se asimila con sitio No gestionado – poco profundo, < 5m de residuos)
Vertedero	Cumple con la Res. N° 2.444/1980 del MINSAL: Normas sanitarias mínimas para la operación de basurales.	*4.A.3. Sitio No Categorizado*

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Disposición de residuos sólidos* es la principal categoría emisora de GEI del sector *Residuos* representando el 72,0 % de las emisiones de GEI del sector. En 2013, las emisiones de GEI contabilizaron 3.225,5 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 67,8 % desde 1990 y en un 21,9 % desde 2010 (Tabla 327 y Figura 146). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es el crecimiento población y, por lo tanto, la generación de residuos. Se observa que desde 2006 en adelante hay una reducción en la tendencia que se debe a la recuperación de CH_4 en algunos rellenos sanitarios del país, sin embargo, el total de CH_4 que se recupera en Chile ha disminuido durante los últimos años a pesar de que la normativa lo recomienda (D.S. 189). Esto se explica a la baja en el precio de los CER desde los proyectos del MDL. En consecuencia, entre 2010 y 2013 las emisiones de GEI aumentaron en comparación con la reducción que se venía dando paulatinamente desde 2006.

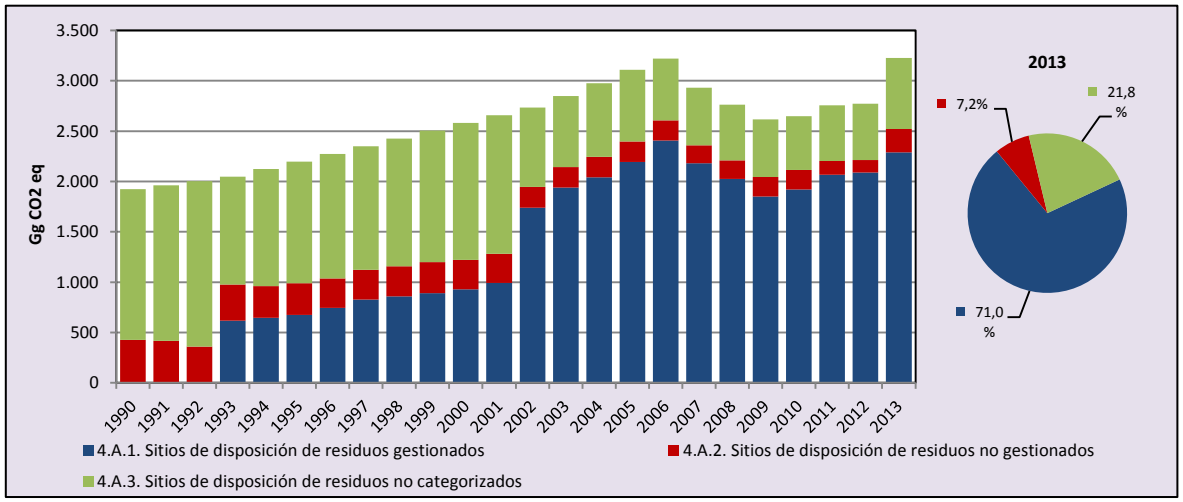
Respecto a las subcategorías (Figura 146), *Sitios de disposición de residuos gestionados* (rellenos sanitarios) es la de mayor relevancia con un 71,0 %, seguida de un 21,8 % de *Sitios de disposición de residuos no categorizados* (vertederos) y un 7,2 % de *Sitios de disposición de residuos no gestionados* (basurales).

Tabla 327. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
4.A.1. Sitios de disposición de residuos gestionados	0,4	929,3	1.921,5	2.068,5	2.088,5	2.291,1
4.A.2. Sitios de disposición de residuos no gestionados	426,2	292,3	192,7	134,4	124,0	230,9
4.A.3. Sitios de disposición de residuos no categorizados	1.495,9	1.359,2	533,0	554,1	561,4	703,6
Total	**1.922,5**	**2.580,8**	**2.647,1**	**2.757,0**	**2.773,9**	**3.225,5**

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 146. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

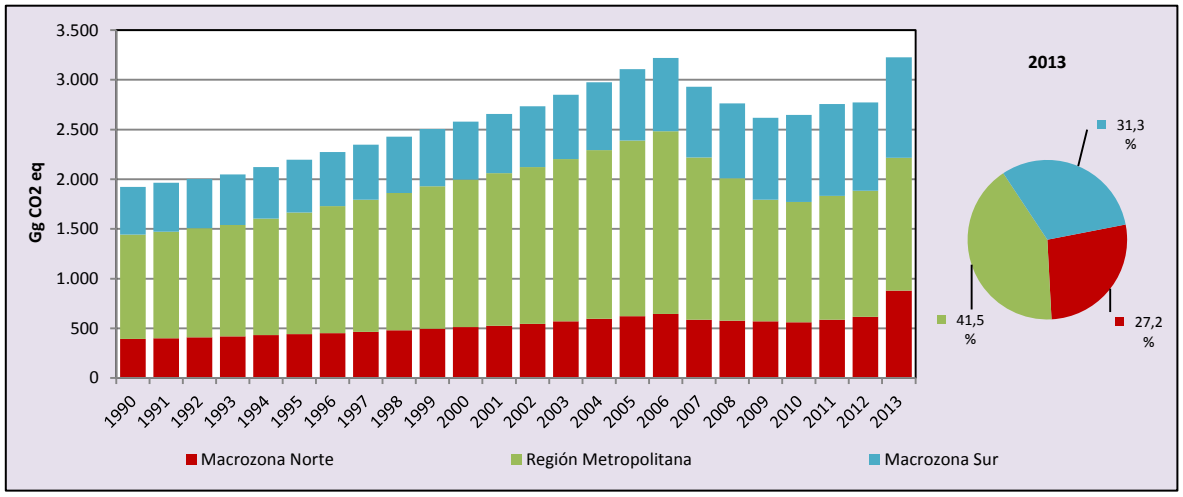
Respecto a las emisiones de GEI desde los SDRS por macrozonas (Tabla 328 y Figura 147), la Región Metropolitana (RM) es la de mayor relevancia con un 41,5 %, seguida de un 31,3 % de la macrozona Sur (MS) y un 27,2 % de la macrozona Norte (MN). La cantidad de emisiones obtenidas para la serie 1990-2013 refleja la cantidad de residuos eliminados en SDRS (datos de actividad de residuos sólidos municipales y lodos) por macrozonas, ya que un 47,5 % de los residuos del país en 2013 son eliminados en la RM, esto respecto a su cantidad de habitantes, seguido por la MS con 26,6 % y la MN con 26,0 %.

Tabla 328. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por macrozonas, serie 1990-2013.

Macrozona	1990	2000	2011	2012	2013
Norte (Regiones XV, I, II, III, IV, V y VI)	392,5	511,0	585,6	615,9	878,0
Metropolitana (Región XIII)	1.048,9	1.485,0	1.246,7	1.267,2	1.339,1
Sur (Regiones VII, VIII, IX, XIV, X, XI y XII)	481,1	584,9	924,7	890,8	1.008,4
Total	**1.922,5**	**2.580,8**	**2.757,0**	**2.773,9**	**3.225,5**

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 147. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por macrozonas, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se utilizó una metodología de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* con datos de actividad específicos del país y factores de emisión por defecto. La metodología está basada en el modelo First Order Decay (FOD), el cual considera un factor exponencial que describe la fracción de material degradable que se descompone cada año en CH_4 y CO_2.

Se desagregó el territorio nacional en dos macrozonas climáticas para establecer diferenciación de las condiciones en la degradación de residuos. La macrozona Norte -correspondiente a las regiones XV, I, II, III, IV, V y VI-, y la Región Metropolitana se clasificaron como Boreal y templada Seco según las opciones de zonas climáticas de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.3.; Capítulo 3; Volumen 5). La macrozona Sur -que abarca las regiones VII, VIII, IX, XIV, X, XI y XII- se clasificó como Boreal y templada Húmedo.

El cálculo del potencial de CH_4 fue estimado sobre la base de las cantidades de residuos y las prácticas de gestión en los sitios de disposición, donde se utilizaron valores a partir de estimaciones e información levantada a nivel nacional. Además, se consideró la composición de los residuos eliminados en los SDRS, para los que se utilizaron valores por defecto desde las *Directrices del IPCC de 2006*. La base para el cálculo es la cantidad de carbono orgánico degradable disuelto (*DDOCm*), el que corresponde a la parte del carbono orgánico que se degrada bajo condiciones anaeróbicas en los SDRS, que es igual al producto de la cantidad de RSM, la fracción de carbono orgánico degradable contenido en los residuos (*DOC*), la fracción de carbono orgánico degradable que se descompone bajo condiciones anaeróbicas (*DOCf*) y la parte de los residuos que se descomponen bajo condiciones aeróbicas en los SDRS, la cual se interpreta a través del factor de corrección del metano (*MCF*).

Además se utilizaron ecuaciones de descomposición de primer orden para calcular el *DDOCm* acumulado en los SDRS y *DDOCm* descompuesto, ambos al final del año T. Considerando que no es pertinente determinar la cantidad de metano el año en que el residuo fue dispuesto, ya que es irrelevante en cuanto a la cantidad de metano generado, lo que cuenta es la masa total del

material en descomposición, por lo que se utiliza el supuesto de que la reacción de descomposición comienza el 1° de enero de cada año posterior a la disposición.

Posteriormente, para determinar la cantidad de metano que se forma a partir del material en descomposición, se multiplicó la fracción de metano contenida en el gas generado de vertedero por el cociente de pesos moleculares CH_4/C, como se muestra en la Ecuación 72.

Ecuación 72. 4.A. Disposición de residuos sólidos: CH_4 generado a partir de los *DDOCm* en descomposición (Nivel 1)

$$\boldsymbol{CH_4\ generado_T = DDOCm\ descomp_T \times F \times 16/12}$$

Fuente: Ecuación 3.6; Capítulo 3; Volumen 5; *Directrices del IPCC de 2006.*

Dónde:

- $CH_4\ generado_T$: cantidad CH_4 generado a partir del material en descomposición
- $DDOCm\ descomp_T$: CH_4 descompuesto durante el año T, Gg
- *F*: fracción volumétrica de CH_4 en el gas de vertedero generado (fracción)

Finalmente, las emisiones de metano anuales procedentes de la disposición de residuos sólidos, se estimaron a través de la Ecuación 73, la cual considera la diferencia entre la sumatoria del metano generado por diversos tipos de residuos eliminados (RSM y lodos de tratamiento de aguas domiciliarias) y la cantidad de metano recuperado desde los SDRS. La ecuación también considera parte del metano que no es recuperado desde la capa externa de los SDRS, la cual queda sujeta a oxidación, donde el valor utilizado para el factor de oxidación es 0, según los valores por defecto propuesto por las *Directrices del IPCC de 2006* para los tipos de SDRS que existen a nivel nacional.

Ecuación 73. 4.A. Disposición de residuos sólidos: emisiones de CH_4 provenientes de los SDRS (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = \left[\sum_i CH_{4\ generado_{i,T}} - R_T\right] \times (1 - OX_T)}$$

Fuente: Ecuación 3.1; Capítulo 3; Volumen 5; *Directrices del IPCC de 2006.*

Dónde:

- $\text{Emisiones de } CH_4$: CH_4 emitido durante el año T, Gg
- $\text{T: año del inventario}$
- i: categoría o tipo de residuo y/o material
- R_T: CH_4 recuperado durante el año T, Gg
- OX_T: factor de oxidación durante el año T, (fracción)

6.2.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad utilizados para la categoría *Disposición de residuos sólidos*, corresponden a valores utilizados en la actualización anterior (INN, 2014) para la serie 1990-2010. Los datos de la serie 2011-2013, corresponden a información país recopilada a nivel regional, con excepción de 2013, el cual se obtiene mediante interpolación para la mayoría de las regiones. De forma posterior, los datos de esta serie (2011-2013) se ajustaron a través de un método estadístico, a

modo de corregir la tendencia respecto a datos fuera de rango, o también llamados *outliers* (Tabla 329).

En cuanto a la fracción de RSM eliminados en los diferentes tipos de SDRS, se obtienen a partir del cálculo de información que proporciona el catastro de RSM a nivel nacional (Tabla 329).

Para los datos de actividad de cantidad de lodos eliminados en SDRS, se utilizaron los registros de lodo generado desde el tratamiento de aguas residuales domésticas que tienen por destino la disposición final. No existe mayor información para los lodos industriales que son eliminados en SDRS, por lo que no son considerados (Tabla 329).

Por otra parte, la cantidad de metano recuperado, corresponden a valores recopilados desde cada uno de los SDRS que llevan a cabo esta práctica a nivel nacional (Tabla 329).

Tabla 329. 4.A. Disposición de residuos sólidos: datos de actividad del total y fracción de Residuos Sólidos Municipales (RSM), lodos y CH_4 recuperado en SDRS a nivel nacional (Gg), serie 1990-2013

Año	Total RSM	RSM eliminados por tipo SDRS:			Total Lodos	Total CH_4
		No categorizados	No Gestionados	Gestionado Anaeróbicos		
	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
1990	3.848,3	2.908,3	939,1	0,9	0,0	0,0
1991	3.920,0	3.006,3	912,6	1,0	11,4	0,0
1992	3.991,6	3.185,4	805,2	1,0	15,0	0,0
1993	4.063,3	2.079,2	800,9	1.183,2	15,0	0,0
1994	4.135,0	2.232,1	697,6	1.205,3	15,0	0,0
1995	4.206,7	2.288,4	690,9	1.227,3	17,0	0,0
1996	4.269,4	2.309,9	635,0	1.324,5	22,9	0,0
1997	4.332,1	2.226,7	635,7	1.469,7	17,0	0,0
1998	4.394,8	2.264,2	638,2	1.492,5	24,6	0,0
1999	4.457,6	2.296,3	646,1	1.515,2	38,9	0,0
2000	4.520,3	2.367,5	604,8	1.548,0	41,7	0,0
2001	4.514,7	2.361,2	624,8	1.528,7	150,5	0,0
2002	4.647,1	1.576,3	440,6	2.630,2	190,3	0,0
2003	4.802,3	1.486,9	428,2	2.887,2	396,7	0,0
2004	4.964,1	1.493,7	413,3	3.057,2	421,2	0,0
2005	5.113,7	1.384,6	392,8	3.336,4	430,9	0,0
2006	5.310,9	1.244,3	399,4	3.667,1	484,6	1,3
2007	5.492,9	1.307,4	398,0	3.787,5	487,4	22,3
2008	5.608,0	1.300,9	420,3	3.886,8	487,4	37,8
2009	5.779,5	1.342,6	433,2	4.003,7	487,4	52,4
2010	5.935,7	1.264,5	423,7	4.247,5	487,4	58,5
2011	6.183,8	1.226,9	308,6	4.648,4	607,4	61,1
2012	6.405,7	1.267,5	300,9	4.837,4	599,2	68,9
2013	6.647,0	1.335,3	434,3	4.877,3	623,1	56,1

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Respecto a los datos paramétricos necesarios, estos fueron obtenidos de las *Directrices del IPCC de 2006*, por defecto (Tabla 330). Ante la ausencia de datos de composición de los RSM, se consideran los valores por defecto de *Desechos brutos*.

Tabla 330. 4.A. Disposición de residuos sólidos*:* datos paramétricos.

Dato	Valor
Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone (DOCf)	0,50
Fracción de metano (F) en gas generado	0,50
Carbono orgánico degradable (DOC)*	0,18
Índice de generación de metano (k), boreal y templado seco	0,05
Índice de generación de metano (k), boreal y templado húmedo	0,09

(*): El valor del DOC proviene del Software del IPCC y se estima en función del Cuadro 2.3 y el Cuadro 2.4 de Capítulo 2; Volumen 5; *Directrices del IPCC de 2006*.
Fuente: Sección 3.2.3.; Capítulo 3; Volumen 5; *Directrices del IPCC de 2006*.

6.2.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión para CH_4 de los SDRS usados para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría fueron por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.1; Capítulo 3; Volumen 5). La Tabla 331 presenta los factores de emisión usados.

Tabla 331. 4.A. Disposición de residuos sólidos: factores de corrección de metano (MCF)

Tipo de SDRS	Factor de Corrección de Metano (MCF)
Gestionado (anaeróbico)	1,00
No gestionado (poco profundo <5m)	0,40
No categorizado	0,60

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.2.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta categoría es de -59,4 % y +64,4 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.5; Capítulo 3; Volumen 5). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 332.

Tabla 332. 4.A. Disposición de residuos sólidos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
4.A.1.	Sitios de disposición de residuos gestionados	CH_4	52,0%	52,0%	58,5%	66,5%	78,3%	84,4%
4.A.2.	Sitios de disposición de residuos no gestionados	CH_4	52,0%	52,0%	65,0%	73,0%	83,2%	89,6%
4.A.3.	Sitios de disposición de residuos no categorizados	CH_4	52,0%	52,0%	76,3%	89,6%	92,3%	103,6%

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores paramétricos y de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

6.2.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Se realizaron los cambios y ajustes a los datos de actividad detallados en la sección 6.2.3.1. *supra.*

6.2.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

6.2.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Residuos se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Residuos. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_4RES*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Revisión detallada de cada archivo, con el fin de contar con las especificaciones correctas de cada información.
- Generación de una planilla consolidada de datos de actividad que traduce mediante vínculos automatizados los valores al formato requerido por el software IPCC para la entrada de datos, evitando la transcripción manual de datos y posibles errores asociados.
- Crear tablas de referencia automáticas para los valores comunes que se utilizan en los cálculos.
- Chequeo de la importación de datos desde la planilla consolidada y luego desde la planilla al formato requerido por el software del IPCC.
- Verificar que los datos o parámetros que se repiten en varios años sean consistentes
- Verificar en manejo de datos que los totales coincidan (chequeo cruzado) tanto para traspaso de datos como para desagregaciones o agregaciones.
- Verificar si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Comparación de resultados con procedimiento anterior y el actual.
- Verificar que los datos de actividad estadísticos para últimos años de la serie temporal coincidan con los datos de la serie anterior, esto para las series de datos de actividad en que se utilizaron los valores de la actualización anterior.
- Verificar que existe documentación para respaldar y permitir la duplicación de los cálculos.
- Verificar que los datos de inventario, datos de respaldo y registros de inventarios sean archivados y almacenados para facilitar una revisión detallada.
- Verificar que el archivo sea cerrado y se conserve en un lugar seguro tras la finalización del inventario.
- Verificar que las tablas e imágenes del informe correspondan a los últimos valores actualizados.
- Verificar los títulos de las tablas y figuras para ver la exactitud y la coherencia del contenido.
- Verificar la coherencia de las referencias y que las citas de texto y referencias coincidan.

6.2.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Residuos*, el Equipo Técnico de Residuos ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Residuos como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_4RES*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

6.2.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

6.2.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta categoría.

6.2.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejorar datos de la composición de RSM eliminados en sitios de disposición final.
- Obtener cantidades de ciertos tipos de residuos eliminados en sitios de disposición final, por ejemplo, residuos agroindustriales, residuos de la construcción y demolición, etc.
- Utilización de información del Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) del D.S N°1 *Reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes*, respecto a información anual que declaran generadores y destinatarios de residuos.
- Mejorar la información del sector residuos a partir de la entrada en vigencia de la Ley Nº 20.920 de Fomento al Reciclaje y Responsabilidad Extendida del Productor, recientemente aprobada.

6.3. Tratamiento biológico de los residuos sólidos (4.B.)

6.3.1. Descripción de la categoría

La categoría *Tratamiento biológico de residuos sólidos* corresponde a los procesos que afectan la cantidad y composición de los residuos, como la fabricación de compost y la digestión anaeróbica de los residuos orgánicos. Dichos procesos permiten la reducción del volumen, estabilización del residuo, y destrucción de agentes patógenos presentes. Además, en el caso de la digestión, permiten la producción de biogás para utilización energética. En el caso del compostaje el producto final puede utilizarse como fertilizante y abono en suelos, o bien, eliminarse en SDRS.

En el contexto nacional, para la serie 1990-2013, existen cierta cantidad instalaciones o proyectos de compostaje a nivel nacional, existiendo una "Norma Chilena de calidad de compost" (NCh 2880 del INN).

6.3.2. Tendencia de las emisiones de GEI

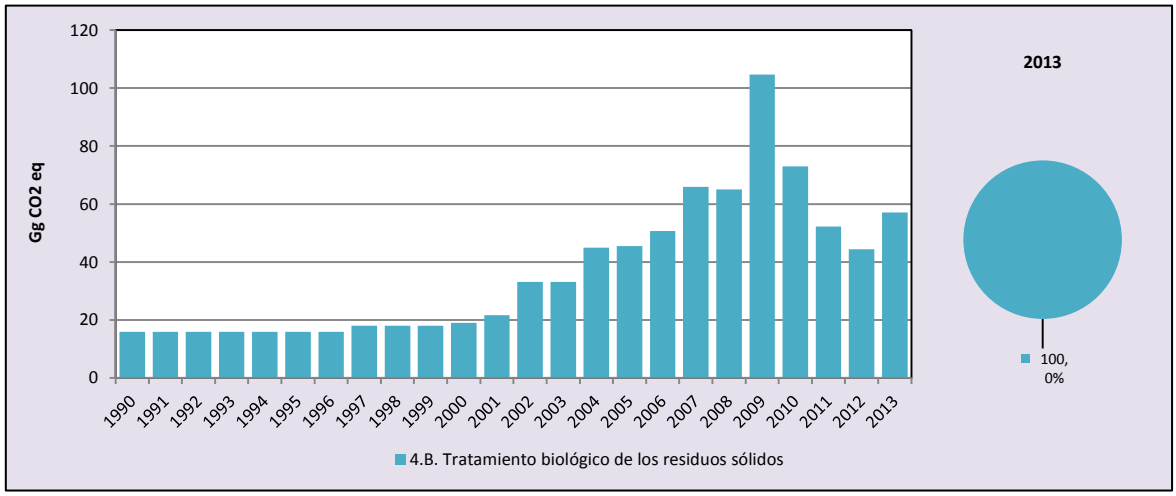
La categoría *Tratamiento biológico de los residuos sólidos* es la tercera categoría emisora de GEI del sector *Residuos* (1,3 %). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 57,0 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 258,1 % desde 1990 y disminuyendo en un 21,9 % desde 2010 (Tabla 333 y Figura 148). La principal causante de la tendencia son los nuevos proyectos de compostaje a lo largo del país. Las variaciones interanuales se deben principalmente a la incorporación y al cierre de plantas de compostaje, según se deduce de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

Tabla 333. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
4.B. Tratamiento biológico de los residuos sólidos	15,9	19,0	73,0	52,2	44,4	57,0
Total	**15,9**	**19,0**	**73,0**	**52,2**	**44,4**	**57,0**

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 148. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.3.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría *Tratamiento biológico de residuos sólidos* se utilizó una metodología de Nivel 1 para las emisiones de CH_4 y N_2O, de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006,* con factores de emisión por defecto.

Metano

Las emisiones de metano procedente de los diferentes procesos de tratamiento biológicos se estiman a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 74. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: emisiones de CH_4 provenientes del tratamiento biológico (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisión_{CH4} = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R}$$

Fuente: Ecuación 4.1; Capítulo 4; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Dónde:

- Emisiones de CH_4: total de las emisiones de CH_4 durante el año de inventario, Gg de CH_4.
- M_i: masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico *i*, Gg.
- EF_i: factor de emisión del tratamiento *i*, g de CH_4/kg de residuos tratados.
- i: preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica.
- R: cantidad total de CH_4 recuperado durante el año del inventario, Gg de CH_4.

En la ecuación anterior se incluye la recuperación del CH_4, sin embargo, este término aplica en el caso en que se tengan procesos de digestión anaeróbica, situación que no ocurre en la realidad nacional.

Óxido nitroso

Las emisiones de óxido nitroso procedente de los diferentes procesos de tratamiento biológicos se estiman a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 75. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: emisiones N_2O provenientes del tratamiento biológico (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisión_{N2O} = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3}}$$

Fuente: Ecuación 4.2; Capítulo 4; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Dónde:

- Emisiones de N_2O: total de las emisiones de N_2O durante el año de inventario, Gg de N_2O.
- M_i: masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico *i*, Gg.
- EF_i: factor de emisión del tratamiento *i*, g de N_2O/kg de residuos tratados.
- i: preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica.

El cálculo de las emisiones para esta categoría se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

6.3.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad para esta categoría provienen de diversas fuentes: revisión de proyectos de compostaje y digestión anaeróbica aprobados por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y datos de valorización de residuos obtenidos a partir de un informe elaborado por la SUBDERE. Ambas fuentes incluyen información sobre compostaje de diferentes tipos de residuos (orgánicos, alimentos, residuos de jardines y parques; y lodos de aguas residuales) como se muestra en la Tabla 334.

Tabla 334. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: cantidad total de residuos en compostaje (t, base húmeda).

Año	Residuos orgánicos	Residuos de alimentos	Residuos de jardines y parques	Lodos de aguas residuales	TOTAL
1990	90,0	-	-	-	90,0
1991	90,0	-	-	-	90,0
1992	90,0	-	-	-	90,0
1993	90,0	-	-	-	90,0
1994	90,0	-	-	-	90,0
1995	90,0	-	-	-	90,0
1996	90,0	-	-	-	90,0
1997	102,0	-	-	-	102,0
1998	102,0	-	-	-	102,0
1999	102,0	-	-	-	102,0
2000	102,0	-	5,5	-	107,5
2001	102,0	-	20,1	-	122,1
2002	147,6	1,5	20,1	18,3	187,4
2003	147,6	1,5	20,1	18,3	187,4
2004	213,9	1,5	20,1	18,3	253,7
2005	222,9	1,5	14,6	18,3	257,2
2006	266,7	1,5	-	18,3	286,4
2007	352,6	1,5	-	18,3	372,3
2008	347,8	1,5	-	18,3	367,5
2009	569,7	3,2	-	18,3	591,1
2010	410,4	2,2	-	-	412,6
2011	292,7	2,2	-	-	294,9
2012	248,5	2,2	-	-	250,7
2013	308,1	14,2	-	-	322,2

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.3.3.2. Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones de GEI fueron los valores por defecto proporcionados por las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 4.1; Capítulo 4; Volumen 5), para el proceso de abono orgánico, el que es homologado al proceso de compostaje nacional (Tabla 335).

Tabla 335. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: factores de emisión.

Proceso	GEI	Factor de emisión (g GEI/kg residuo tratado)
Abono orgánico (compost)	CH_4	4,00
Abono orgánico (compost)	N_2O	0,30

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.3.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la categoría es de -71,4 % y de +200,3 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.5; Capítulo 3, Volumen 5 para los datos de actividad y Cuadro 4.1; Capítulo 4; Volumen 5 para los factores de emisión). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 336.

Tabla 336. 4.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
4.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos	CH_4	100,0%	200,0%	0,8%	200,0%	100,0%	282,8%
4.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos	N_2O	100,0%	200,0%	20,0%	200,0%	102,0%	282,8%

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la categoría proviene de los datos de actividad.

6.3.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

6.3.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

6.3.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Residuos se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Residuos. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_4RES*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Chequeos cruzados de la información entregada por las empresas versus la información pública.
- Chequeo con expertos externos al equipo sectorial de las categorías que involucran procesos productos que no ocurren en el país.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

6.3.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Residuos*, el Equipo Técnico de Residuos ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Residuos como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_4RES*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

6.3.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

6.3.7. Recálculos

No se realizaron recálculos en esta categoría.

6.3.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Mejoras específicas para la presente subcategoría no se contemplan en la actualidad. Sin embargo, la mejora del SINADER propuesta para la categoría *Disposición de residuos sólidos* también permitirá contar con información que podrá ser utilizada para mejorar los datos de esta categoría.

6.4. Incineración e incineración abierta de residuos (4.C.)

6.4.1. Descripción de la categoría

La categoría *Incineración e incineración abierta de residuos* incluye las emisiones de GEI que resultan de la combustión de residuos sólidos y líquidos sin recuperación de energía, mientras que la incineración abierta de residuos apunta a la combustión de materiales principalmente no deseados, de modo que el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire o a través de dispositivos de incineración que no controlan el aire de combustión. Las subcategorías incluidas son:

- *2.C.1. Incineración de residuos*
- *2.C.2. Incineración abierta de residuos*

De acuerdo a la normativa nacional, la incineración abierta de residuos es una práctica ilegal en Chile, por lo que no se cuenta con registros sobre cantidades incineradas, que quedan fuera del inventario. Sin embargo, sí se autoriza la eliminación de residuos hospitalarios mediante quema. Otra de las actividades consideradas dentro de esta subcategoría corresponde a la cremación de

cadáveres y restos humanos. Por lo tanto, se entenderá que la categoría *Incineración e incineración abierta de residuos* corresponde a la subcategoría *Incineración de residuos.*

6.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

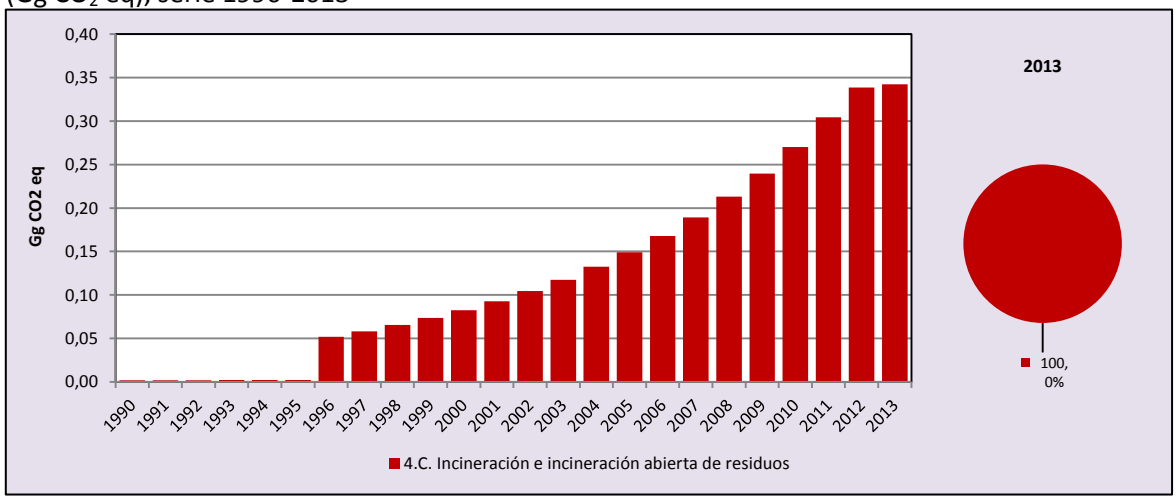
La categoría *Incineración e incineración abierta de residuos* es la menor categoría emisora de GEI del sector *Residuos* (0,01 %). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 0,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 19.319,5 % desde 1990 y en un 26,8 % desde el 2010 (Tabla 337 y Figura 149). La principal causante del aumento de las emisiones de GEI de esta categoría es la incorporación de nuevos crematorios y el ingreso de nuevos datos de actividad de residuos hospitalarios a partir de 1996. La única subcategoría emisora corresponde a *Incineración de residuos.*

Tabla 337. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013.

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
4.C.1. Incineración de residuos	0,002	0,083	0,270	0,304	0,339	0,342
Total	**0,002**	**0,083**	**0,270**	**0,304**	**0,339**	**0,342**

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 149. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: tendencia de las emisiones de GEI (Gg CO_2 eq), serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.4.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la subcategoría *Incineración de residuos*, única emisora de la categoría, se utilizó una metodología de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* con factores de emisión y datos paramétricos por defecto.

Dióxido de carbono

Para la estimación de las emisiones de CO_2 procedentes de la incineración de residuos se utiliza el método de Nivel 1. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 76. 4.C.1. Incineración de residuos: estimación de emisiones de CO_2 basada en la cantidad total de desechos quemados (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisión_{CO2} = \sum_i (SW_i \cdot dm_i \cdot CF_i \cdot FCF_i \cdot OF_i) \cdot 44/12}$$

Fuente: Ecuación 5.1; Capítulo 5; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- $Emisión_{CO2}$: emisiones de CO_2 durante el año del inventario, Gg/año
- SW_i: cantidad total de residuos sólidos del tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año.
- dm_i: contenido de materia seca en los residuos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, fracción.
- CF_i: fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), fracción.
- FCF_i: fracción de carbono fósil en el carbono total, fracción.
- OF_i: factor de oxidación, fracción.
- 44/12: factor de conversión de C en CO_2.
- i: tipo de residuos incinerado o quemado al aire libre.

En el caso nacional, las emisiones de CO_2 solo consideran las procedentes de residuos hospitalarios, dado que las emisiones de CO_2 de residuos de cremación se consideran emisiones biogénicas.

Metano

Las emisiones de CH_4 se estiman siguiendo un método de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*.Las emisiones provenientes de la incineración son el resultado de una combustión incompleta. Los factores importantes que afectan las emisiones son la temperatura, el tiempo de residencia y proporción de aire respecto a la cantidad de residuos. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 77. 4.C.1. Incineración de residuos: estimación de emisiones de CH_4 basada en la cantidad total de desechos quemados (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisión_{CH4} = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}}$$

Fuente: Ecuación 5.4; Capítulo 5; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- $Emisión_{CH4}$: emisiones de CH_4 durante el año del inventario, Gg/año
- IW_i: cantidad total de residuos sólidos del tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año.
- EF_i: factor de emisión de CH_4 por tipo de residuo, kg CH_4/Gg de residuos.
- i: tipo de residuos incinerado o quemado al aire libre.

Óxido nitroso

Las emisiones de N_2O se estiman siguiendo un método de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*. El N_2O se emite en los procesos de combustión a temperaturas de combustión relativamente bajas, entre 500 y 950 °C. Otros factores importantes que influyen en las emisiones

son el tipo de dispositivos de control de los contaminantes del aire, el tipo y el contenido de nitrógeno de los residuos y la fracción de aire en exceso. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 78. 4.C.1. Incineración de residuos: estimaciones de emisiones de N_2O.

$$\boldsymbol{Emisión_{CH4} = \sum_{i} (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}}$$

Fuente: Ecuación 5.5; Capítulo 5; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- $Emisión_{N2O}$: emisiones de N_2O durante el año del inventario, Gg/año
- IW_i: cantidad total de residuos sólidos del tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año.
- EF_i: factor de emisión de N_2O por tipo de residuo, kg N_2O/Gg de residuos.
- i: tipo de residuos incinerado o quemado al aire libre.

6.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad para *Incineración de residuos* se recolectaron desde el sector privado en el caso de hospitalarios, y cementerios para las cremaciones de cadáveres y restos humanos. Para años con vacíos de datos por falta de registros, pérdida de información por parte de las entidades a cargo u otras razones, se estimaron en base a regresión lineal (Tabla 338).

Tabla 338. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: datos de actividad (Gg), serie 1990-2013.

Año	Residuos cremación	Residuos hospitalarios
1990	0,075	-
1991	0,079	-
1992	0,083	-
1993	0,096	-
1994	0,088	-
1995	0,088	-
1996	0,094	0,083
1997	0,092	0,094
1998	0,109	0,106
1999	0,110	0,119
2000	0,101	0,135
2001	0,106	0,152
2002	0,111	0,171
2003	0,113	0,193
2004	0,122	0,217
2005	0,135	0,245
2006	0,140	0,276
2007	0,165	0,311
2008	0,167	0,351
2009	0,176	0,395
2010	0,194	0,446
2011	0,212	0,502
2012	0,240	0,559
2013	0,272	0,564

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Es importante mencionar que no se pudo recopilar la información de todos los crematorios y hospitales catastrados, situación que provoca una brecha en la información que no fue superada del todo.

6.4.3.2. Factores de emisión

Los datos paramétricos de los residuos hospitalarios necesarios para la estimación de emisiones de CO_2 son por defecto de acuerdo a las *Directrices del IPCC* de 2006 y se muestran en la Tabla 339.

Tabla 339. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: datos paramétricos de los residuos hospitalarios

Dato paramétrico	Unidad	Valor
Materia seca (dm) (*)	Fracción	0,65
Fracción de carbono en la materia seca (CF) (**)	Fracción	0,60
Fracción de carbono fósil en el carbono total (FCF) (**)	Fracción	0,40
Factor de oxidación (OF) (**)	Fracción	1,00

Fuente: (*) Cuadro 2.6., Capítulo 2, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006 (**) Cuadro 5.3., Capítulo 5, Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006

Los factores de emisión para el CH_4 y N_2O usados para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría fueron factores por defecto de las *Directrices IPCC de 2006*. La Tabla 340 presenta los factores de emisión usados para ambos tipos de residuos, esto es, hospitalarios y de cremación, considerando una tecnología de incineración por lotes.

Tabla 340. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: factores de emisión

Tecnología	GEI	Valor (kg GEI/Gg residuos)
Incendio por lotes, lecho fluidizado (*)	CH_4	237,0
Incendio por lotes (**)	N_2O	60,0

Fuente: (*) Cuadro 5.3; Capítulo 5; Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006 (**) Cuadro 5.6; Capítulo 5; Volumen 5, Directrices del IPCC de 2006

6.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría es de -128,0 % y +207,6 %. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas en las *Directrices del IPCC del 2006* (Cuadro 3.5; Capítulo 3; Volumen 5, para los datos de actividad; Cuadro 2.6; Capítulo 2; Volumen 5, para la materia seca y Cuadro 5.2; Capítulo 5, Volumen 5, para el resto de los parámetros referidos a las emisiones de CO_2; Sección 5.7.1.; Capítulo 5; Volumen 5, para los factores de emisión de CH_4 y N_2O). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 341.

Tabla 341. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: resumen de la incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
4.C.1.	Incineración de residuos	CH_4	100,0%	200,0%	100,0%	100,0%	141,4%	223,6%
4.C.1.	Incineración de residuos	CO_2	100,0%	200,0%	91,7%	91,7%	135,6%	220,0%
4.C.1.	Incineración de residuos	N_2O	100,0%	200,0%	100,0%	100,0%	141,4%	223,6%

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Se concluye de la tabla anterior que, a pesar de mejorar el método de estimación, la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

6.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

6.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

6.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Residuos se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de Residuos. Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_4RES*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Chequeos cruzados de la información entregada por las empresas versus la información pública.
- Chequeo con expertos externos al equipo sectorial de las categorías que involucran procesos productos que no ocurren en el país.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

6.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Residuos*, el Equipo Técnico de Residuos ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Residuos como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_4RES*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

6.4.6.3. Verificación

Por el momento no se tienen datos de otras fuentes con los cuales se pueda comparar los resultados.

6.4.7. Recálculos

6.4.7.1. Justificación de los nuevos cálculos y mejoras

Hubo un cambio metodológico, en cuanto a que se consideraron que las emisiones de CO_2 de los residuos cremados corresponden a biogénico por lo que solo se consideraron las emisiones de CO_2 de los residuos hospitalarios. Además, se agregaron nuevas fuentes de emisión con respecto al proceso anterior.

6.4.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

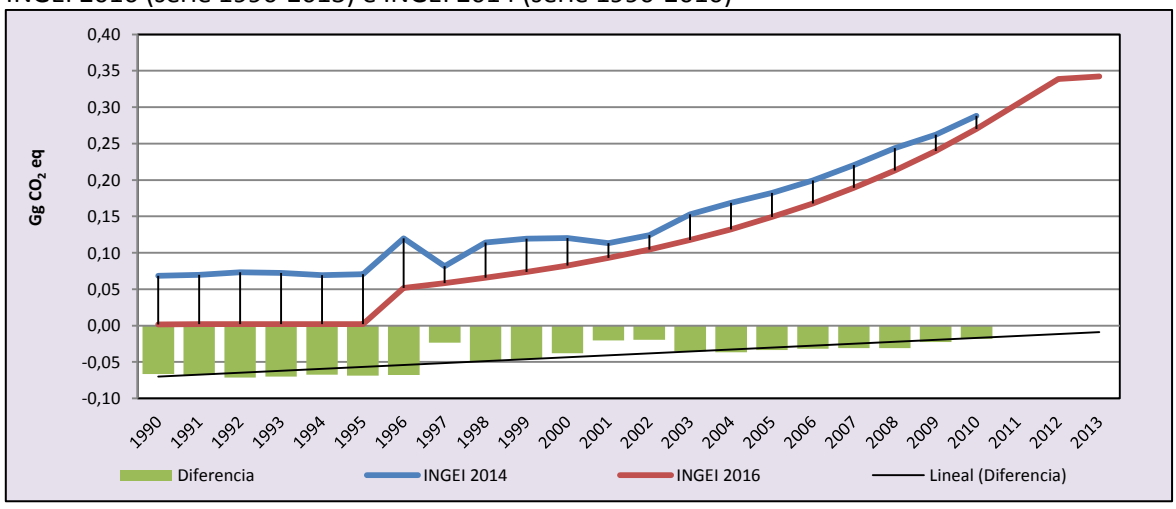
En la Tabla 342 y la Figura 150, se observa como variaron las emisiones de GEI de la subcategoría con respecto al inventario anterior (INGEI2014). Las diferencias se deben a la baja de las emisiones de CO_2, a pesar del aumento en la cantidad de residuos hospitalarios y cremados considerados. Entre 1990-1996 se aprecia una diferencia mayor debido a la ausencia de valores para los residuos hospitalarios. Esto generó una disminución de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 0,04 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 342. 4.C. Incineración e incineración abierta de residuos: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	0,068	0,120	0,288			
INGEI 2016	0,002	0,083	0,270	0,304	0,339	0,342
Diferencia	**-0,067**	**-0,038**	**-0,018**			
Diferencia %	**-3747,8%**	**-45,7%**	**-6,7%**			

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 150. 4.C. Incineración de residuos: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.4.8. Plan de mejoramiento

No se contemplan mejoras específicas para la presente subcategoría en la actualidad.

6.5. Tratamiento y descarga de aguas residuales (4.D.)

6.5.1. Descripción de la categoría

Las aguas residuales pueden ser una fuente de CH_4 cuando se las trata o elimina en medio anaeróbico. También pueden ser una fuente de emisiones de N_2O. Las emisiones de CO_2 procedentes de las aguas residuales no se consideran en las *Directrices del IPCC de 2006* porque son de origen biogénico y no deben incluirse en el total nacional de emisiones. Las aguas residuales se originan en una variedad de fuentes domésticas, comerciales e industriales y pueden tratarse in situ (no recolectadas), transferirse por alcantarillado a una instalación central (recolectadas), o eliminarse sin tratamiento en las cercanías o por medio de desagües.

La categoría incluye las subcategorías siguientes:

- *4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas.*
- *4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales.*

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones producidas por los diferentes tratamientos aplicados a las aguas servidas de todo el país y también las emisiones debido a los diferentes tipos de tratamientos aplicados a los residuos líquidos industriales (RILes).

6.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La categoría *Tratamiento y descarga de aguas residuales* es la segunda categoría emisora de GEI del sector *Residuos* (26,7 %). En 2013, sus emisiones de GEI contabilizaron 1.195,9 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 103,5 % desde 1990 y en un 10,5 % desde 2010 (Tabla 343 y Figura 151). Se observa que entre 2001 y 2005 hay un gran incremento en la tendencia, que se debe sobre todo al aumento de las aguas servidas industriales tratadas. La posterior disminución se explica por el cambio en el tipo de tratamiento aplicado a las aguas servidas industriales.

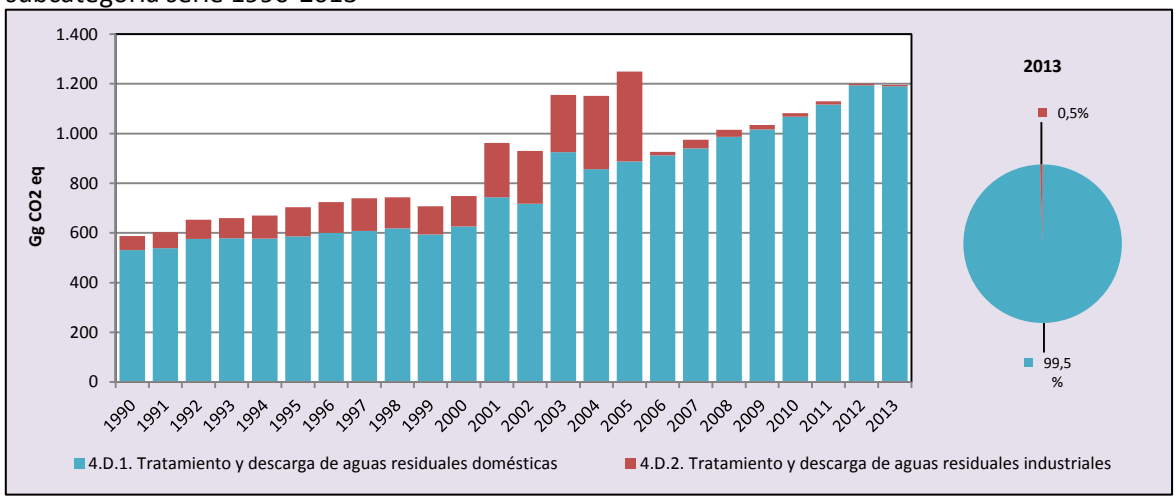
Respecto a las subcategorías (Figura 151), el *Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas* es la emisora casi única, con un 99,5 % de participación, mientras que el *Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales* alcanza solamente un 0,5 %.

Tabla 343. 4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2013

Subcategoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	531,1	626,6	1.068,3	1.117,2	1.194,3	1.189,7
4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales	56,6	121,8	13,9	13,1	6,2	6,2
Total	**587,7**	**748,4**	**1.082,2**	**1.130,3**	**1.200,5**	**1.195,9**

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 151. 4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales: emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) por subcategoría serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.5.3. Aspectos metodológicos de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de las subcategorías de *Tratamiento y descarga de aguas residuales* se utilizó una metodología de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* con factores de emisión por defecto. En la Tabla 344 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 344. 4.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales*:* métodos aplicados por subcategoría

Código IPCC	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CH_4		N_2O	
		Nivel metodológico	Factor de emisión	Nivel metodológico	Factor de emisión
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	T1	D	T1	D
4.D.2.	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales	T1	D		

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

El cálculo de las emisiones para las subcategorías en las que se aplicó el método Nivel 1 se realizó a través del *IPCC Inventory Software* versión 2.12.

6.5.4. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas (4.D.1.)

6.5.4.1. Descripción de la subcategoría

Se entiende por aguas residuales domésticas (o aguas servidas) a los residuos de aguas utilizadas en los hogares principalmente. Los sistemas de tratamiento y descarga pueden variar de forma abrupta de un país a otro. Además, estos sistemas pueden diferir entre los usuarios urbanos y rurales, así como entre los usuarios urbanos de alto nivel de ingresos y los de bajo nivel de ingresos.

Las aguas servidas domésticas suelen transferirse por medio de alcantarillas abiertas o cerradas, para recibir tratamiento en plantas centralizadas, letrinas de hoyo, sistemas sépticos, o ser eliminadas en lagunas no gestionadas o en vías fluviales. En algunas ciudades costeras, las aguas servidas domésticas se transfieren directamente al océano.

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones producidas por los diferentes tratamientos, principalmente aeróbico, a lo largo de todo el país, para todos los usuarios registrados. La entidad encargada de la fiscalización y establecimiento de normas para empresas sanitarias corresponde a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), que maneja los datos de cobertura total del tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel nacional.

En el contexto nacional el lodo removido desde el tratamiento de aguas residuales tiene múltiples destinos, gran parte se dispone en rellenos sanitarios, vertederos autorizados o monorellenos, donde las emisiones de metano para estos tipos de disposición final son consideradas dentro de la categoría *Sitios de disposición de residuos sólidos*; mientras que otros posibles destinos para el lodo generado son para uso agrícola como abono o compostaje.

6.5.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI

La subcategoría *Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas* es la principal subcategoría emisora de GEI de la categoría *Tratamiento y descarga de aguas residuales* representando el 99,5 % de sus emisiones de GEI. En el 2013, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 1.189,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 124,0 % desde 1990 y en un 11,4 % desde 2010 (Tabla 343 y Figura 151). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es el aumento constante de población, la mayor cobertura de los tratamientos de aguas servidas domésticas y las emisiones asociadas a la digestión anaeróbica de los residuos.

6.5.4.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de CH_4 y de N_2O de la subcategoría *Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas* se utilizó una metodología de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC* de 2006 con factores de emisión por defecto.

Metano

Las emisiones dependen de la cantidad de residuos orgánicos generados y de un factor de emisión que caracteriza la proporción en la que estos residuos generan CH_4. De acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, los pasos para la estimación de emisiones de CH_4 son:

1) Estimar el contenido total de carbono orgánico degradable en las aguas servidas: el contenido total depende de la población total atendida y la generación de DBO por persona, de acuerdo a la ecuación que se muestra a continuación:

Ecuación 79. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas

$$\boldsymbol{TOW = P \cdot DBO \cdot 0,001 \cdot I \cdot 365}$$

Fuente: Ecuación 6.3; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- TOW: total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg de DBO/año.
- P: población del país en el año de inventario, personas.

- DBO: DBO per cápita específico del país en el año de inventario, g/persona/día.
- 0,001: conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO.
- I: factor de corrección para DBO industrial eliminado en las cloacas.

2) Determinar las vías y los sistemas de tratamiento según los datos del país, para estimar el factor de emisión en función de la capacidad máxima de producción de CH_4 (B_0) y el factor corrector para el CH_4 (MCF), dependiente de cada vía o sistema. De acuerdo a lo anterior, el factor de emisión para cada sistema se calcula a partir de la ecuación siguiente:

Ecuación 80. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: factor de emisión para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas.

$$\boldsymbol{EF_j = B_o \cdot MCF_j}$$

Fuente: Ecuación 6.2; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- EF_j: factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento *j*, kg de CH_4/kg de DBO.
- B_0: capacidad máxima de producción de CH_4, kg de CH_4/kg de DBO.
- MCF_j: el factor corrector para el CH_4 para la vía o sistema de tratamiento *j.*

3) Estimar las emisiones en función de la población total, la distribución por ingreso de esta; el grado de cobertura de cada tratamiento y el factor asociado; el lodo total removido; y el metano total recuperado. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 81. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: emisiones totales de CH_4 procedentes de las aguas residuales domésticas (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = \left[\sum_{i,j}(U_i \cdot T_{i,j} \cdot EF_j)\right] \cdot (TOW - S) - R}$$

Fuente: Ecuación 6.1; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- Emisiones de CH_4: emisiones de CH_4 durante el año de inventario, kg de CH_4/año.
- TOW: total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg de DBO/año.
- S: componente orgánico separado como lodo durante todo el año de inventario, kg de DBO/año.
- U_i: fracción de la población del grupo de ingresos *i* en el año de inventario.
- $T_{i,j}$: grado de utilización de vía o sistema de tratamiento *j*, para cada fracción de grupo de ingreso *i*, en el año del inventario.
- EF_j: factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento *j*, kg de CH_4/kg de DBO.

Óxido nitroso

En el caso nacional, no se lleva a cabo el proceso de nitrificación y desnitrificación en plantas de tratamiento de aguas servidas, por lo que las emisiones de N_2O se generan después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar. La estimación considera lo siguiente:

Ecuación 82. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: emisiones de N_2O provenientes de las aguas residuales domésticas (Nivel 1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ N_2O = N_{Efluente} \cdot EF_{Efluente} \cdot 44/28}$$

Fuente: Ecuación 6.7; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- Emisiones de N_2O: emisiones de N_2O durante el año del inventario, kg de N_2O/año.
- $N_{Efluente}$: nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/año.
- $EF_{Efluente}$: factor de emisión para las emisiones de N_2O provenientes de la descarga de aguas servidas, kg de N_2O-N en kg de N_2O.

6.5.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Población (U_i)

Para la estimación del contenido total de carbono orgánico degradable en las aguas servidas (TOW) es necesario conocer la población total para cada año de la serie temporal. Adicionalmente, es necesario conocer la población por ingreso, para determinar que fracción de la población está cubierta por alguna clase de tratamiento de sus aguas servidas. Para segregar por ingreso se consideraron las estadísticas reportadas por la SISS en sus informes de gestión y en la información de cobertura[34]. En estos reportes se incluyen los clientes que cuentan con sistema de alcantarillado, y la cantidad de esos clientes cuyas aguas servidas pasan por alguna clase de tratamiento, para cada región del país.

Según la realidad nacional y lo informado por las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 6.2.2.1.; Capítulo 6; Volumen 5), por población urbana se entenderá a aquella población cuyas aguas servidas son recolectadas por algún sistema de alcantarillado; mientras que la población rural es aquella cuyas aguas servidas no cuentan con algún sistema de recolección formal y son descargadas en sistemas más precarios (pozos, descarga directa, etc.). Adicionalmente, se entenderá por población urbana alta a aquella población cuyas aguas servidas recolectadas por un sistema de alcantarillado pasan por alguna clase de sistema de tratamiento (lodos activos, lagunas aireadas, etc.); mientras que la población urbana baja es aquella cuyas aguas solo son recolectadas y no reciben ningún tipo de tratamiento.

De esta forma, la población urbana total viene de información proporcionada por la SISS. Sin embargo, ocurre que para 1990-1999 la SISS no informa la población cubierta con sistema de tratamiento, dato necesario para separar entre urbana alta y urbana baja. Para solucionar este vacío de datos se establece una relación entre el caudal de aguas servidas generado y el tratado, valor que proviene de datos extrapolados para esta serie a partir de los porcentajes de coberturas de 2000 en adelante.

[34] Recuperado en http://www.siss.gob.cl/577/w3-propertyvalue-3443.html

La población rural fue estimada a partir de información de la SISS, desagregándose regionalmente de acuerdo a los datos de INE. La información de INE también permitió la desagregación de las regiones I, XV y X, XIV, para 1990-2006. La población rural total entre 1998-2003 fue estimada a través de una regresión lineal con base en los datos desde 1992-1997. No se consideraron valores posteriores a 2004, ya que, de acuerdo a lo informado por la SISS en su informe de gestión de 2004, hay cambios en los supuestos para la estimación de la población total, basada en los habitantes por vivienda.

La población total viene, por lo tanto, de valores estimados por la SISS, que se basan en la cantidad de habitantes por vivienda, valor generado a su vez, por el INE. Esto sumado a los supuestos de cálculos ya estipulados explica las diferencias que puede haber entre el total reportado en este informe y lo informado por el INE (Tabla 345).

Tabla 345. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: población por ingresos, serie 1990-2013

Año	Urbana alta	Urbana baja	Rural	Total
1990	0,0	11.404.351,0	1.664.419,0	13.068.770,0
1991	184.901,3	11.482.114,7	1.872.707,0	13.539.723,0
1992	272.830,6	10.658.484,4	2.443.685,0	13.375.000,0
1993	269.730,8	11.040.451,2	2.389.818,0	13.700.000,0
1994	275.126,2	11.548.448,8	2.127.747,0	13.951.322,0
1995	324.840,0	11.632.673,0	2.224.487,0	14.182.000,0
1996	825.770,9	11.390.867,1	2.303.615,0	14.520.253,0
1997	944.525,4	11.520.625,6	2.256.883,0	14.722.034,0
1998	1.060.303,7	11.559.944,3	2.004.474,0	14.624.722,0
1999	1.926.044,6	10.844.417,4	1.928.084,4	14.698.546,4
2000	2.785.781,2	10.595.609,8	1.915.278,5	15.296.669,5
2001	5.348.496,0	8.276.497,0	1.843.189,1	15.468.182,1
2002	5.859.949,8	8.038.793,3	1.771.116,8	15.669.859,8
2003	9.298.441,2	4.851.731,8	1.692.077,7	15.842.250,7
2004	9.290.172,8	3.711.439,2	1.452.298,0	14.453.910,0
2005	9.806.489,8	3.575.500,2	1.452.298,0	14.834.288,0
2006	11.099.076,0	2.460.643,0	1.582.254,0	15.141.973,0
2007	11.525.177,9	2.485.949,1	1.613.206,0	15.624.333,0
2008	11.933.551,3	2.491.721,7	1.691.275,0	16.116.548,0
2009	12.321.035,3	2.477.398,1	1.711.854,0	16.510.287,4
2010	13.170.741,1	1.980.024,8	1.770.957,0	16.921.722,9
2011	13.946.913,1	1.449.078,4	1.848.369,0	17.244.360,5
2012	15.101.999,9	609.942,4	1.924.183,0	17.636.125,3
2013	15.522.322,5	572.315,8	1.999.373,0	18.094.011,3

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA con base en SISS

Grado de utilización (T_{ij})

El grado de utilización corresponde a la fracción de la población urbana alta, baja o rural, cuyas aguas servidas reciben un determinado tipo de tratamiento o descarga.

Para la desagregación de la población urbana baja y la población rural por tipo de tratamiento se utilizó al *Programa saneamiento sanitario, déficit saneamiento sanitario nacional* de SUBDERE. En este informe se indica la distribución de acuerdo a cinco tipos de tratamiento para 2011 para cada región. Ante la falta de mejor información se optó por mantener este porcentaje constante en el tiempo. Adicionalmente debió homologarse la tipificación de los tratamientos de la SUBDERE al formato de las *Directrices del IPCC de 2006*. La homologación se detalla en la Tabla 346.

Tabla 346. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: homologación de tratamiento y sistemas de descarga de aguas servidas de la población urbana baja y población rural

Sistema de descarga	
IPCC	**SUBDERE**
Cloaca en movimiento	Sistema de alcantarillado particular
	Solución colectiva particular de alcantarillado sanitario
Sistema séptico	Pozo negro
Letrina clima seco	Cajón sobre acequia o canal
	Sin sistema de evacuación de aguas servidas

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA, de acuerdo a Cuadro 6.3, Capítulo 6, Volumen 5; *Directrices del IPCC de 2006*.

Con los datos de fracción se estimó la población urbana baja por sistema para cada región. Luego, se sumaron los totales nacionales para cada sistema de tratamiento y descarga los que fueron transformados a fracciones dividiendo por la población urbana baja total. Se procedió de la misma forma para estimar las fracciones para la población rural. Es importante mencionar que, si bien se mantienen las fracciones de utilización para las regiones esto no ocurre para las fracciones nacionales, puesto que la población de cada región varía año a año de manera diferente para cada región (unas crecen mientras otras poblaciones decrecen) lo que afecta el total nacional. A continuación, se presentan los grados de utilización de cada sistema para la población urbana baja (Tabla 347) y la población rural (Tabla 348).

Tabla 347. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: grado de utilización de tratamiento y sistemas de descarga de aguas servidas (T_{ij}) de la población urbana baja, serie 1990–2013

Tipo de tratamiento	Cloaca en movimiento	Sistema séptico	Letrina clima seco
1990	0,609	0,213	0,178
1991	0,617	0,203	0,180
1992	0,613	0,208	0,180
1993	0,615	0,206	0,179
1994	0,616	0,206	0,179
1995	0,615	0,207	0,179
1996	0,623	0,204	0,174
1997	0,619	0,207	0,175
1998	0,621	0,206	0,172
1999	0,646	0,191	0,164
2000	0,652	0,192	0,155
2001	0,641	0,197	0,162
2002	0,642	0,197	0,161
2003	0,623	0,223	0,154
2004	0,646	0,213	0,141
2005	0,640	0,219	0,141
2006	0,666	0,182	0,152
2007	0,667	0,181	0,152
2008	0,670	0,177	0,153
2009	0,668	0,178	0,154
2010	0,690	0,178	0,132
2011	0,655	0,186	0,159
2012	0,588	0,245	0,167
2013	0,590	0,235	0,175

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA con base en SUBDERE

Tabla 348. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: grado de utilización de tratamiento y sistemas de descarga de aguas servidas (T_{ij}) de la población rural, serie 1990-2013

Tipo de tratamiento	Cloaca en movimiento	Sistema séptico	Letrina clima seco
1990	0,398	0,520	0,082
1991	0,398	0,520	0,082
1992	0,398	0,520	0,082
1993	0,398	0,520	0,082
1994	0,398	0,519	0,082
1995	0,399	0,519	0,082
1996	0,399	0,518	0,083
1997	0,400	0,518	0,083
1998	0,400	0,517	0,083
1999	0,400	0,517	0,083
2000	0,401	0,516	0,083
2001	0,401	0,516	0,083
2002	0,402	0,515	0,083
2003	0,402	0,515	0,083
2004	0,403	0,514	0,083
2005	0,403	0,513	0,084
2006	0,404	0,512	0,084
2007	0,404	0,512	0,084
2008	0,405	0,511	0,084
2009	0,405	0,511	0,084
2010	0,406	0,510	0,084
2011	0,406	0,509	0,084
2012	0,407	0,509	0,084
2013	0,407	0,508	0,085

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Para la población urbana alta se debió homologar la tipificación nacional de los tratamientos a los definidos por las *Directrices del IPCC de 2006* para poder usar los factores correctores del metano pertinentes. La homologación se detalla en la Tabla 349.

Tabla 349. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: homologación de tratamientos de aguas servidas de la población urbana alta

Tratamiento de aguas servidas	
IPCC	**SISS**
Eliminación en río lago y mar	Emisario submarino
	Primario y desinfección
Planta de tratamiento centralizada aeróbico mal operada	Laguna aireada
Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada	Lodos activados
	Lombrifiltro
	Reactores biológicos secuenciales (SBR)
	Biofiltro
	Zanjas oxidación
Laguna anaeróbica poco profunda	Laguna estabilización
Digestor anaeróbico para lodos	Lodos activados con digestor anaeróbico para los lodos
	Biofiltro con digestor anaeróbico para los lodos
Reactor anaeróbico	Físico química

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA de acuerdo a Cuadro 6.3, Capítulo 6, Volumen 5; Directrices del IPCC de 2006.

Para la estimación del grado de utilización de cada sistema se consideró la información presente en los informes de gestión, referente a los caudales captados por cada planta de tratamiento de aguas servidas a lo largo del país. Dicha información se encuentra disponible para 2003, 2004, 2006 y 2007. Para completar el resto de la serie se procedió de la manera siguiente:

- Para 1990–2002 se mantuvo el primer caudal informado. También se tuvo en consideración el año de entrada en funcionamiento de cada planta de acuerdo a lo

informado en el Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y la fecha de formulación de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

- Los caudales de 2005 fueron estimados como un promedio entre los valores de 2004 y 2006.
- Para los años posteriores los caudales se mantuvieron constantes. Además, se incluyeron las nuevas plantas que comienzan a operar en dicho año, incluidas en los informes de gestión de la SISS. Se debió revisar el caudal de operación indicado en las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) o Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) según correspondiese.
- Para todos los años se revisaron aquellas plantas que dejaron de funcionar. Dicha información está incluida en las DIA y EIA de las plantas nuevas, puesto que suelen mencionan las plantas que reemplazan o bien, los posibles cambios de tecnologías de tratamiento.

Así se estimaron los caudales por tratamiento para cada región, los que sumados permiten estimar los grados de utilización nacionales. Estos grados son presentados en la Tabla 350.

Tabla 350. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: grado de utilización de tratamientos de aguas servidas (T_{ij}) de la población urbana alta, serie 1990–2013.

Tipo de tratamiento	Eliminación en río lago y mar	Planta de tratamiento centralizada aeróbico mal operada	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada	Laguna anaeróbica poco profunda	Digestor anaeróbico para lodos	Reactor anaeróbico
1990	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00000
1991	0,512	0,183	0,094	0,211	0,000	0,00000
1992	0,251	0,599	0,046	0,103	0,000	0,00000
1993	0,250	0,597	0,046	0,107	0,000	0,00000
1994	0,247	0,589	0,045	0,119	0,000	0,00000
1995	0,286	0,533	0,074	0,107	0,000	0,00000
1996	0,370	0,486	0,073	0,070	0,000	0,00000
1997	0,339	0,524	0,067	0,070	0,000	0,00000
1998	0,319	0,519	0,067	0,094	0,000	0,00046
1999	0,609	0,267	0,053	0,071	0,000	0,00024
2000	0,585	0,264	0,066	0,085	0,000	0,00022
2001	0,393	0,156	0,091	0,055	0,305	0,00012
2002	0,334	0,129	0,238	0,045	0,253	0,00010
2003	0,205	0,075	0,176	0,021	0,522	0,00006
2004	0,213	0,073	0,186	0,020	0,508	0,00005
2005	0,219	0,067	0,200	0,023	0,490	0,00004
2006	0,231	0,062	0,230	0,024	0,453	0,00003
2007	0,248	0,060	0,226	0,015	0,450	0,00007
2008	0,254	0,060	0,227	0,009	0,450	0,00007
2009	0,252	0,056	0,236	0,009	0,447	0,00007
2010	0,251	0,055	0,240	0,009	0,444	0,00007
2011	0,251	0,055	0,241	0,009	0,444	0,00007
2012	0,251	0,055	0,241	0,009	0,444	0,00007
2013	0,249	0,055	0,247	0,009	0,440	0,00007

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA con base en SISS

Lodos

El dato de actividad correspondiente al componente orgánico separado como lodo fue entregado directamente por la SISS para la serie temporal para la serie 2006-2013. Para estimar la cantidad de lodos generados en 1990-2005 se mantuvo el promedio de los años reportados (2006 y 2007).

Posteriormente el lodo de cada planta es sumado para obtener el total nacional para cada año. A continuación, se presentan los lodos recuperados por tipo de tratamiento (Tabla 351).

Tabla 351. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: componente orgánico separado como lodo (S) por tipo de tratamiento, kg DBO/año, serie 1990–2013.

Tipo de tratamiento	Eliminación en río lago y mar	Planta de tratamiento centralizada aeróbico mal operada	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada	Laguna anaeróbica poco profunda	Digestor anaeróbico para lodos	Reactor anaeróbico	Total
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,0	1.456,1	0,0	469.210,3	0,0	0,0	470.666,4
1992	0,0	26.494,1	0,0	469.210,3	0,0	0,0	495.704,4
1993	0,0	26.494,1	0,0	469.210,3	0,0	0,0	495.704,4
1994	0,0	26.494,1	0,0	469.965,9	0,0	0,0	496.460,0
1995	0,0	57.423,3	36.016,6	470.008,8	0,0	0,0	563.448,7
1996	0,0	197.676,4	89.779,4	471.086,9	0,0	0,0	758.542,8
1997	0,0	200.621,7	89.779,4	471.086,9	0,0	0,0	761.488,0
1998	0,0	347.673,3	127.413,4	519.459,8	0,0	6.854,1	1.001.400,5
1999	0,0	347.717,6	242.847,8	520.323,1	0,0	6.854,1	1.117.742,6
2000	0,0	347.717,6	485.952,4	586.013,8	0,0	6.854,1	1.426.537,8
2001	94.534,8	348.257,3	944.226,1	756.735,7	5.001.243,1	6.854,1	7.151.850,9
2002	94.534,8	348.257,3	4.651.090,4	756.735,7	5.001.243,1	6.854,1	10.858.715,3
2003	94.534,8	354.145,7	6.282.356,5	760.988,8	15.196.475,0	6.854,1	22.695.354,8
2004	94.534,8	363.505,4	7.194.263,0	695.298,2	15.690.475,0	6.854,1	24.044.930,4
2005	94.606,6	363.505,4	7.493.053,2	695.298,2	15.690.475,0	6.854,1	24.343.792,4
2006	126.175,8	237.452,5	6.952.136,4	693.033,7	15.789.706,3	6.843,1	23.805.347,7
2007	544.877,5	373.170,7	8.653.206,6	477.800,0	16.126.311,9	6.865,0	26.182.231,7
2008	565.280,5	1.162.947,7	9.502.701,8	446.002,6	15.058.683,4	4.073,1	26.739.689,1
2009	517.766,3	788.956,8	10.552.277,1	18.794,2	15.415.076,6	19.163,1	27.312.034,2
2010	543.394,7	2.618.196,7	11.120.393,9	13.118,4	17.531.683,8	23.125,0	31.849.912,5
2011	531.607,5	1.289.492,1	16.452.739,4	17.478,8	20.341.710,6	39.375,0	38.672.403,4
2012	730.699,6	1.170.086,3	18.197.622,2	18.762,5	19.446.873,2	625,0	39.564.668,7
2013	1.455.668,1	1.664.881,8	26.194.633,9	30.606,3	23.856.921,4	0,0	53.202.711,4

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA con base en SISS

Metano recuperado

En Chile existen un total de seis plantas de tratamiento aeróbico de aguas residuales en que se lleva a cabo recuperación y quema de metano. La SISS reporta la producción de biogás en sus informes a partir de 2012. Para poder completar la serie temporal, se estableció una relación entre el caudal y la producción de biogás, manteniéndose las propiedades de este constante, de modo de obtener el metano recuperado (Tabla 352).

Tabla 352. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: metano recuperado (kg CH_4/año), serie 1990-2013

Año	Metano recuperado (kg CH_4/año)
1990	0,0
1991	0,0
1992	0,0
1993	0,0
1994	0,0
1995	0,0
1996	0,0
1997	0,0
1998	0,0
1999	0,0
2000	0,0
2001	4.548.291,8

Año	Metano recuperado (kg CH_4/año)
2002	4.548.291,8
2003	13.467.776,6
2004	13.297.815,9
2005	13.034.182,8
2006	13.048.597,5
2007	13.017.162,4
2008	13.017.162,4
2009	13.017.162,4
2010	13.017.162,4
2011	13.017.162,4
2012	13.017.162,4
2013	13.818.193,2

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA con base en SISS

Para efectos del cálculo del contenido total de carbono orgánico degradable en las aguas servidas (TOW), se asumió que no existe aporte de aguas por parte del área industrial, por lo que el valor del factor de corrección para DBO industrial eliminado en las cloacas (*I*) fue de 1 para toda la serie temporal. Por otra parte, la DBO per cápita corresponde a 14,6 kg DBO/cápita/año, derivado de los valores para América Latina *Directrices IPCC de 2006* (Cuadro 6.4; Capítulo 6; Volumen 5).

Consumo de proteína

El consumo de proteína per cápita es necesario para la estimación de emisiones de N_2O. Se utilizó información entregada por el Departamento de Nutrición de MINSAL, donde se contaba con información hasta 2007. El resto de la serie fue extrapolada linealmente, teniendo en consideración un factor de crecimiento promedio de los años anteriores (Tabla 353).

Tabla 353. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: consumo de proteína per cápita (kg/persona/año), serie 1990-2013

Año	Consumo per cápita (kg/persona/año)
1990	25,6
1991	25,6
1992	28,1
1993	28,5
1994	28,5
1995	28,4
1996	28,8
1997	28,5
1998	28,4
1999	28,0
2000	28,7
2001	29,1
2002	30,1
2003	30,9
2004	31,3
2005	31,8
2006	32,5
2007	31,8
2008	32,2
2009	32,6
2010	33,1
2011	33,5
2012	33,9
2013	34,4

Nota: valores en rojo es información tratada

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA con base en MINSAL

6.5.4.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión se estima en función la capacidad máxima de producción de CH_4 (B_0) y el factor corrector para el CH_4 (MCF) el que depende de cada tipo de tratamiento (ver Ecuación XX, *supra*). El valor de B_0 corresponde a 0,6 kg de CH_4/kg de DBO de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 6.2.2.2.; Capítulo 6; Volumen 5). Los valores de MCF se presentan en la Tabla 354.

Tabla 354. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: factor corrector del metano (MCF) para los diferentes sistemas de descarga y tratamiento.

Tipo de tratamiento o sistema de descarga	MCF
Cloaca en movimiento	0,00
Sistema séptico	0,50
Letrina clima seco	0,10
Eliminación en río, lago y mar	0,10
Planta de tratamiento centralizada aeróbico mal operada	0,30
Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada	0,00
Laguna anaeróbica poco profunda	0,20
Digestor anaeróbico para lodos	0,80
Reactor anaeróbico	0,80

Fuente: Cuadro 6.3; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices del IPCC 2006*.

6.5.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±127,72. En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas en las *Directrices del IPCC del 2006* (Cuadro 6.7; Capítulo 6; Volumen 5 para los datos referidos a las emisiones de CH_4; Cuadro 6.11; Capítulo 6; Volumen 5 para los datos referidos a las emisiones de N_2O). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 355.

Tabla 355. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	CH_4	123,5%	123,5%	117,5%	117,5%	170,4%	170,4%
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	N_2O	52,0%	52,0%	111,8%	111,8%	123,3%	123,3%

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto, especialmente para las emisiones de CH_4.

6.5.4.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. La principal fuente de datos fueron los informes de gestión de la SISS, que contienen variaciones en su elaboración a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el Equipo Técnico de Residuos ha tenido que

realizar cambios y ajustes, los cuales ya previamente fueron detallados. Es de importancia mencionar que la principal variación de información se detecta a partir del 2004, año en que la SISS cambia los valores usados para estimar los habitantes por vivienda, valor clave en la estimación de población urbana.

6.5.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

6.5.4.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Residuos se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices IPCC* para la categoría Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_4RES*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Chequeos cruzados de la información entregada por las empresas versus la información pública.
- Chequeo con expertos externos al equipo sectorial de las categorías que involucran procesos productos que no ocurren en el país.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

6.5.4.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Residuos*, el Equipo Técnico de Residuos ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Residuos como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_4RES*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

6.5.4.6.3. Verificación

No se efectuaron procedimientos para la verificación de los valores referidos a esta subcategoría.

6.5.4.7. Recálculos

6.5.4.7.1. Justificación de los nuevos cálculos y mejoras

Durante el presente proceso de actualización se realizaron cambios en lo que respecta a la superación de brechas en los datos de actividad para la estimación de la fracción de población por ingreso, el grado de utilización y la cantidad de lodos generados. También se corrigió la estimación del grado de utilización: en el proceso anterior la fracción se estimaba con respecto al total de la población nacional, mientras que en el proceso actual se estimó con respecto a la población por ingreso pertinente. También se corrigió el MCF de las letrinas el que paso de 0,3 a 0,1.

6.5.4.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

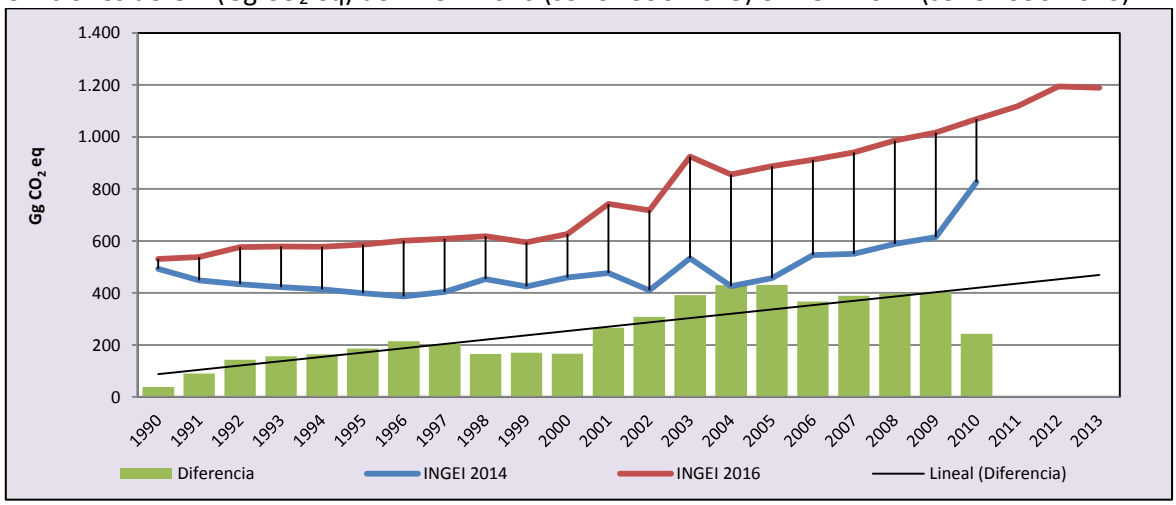
En la Tabla 356 y la Figura 152, se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). Las diferencias se deben al aumento de la TOW, debido al cambio a la fuente de datos de la población total; y también al incremento del valor de los *Tij* debido a la corrección en su estimación. Esto generó un aumento de las emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 253,5 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 356. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	492,8	459,7	825,9			
INGEI 2016	531,1	626,6	1.068,3	1.117,2	1.194,3	1.189,7
Diferencia	**38,3**	**166,9**	**242,3**			
Diferencia %	**7,2%**	**26,6%**	**22,7%**			

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 152. 4.D.1. Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.5.4.8. Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de IPPU y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI de Chile, las mejoras planificadas del sector son las siguientes:

- Conformar una mesa de trabajo con la SISS para facilitar la entrega de la información en un formato más adecuado a las necesidades del inventario, así como también revisar los métodos y supuestos usados para la completitud de vacíos de la serie temporal.

6.5.5. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales (4.D.2.)

6.5.5.1. Descripción de la subcategoría

La subcategoría *Tratamiento de aguas residuales industriales* considera las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento *in situ* de aguas residuales industriales. Sólo produce CH_4 el agua residual que contiene significativas cargas de carbono y que se trata bajo condiciones anaeróbicas, sean estás previstas o no.

En el contexto nacional, es competencia de la SISS la fiscalización de establecimientos generadores de aguas residuales industriales desde 2006, año en que se hace plenamente exigible el D.S N° 90/00: "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales". A partir de 2013 dicha competencia pasa a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), la que cumple con controlar los parámetros establecidos por esta normativa en cada uno de los establecimientos generadores de aguas residuales industriales en el país.

Este decreto no hace referencia a los tipos de tratamiento utilizados, cantidad de lodo generado o captura de metano desde su tratamiento, es por esto que no se cuenta con este tipo de información a nivel nacional. Sin embargo, se asignaron tipos de tratamiento a cada sector industrial por opinión de los profesionales de la Unidad de Ambiental de la SISS, separado en tres periodos (1990-2000, 2001-2005 y 2006-2013) como muestra la Tabla 357.

Tabla 357. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: sectores industriales y tipo de tratamiento, serie 1990-2013

Sector Industrial	Tipo de tratamiento 1990-2000	Tipo de tratamiento 2001-2005	Tipo de tratamiento 2006-2013
Refinerías de alcohol	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Laguna anaeróbica poco profunda
Malta y cerveza	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Reactor anaeróbico
Café	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Laguna anaeróbica poco profunda
Productos lácteos	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada
Procesamiento del pescado	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada
Carnes y aves	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada
Sustancias químicas orgánicas	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada
Refinerías de petróleo	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico mal operada, sobrecargada
Plásticos y resinas	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Laguna anaeróbica poco profunda
Pulpa y papel (combinados)	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada
Jabón y detergentes	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Laguna anaeróbica poco profunda
Producción de almidón	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien

Sector Industrial	Tipo de tratamiento 1990-2000	Tipo de tratamiento 2001-2005	Tipo de tratamiento 2006-2013
			operada
Refinación del azúcar	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico mal operada, sobrecargada
Aceites vegetales	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada
Vegetales, frutas y jugos	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada
Vinos y vinagres	Eliminación en río, lago y mar	Laguna anaeróbica poco profunda	Laguna anaeróbica poco profunda

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.5.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI

En 2013, las emisiones de GEI de esta categoría contabilizaron 6,2 Gg CO_2 eq, (representando el 0,5 % de las emisiones de la categoría) disminuyendo en un 89,0 % desde 1990 y en un 55,3 % con desde 2010 (Tabla 343 y Figura 151). El principal causante de la disminución es el aumento en el uso de tratamientos aeróbicos y, por lo tanto, la menor generación de metano.

6.5.5.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de CH_4 de la subcategoría *Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales* se utilizó una metodología de Nivel 1 de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*, con factores de emisión por defecto. La metodología es muy similar a la usada para estimar las emisiones de CH_4 de las aguas residuales domésticas, sin embargo, esta tiene base en la DQO y no en la DBO. La metodología, que busca estimar las emisiones para cada sector de manera separada, se describe paso a paso a continuación.

1) Se debe estimar el total de carbono degradable de manera orgánica en las aguas servidas (TOW) para cada sector industrial *i*. Para ello se utiliza la ecuación siguiente:

Ecuación 83. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: materia orgánica degradable en las aguas residuales industriales.

$$\boldsymbol{TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot COD_i}$$

Fuente: Ecuación 6.6; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- TOW_i: total de materia orgánica en las aguas residuales de la industria *i* del año del inventario, kg de DQO/año.
- P_i: producto industrial total del sector industrial *i*, t/año.
- W_i: aguas residuales generadas, $m^3/t_{producto}$.
- COD_i: DQO, kg de DQO/m^3.
- i: sector industrial.

Si bien en el caso nacional se cuenta directamente con el caudal, se estimó la producción en base al valor de las aguas residuales generadas por defecto, de modo de transparentar el cálculo.

2) Determinar las vías y los sistemas de tratamiento según los datos del país, para estimar el factor de emisión en función de la capacidad máxima de producción de CH_4 (B_0) y el factor corrector para el CH_4 (MCF) promedio ponderado de la industria respectiva. De acuerdo a lo anterior, el factor de emisión para cada sistema, es calcula a partir de la ecuación siguiente:

Ecuación 84. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: factor de emisión de CH_4 para las aguas residuales industriales.

$$EF_j = B_o \cdot MCF_j$$

Fuente: Ecuación 6.5; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- EF_j: factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento *j*, kg de CH_4/kg de DBO.
- B_0: capacidad máxima de producción de CH_4, kg de CH_4/kg de DBO.
- MCF_j: el factor corrector para el CH_4 para la vía o sistema de tratamiento *j*.

3) Estimar las emisiones en función de la carga orgánica; el factor asociado; el lodo total removido; y el metano total recuperado para cada sector industrial. Lo anterior se expresa más claramente en la ecuación siguiente:

Ecuación 85. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: emisiones totales de CH_4 procedentes de las aguas residuales industriales

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) \cdot EF_i - R_i]$$

Fuente: Ecuación 6.4; Capítulo 6; Volumen 5; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- Emisiones de CH_4: emisiones de CH_4 durante el año de inventario, kg de CH_4/año.
- TOW_i: total de materia orgánica en las aguas residuales de la industria *i* del año del inventario, kg de DQO/año.
- S_i: componente orgánico separado como lodo durante todo el año de inventario para el sector industrial *i*, kg de DQO/año.
- R_i: cantidad de CH_4 recuperada durante el año del inventario por el sector industrial *i*, kg de CH_4/año.
- EF_j: factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento *j*, kg de CH_4/kg de DQO. Si en una industria se utiliza más de un tipo de tratamiento, este factor debe corresponder a un promedio ponderado.

6.5.5.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los principales datos de actividad para la estimación de emisiones de CH_4 de la subcategoría provienen directamente de la SISS, entidad reguladora durante 2006-2012. A partir de 2013, la SMA es la encargada de la recolección de dicha información.

Para estimar la producción (t/año) de cada industria se estableció una relación entre el caudal (m^3/año) y la generación de aguas residuales por defecto (m^3/t). Los valores de la generación de aguas se muestran en la Tabla 358.

Tabla 358. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: generación de aguas residuales (W_i)

Sector Industrial	Generación aguas residuales m3/t
Refinerías de alcohol	24,0
Malta y cerveza	6,3
Café	ND
Productos lácteos	7,0
Procesamiento del pescado (*)	13,0
Carnes y aves	13,0
Sustancias químicas orgánicas	67,0
Refinerías de petróleo	0,6
Plásticos y resinas	0,6
Pulpa y papel (combinados)	162,0
Jabón y detergentes (*)	2,5
Producción de almidón	9,0
Refinación del azúcar (*)	9,0
Aceites vegetales	3,1
Vegetales, frutas y jugos	20,0
Vinos y vinagres	23,0

Nota: (*) Estos valores fueron calculados como promedios del intervalo *W declarado en las Directrices del IPCC de 2006*
Fuente: Cuadro 6.9, Capítulo 6, Volumen 5; *Directrices del IPCC de 2006*.

Dado que la SISS comienza a recolectar la información de caudales a partir de 2006, se debió estimar el caudal para 1990-2005. Para esto se utilizó como valor sustito la relación entre el caudal y el PIB per cápita. Dicha relación fue promediada para la serie 2006–2013. Este valor se multiplica por el PIB per cápita durante 1990-2005 y se obtiene el caudal faltante. Posteriormente se utiliza la proporción promedio entre 2006-2013 de cada industria de modo de obtener el caudal por industria para toda la serie. Finalmente, los valores de los caudales son divididos por la generación de aguas residuales, para obtener la producción de cada industria (Tabla 359).

Tabla 359. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: producción (miles de toneladas/año) de los sectores industriales serie 1990-2013

Año	Refinerías de alcohol	Malta y cerveza	Café	Productos lácteos	Procesamiento del pescado	Carnes y aves	Sustancias químicas orgánicas	Refinerías de petróleo	Plásticos y resinas	Pulpa y papel (combinados)	Jabón y detergentes	Producción de almidón	Refinación del azúcar	Aceites vegetales	Vegetales, frutas y jugos	Vinos y vinagres
1990	8,5	209,1	0,0	175,7	24.645,5	180,3	198,5	26.563,8	4,3	227,1	9,7	6,7	525,8	0,0	1.230,3	42,8
1991	9,7	237,1	0,0	199,2	27.937,8	204,4	225,0	30.112,3	4,9	257,5	11,0	7,5	596,1	0,0	1.394,7	48,5
1992	11,6	284,1	0,0	238,7	33.480,0	245,0	269,6	36.085,8	5,8	308,6	13,2	9,0	714,3	0,0	1.671,4	58,1
1993	12,2	299,2	0,0	251,4	35.265,4	258,1	284,0	38.010,2	6,1	325,0	13,9	9,5	752,4	0,0	1.760,5	61,2
1994	13,9	340,1	0,0	285,7	40.074,8	293,2	322,8	43.193,9	7,0	369,3	15,8	10,8	855,0	0,0	2.000,6	69,5
1995	17,6	432,7	0,0	363,6	50.994,0	373,1	410,7	54.963,0	8,9	470,0	20,0	13,8	1.088,0	0,0	2.545,7	88,5
1996	18,4	452,6	0,0	380,3	53.336,8	390,3	429,6	57.488,1	9,3	491,6	21,0	14,4	1.138,0	0,0	2.662,6	92,5
1997	19,9	487,6	0,0	409,7	57.465,0	420,5	462,8	61.937,7	10,0	529,6	22,6	15,5	1.226,0	0,0	2.868,7	99,7
1998	18,8	461,2	0,0	387,5	54.348,2	397,7	437,7	58.578,2	9,4	500,9	21,4	14,7	1.159,5	0,0	2.713,1	94,3
1999	17,1	418,8	0,0	351,9	49.353,0	361,1	397,5	53.194,3	8,6	454,9	19,4	13,3	1.053,0	0,0	2.463,8	85,6
2000	18,3	449,5	0,0	377,7	52.975,5	387,6	426,7	57.098,8	9,2	488,2	20,8	14,3	1.130,3	0,0	2.644,6	91,9
2001	16,5	405,0	0,0	340,3	47.732,7	349,3	384,4	51.447,9	8,3	439,9	18,8	12,9	1.018,4	0,0	2.382,9	82,8
2002	16,0	393,0	0,0	330,2	46.308,4	338,9	373,0	49.912,8	8,0	426,8	18,2	12,5	988,0	0,0	2.311,8	80,4
2003	17,4	426,1	0,0	358,1	50.219,9	367,5	404,5	54.128,7	8,7	462,8	19,7	13,6	1.071,5	0,0	2.507,0	87,1
2004	22,2	545,1	0,0	458,0	64.235,3	470,0	517,3	69.234,9	11,2	592,0	25,3	17,4	1.370,5	0,0	3.206,7	111,5
2005	27,2	666,9	0,0	560,4	78.591,2	575,1	633,0	84.708,2	13,7	724,3	30,9	21,2	1.676,8	0,0	3.923,4	136,4
2006	47,4	1.084,9	0,0	461,7	63.073,9	966,1	709,8	40,2	31,7	1.227,8	118,7	18,1	0,0	0,0	4.381,3	50,6
2007	37,6	1.212,7	0,0	929,9	124.807,5	757,0	892,6	177.773,2	22,4	1.289,0	133,6	24,2	3.085,9	0,0	2.673,9	479,9
2008	37,6	1.297,2	0,0	1.130,0	80.794,8	692,1	1.621,3	135.735,7	20,4	1.244,2	26,5	48,0	3.650,1	0,0	395,5	430,9
2009	37,6	929,6	0,0	599,0	58.733,2	744,4	464,6	180.152,9	17,7	618,8	2,4	39,9	2.698,6	0,0	15.259,8	81,7
2010	68,2	880,0	0,0	982,1	162.956,4	960,1	1.448,1	152.826,5	12,4	945,6	1,8	38,3	2.834,8	0,0	1.141,1	227,3
2011	25,3	1.007,2	0,0	899,9	214.741,8	1.148,2	665,9	150.377,1	13,7	1.210,4	0,0	16,4	3.511,5	0,0	2.377,5	141,5
2012	13,2	642,9	0,0	1.532,9	199.731,7	749,8	847,5	148.152,6	12,8	918,5	0,0	17,0	3.237,0	0,0	15.426,9	71,3
2013	33,8	208,5	0,0	485,0	179.611,2	742,2	794,0	122.156,5	11,6	952,6	0,0	35,5	2.492,2	0,0	2.452,3	113,5

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

En el contexto nacional es habitual que las empresas reporten la DBO de sus caudales. Ante la falta de valores referenciales para la DQO se optó por usar los valores presentes en las *Directrices del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, en donde se indica un valor típico para la DQO y para la DBO (Tabla 360).

Tabla 360. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: valores de DBO y DQO por industria.

Tipo de industria	DBO (g/l)	DQO (g/l)	DQO/DBO
Refinerías de alcohol	3,0	11,0	3,7
Malta y cerveza	1,5	2,9	1,9
Café	5,4	9,0	1,7
Productos lácteos	2,4	2,7	1,1
Procesamiento del pescado	1,5	2,5	1,7
Carnes y aves	2,5	4,1	1,6
Sustancias químicas orgánicas	1,1	3,0	2,7
Refinerías de petróleo	0,4	1,0	2,5
Plásticos y resinas	1,4	3,7	2,6
Pulpa y papel (combinados)	0,4	9,0	22,5
Jabón y detergentes	0,3	1,2	4,0
Producción de almidón	2,0	10,0	5,0
Refinación del azúcar	2,0	3,2	1,6
Aceites vegetales	0,5	1,2	2,4
Vegetales, frutas y jugos	1,0	5,0	5,0
Vinos y vinagres	0,7	1,5	2,1

Fuente: Cuadro 5.4; Capítulo 5, de las *Directrices del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*

Con estos valores se puede establecer una relación simple entre dichos parámetros, la que permite estimar la DQO para las aguas residuales industriales del país entre 2006-2013. Para completar el resto de la serie se utilizó el promedio entre 2006-2013 (Tabla 361).

Tabla 361. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: valores de DQO (g/l) por industria, serie 1990-2013

Año	Refinerías de alcohol	Malta y cerveza	Café	Productos lácteos	Procesamiento del pescado	Carnes y aves	Sustancias químicas orgánicas	Refinerías de petróleo	Plásticos y resinas	Pulpa y papel (combinados)	Jabón y detergentes	Producción de almidón	Refinación del azúcar	Aceites vegetales	Vegetales, frutas y jugos	Vinos y vinagres
1990	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1991	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1992	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1993	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1994	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1995	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1996	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1997	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1998	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
1999	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
2000	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
2001	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
2002	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
2003	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
2004	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
2005	0,392	0,318	0,000	1,216	0,017	0,087	0,100	0,023	0,046	0,866	0,206	1,050	0,051	0,000	2,660	0,832
2006	0,275	0,382	0,000	0,651	0,021	0,146	0,622	0,025	0,053	1,830	0,206	0,266	0,000	0,000	3,250	2,305
2007	0,409	0,418	0,000	0,499	0,012	0,239	0,000	0,019	0,042	0,850	0,271	1,776	0,152	0,000	12,195	0,989
2008	0,743	0,364	0,000	0,687	0,014	0,065	0,007	0,020	0,036	0,936	0,907	3,876	0,039	0,000	2,158	1,837
2009	0,000	0,403	0,000	0,716	0,007	0,034	0,006	0,030	0,038	0,336	0,032	1,286	0,045	0,000	0,044	0,270
2010	0,000	0,349	0,000	0,130	0,049	0,067	0,013	0,023	0,043	0,731	0,024	0,028	0,035	0,000	0,147	0,189
2011	0,034	0,259	0,000	0,146	0,011	0,030	0,024	0,028	0,052	0,687	0,000	0,069	0,039	0,000	0,788	0,078
2012	1,283	0,052	0,000	5,684	0,008	0,026	0,026	0,018	0,055	0,693	0,000	0,049	0,046	0,000	0,038	0,157
2013	0,025	0,080	0,000	0,091	0,028	0,024	0,012	0,028	0,063	0,526	0,000	0,121	0,044	0,000	0,326	0,338

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

No se disponen de valores de lodos generados y CH_4 recuperado para las industrias.

6.5.5.3.2. Factores de emisión

El factor de emisión se estima en función la capacidad máxima de producción de CH_4 (B_0) y el factor corrector para el CH_4 (MCF) el que depende de cada tipo de tratamiento. El valor de B_0 corresponde a 0,25 kg de CH_4/kg de DQO de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 6.2.2.2; Capítulo 6; Volumen 5). Los valores de MCF se presentan en la Tabla 362.

Tabla 362. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: factor corrector del metano (MCF) para los diferentes sistemas de descarga y tratamiento

Tipo de tratamiento o sistema de descarga	MCF
Eliminación en río, lago y mar	0,10
Planta de tratamiento centralizada aeróbico mal operada	0,30
Planta de tratamiento centralizada aeróbico bien operada	0,00
Laguna anaeróbica poco profunda	0,20
Digestor anaeróbico para lodos	0,80
Reactor anaeróbico	0,80

Fuente: Cuadro 6.8; Capítulo 6; Volumen 5; Directrices del IPCC de 2006

6.5.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de -97,6 % y +130,5 %. En general, no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión, por lo que consideraron las recomendadas en las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 6.10; Capítulo 6; Volumen 5, para los datos de actividad, y 6.7; Capítulo 6; Volumen 5, para los factores de emisión). Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 363.

Tabla 363. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: resumen incertidumbre combinada, 2013

Código IPCC	Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-)%	(+)%	(-)%	(+)%	(-)%	(+)%
4.D.2.	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales	CH_4	25,0%	25,0%	94,3%	128,1%	97,6%	130,5%

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Una explicación general de la estimación de la incertidumbre se encuentra en la sección *1.6. Evaluación general de la incertidumbre* y el cuadro de cálculo, junto a los supuestos aplicados, en ANEXO 02.

Se concluye de la tabla anterior que la mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con los factores de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

6.5.5.5. Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2013 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. Dado que no se cuentan con los caudales para toda la serie, estos fueron extrapolados, usando como dato sustituto el PIB per cápita.

6.5.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

6.5.5.6.1. Control de la calidad

Durante la actualización del ISGEI de Residuos se han aplicado la recomendación de control de calidad de las *Directrices IPCC* para la categoría Todas estas actividades están listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2016_GCCC_4RES*. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son las siguientes:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos de la actividad, los factores de emisión y otros parámetros de estimación presentes en las planillas de información base, el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Chequeos cruzados de la información entregada por las empresas versus la información pública.
- Chequeo con expertos externos al equipo sectorial de las categorías que involucran procesos productos que no ocurren en el país.
- Comparación de las estimaciones actuales con las del ISGEI anterior, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

6.5.5.6.2. Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector *Residuos*, el Equipo Técnico de Residuos ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa, tanto del ISGEI de Residuos como del INGEI de Chile, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas dentro del SRT del SNICHILE, correspondiente al libro de cálculo *2014_GCCC_4RES*. El estado de la implementación de dichas recomendaciones se encuentra en el ANEXO 04.02.

6.5.5.6.3. Verificación

No se aplicaron procedimientos de verificación a esta subcategoría.

6.5.5.7. Recálculos

6.5.5.7.1. Justificación de los nuevos cálculos y mejoras

La principal justificación del recálculo es el cambio en la estimación de la DQO en función de la DBO. En el proceso anterior se utilizó una relación única para todas las industrias (2,4), mientras que en el proceso anterior se optó por una relación por industria, entiendo que es una mejor manera de representar la realidad de las industrias.

6.5.5.7.2. Implicaciones para los niveles de emisión

En la Tabla 364 y Figura 153, se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la subcategoría respecto al inventario anterior (INGEI 2014). La diferencia se debe a un cambio de la relación DBO/DQO general a una específica, lo que trae diferentes efectos a las emisiones, sujetas principalmente a la actividad productiva de las industrias. Esto generó un aumento de las

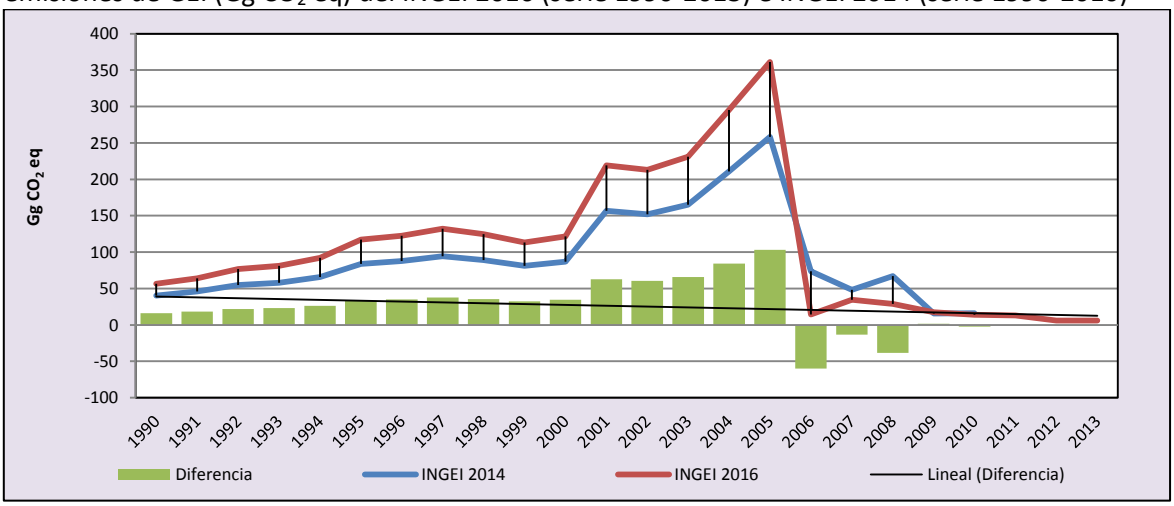
emisiones de GEI de la subcategoría en un promedio de 27,6 Gg CO_2 eq anuales durante la serie 1990-2013.

Tabla 364. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

Categoría	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI 2014	40,5	87,0	16,3			
INGEI 2016	56,6	121,8	13,9	13,1	6,2	6,2
Diferencia	**16,2**	**34,7**	**-2,4**			
Diferencia %	**28,5%**	**28,5%**	**-17,1%**			

Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

Figura 153. 4.D.2. Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales: comparación entre emisiones de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico de Residuos del MMA

6.5.5.8. Plan de mejoramiento

No se contemplan mejoras específicas para la presente subcategoría.

7. RECÁLCULOS

Los cambios metodológicos y el refinamiento de los datos de actividad son parte esencial de la mejora de la calidad de los INGEI; pero cuando esto ocurre, se requiere recalcular toda la serie de tiempo para garantizar su coherencia. A continuación, se justificarán los nuevos cálculos y su implicancia para las emisiones y absorciones de GEI del país.

7.1. Recálculos en el INGEI de Chile

Tanto el actual INGEI de Chile (INGEI2016, serie 1990-2013) como el anterior (INGEI2014, serie 1990-2010), que fue presentado por el país ante Naciones Unidas en diciembre del 2014 como parte de su *Primer Informe Bienal de Actualización*, se elaboraron siguiendo los lineamientos de las *Directrices del IPCC de 2006*. Para la elaboración del presente INGEI de Chile se ha recurrido, en todos los sectores, a nuevas fuentes de información junto a su respectivo refinamiento. Además, se desarrollaron nuevos factores de emisión país específicos en los sectores de *IPPU* y *AFOLU*. Lo que generó diferencias entre las magnitudes de GEI previamente notificadas.

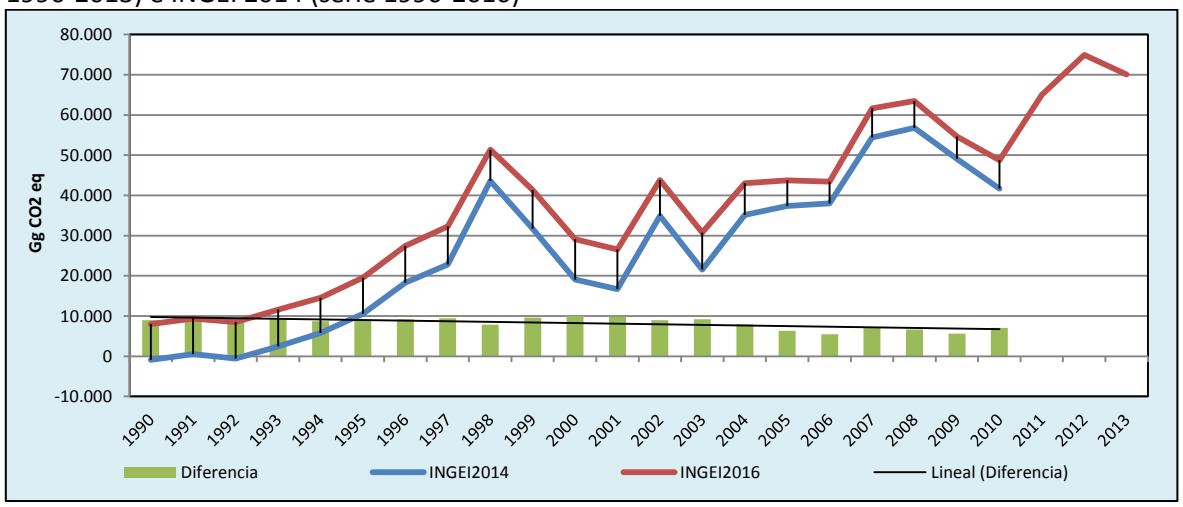
En general, el balance de GEI del INGEI2016 muestra un aumento promedio de 8.286,0 Gg CO_2 eq en comparación con el INGEI2014, lo que generó un aumento de 16,8 % para 2010, último año comparable (Tabla 365 y Figura 154). Este se atribuye en general, a una disminución de la absorción en la categoría *Tierras* del sector *AFOLU*, en la que se detectó una doble contabilidad de absorciones entre bosque nativo manejado y renovales de bosque nativo. Los otros sectores de INGEI de Chile no presentan variaciones en sus magnitudes de GEI que influyan notoriamente en la tendencia general.

Tabla 365. Recálculos: comparación de los balances de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI2014	-925,0	19.083,4	41.698,5			
INGEI2016	8.006,8	29.101,5	48.719,9	64.995,1	74.899,9	70.054,4
Diferencia	**8.931,8**	**10.018,1**	**7.021,4**			
Diferencia %	**111,6%**	**34,4%**	**14,4%**			

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 154. Recálculos: comparación de los balances de GEI (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

7.2. Recálculos en el sector Energía

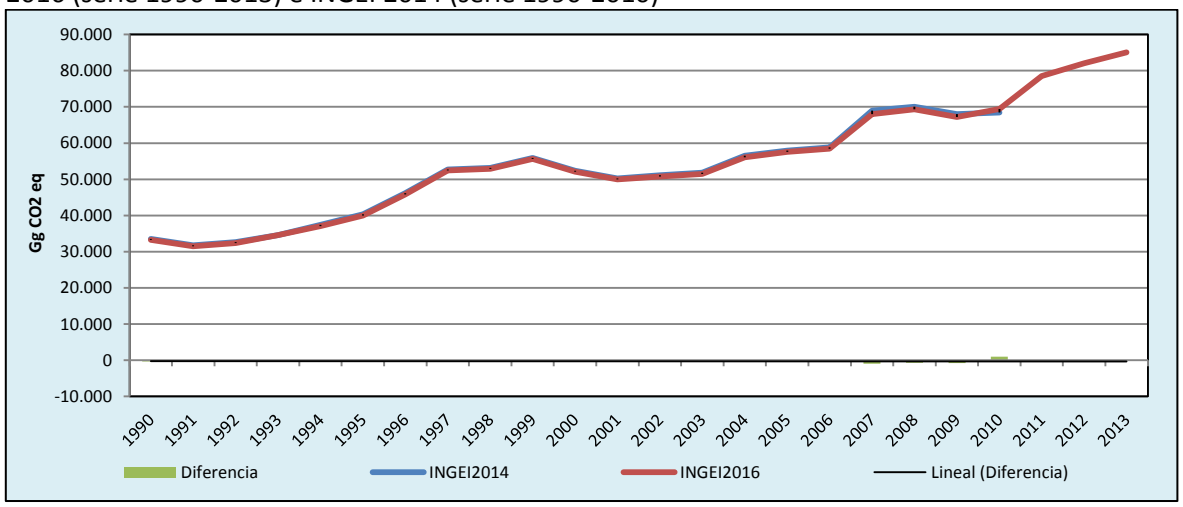
En el sector *Energía* (Tabla 366 y Figura 155), las emisiones de GEI del sector en el INGEI2016 presentan una disminución promedio de 308,0 Gg CO_2 eq (menos del 1 %) en comparación con el INGEI2014. El 2010, último año comparable, es el único que presenta un aumento de las emisiones de GEI (1.013,7 Gg CO_2 eq), lo que generó un aumento de 1,5 % en el sector. La diferencia de la serie se atribuye a que en este sector se efectuaron modificaciones en el tratamiento de los datos de las subcategorías *Industrias de la energía* y su relación con la subcategoría *Industrias manufactureras y de la construcción*, en lo que respecta a la autogeneración de energía por parte de las industrias, con lo que se redistribuyeron las emisiones de GEI. Además, se desagregó la componente *Transporte terrestre* y se incluyó el transporte todoterreno; para ello se aplicaron diferentes factores de emisión para gases no CO_2, lo que derivó en un aumento de las emisiones de GEI al comparar con 2010.

Tabla 366. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Energía (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI2014	33.530,4	52.346,8	68.410,0			
INGEI2016	33.219,5	52.122,9	69.423,7	78.527,0	82.076,6	85.075,4
Diferencia	**-310,9**	**-224,0**	**1.013,7**			
Diferencia %	**-0,9%**	**-0,4%**	**1,5%**			

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 155. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Energía (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

7.3. Recálculos en el sector IPPU

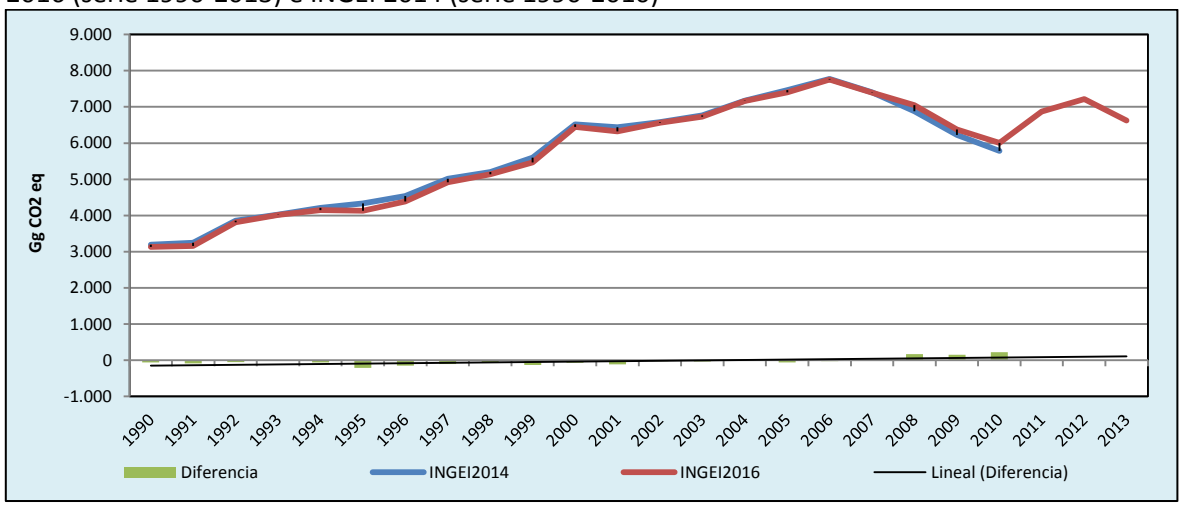
En el sector *IPPU* (Tabla 367 y Figura 156), las emisiones de GEI del sector en el INGEI2016 presentan una disminución promedio de 33,5 Gg CO_2 eq (menos del 1 %) en comparación con el INGEI2014. Sin embargo, para 2010 -último año comparable- presenta un aumento de las emisiones de GEI (221,9 Gg CO_2 eq), lo que generó un aumento de 3,8 % en el sector. Si bien existen diferencias para cada año de la serie, no superan el 5 %, de modo que se mantiene la tendencia. La diferencia de la serie se atribuye a que en el sector se efectuaron mejoras en las metodologías para estimar las emisiones de las subcategorías *Producción de cemento* y *Producción de vidrio*, y a que se incorporaron las emisiones de SF_6 producto de la instalación, uso y eliminación de equipos eléctricos. Además, se eliminaron las emisiones de GEI de la producción de plomo y cinc, puesto que estos metales se extraen, pero no se producen en el país.

Tabla 367. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector IPPU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI2014	3.190,5	6.517,9	5.786,2			
INGEI2016	3.127,5	6.449,6	6.008,1	6.868,3	7.214,9	6.619,4
Diferencia	**-63,1**	**-68,3**	**221,9**			
Diferencia %	**-2,0%**	**-1,1%**	**3,7%**			

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 156. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector IPPU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

7.4. Recálculos en el sector AFOLU

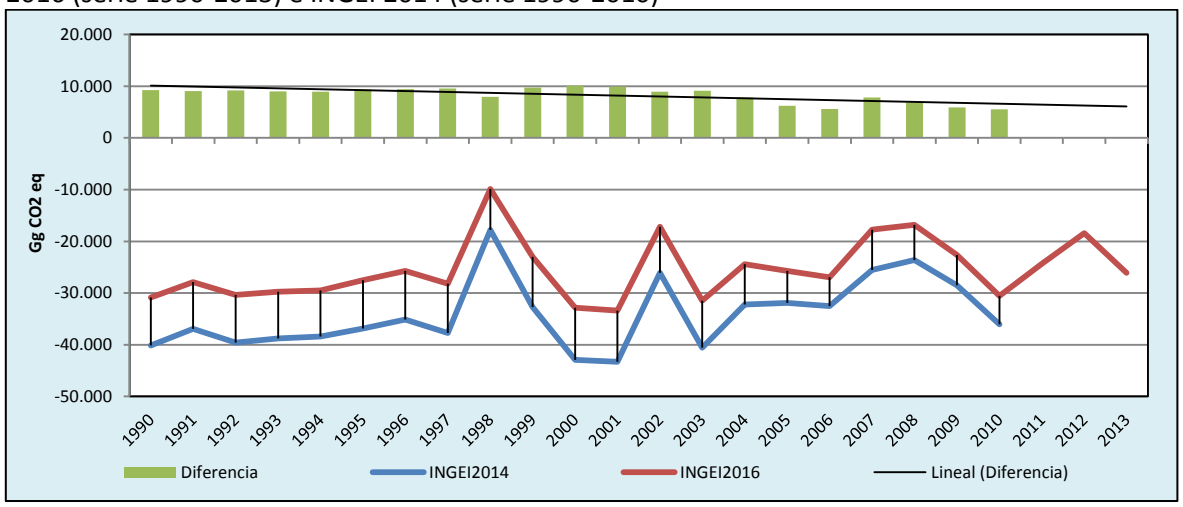
En el sector *AFOLU* (Tabla 368 y Figura 157), el balance de GEI del INGEI2016 presenta un aumento promedio de 8.336,9 Gg CO_2 eq en comparación con el INGEI2014, lo que generó un aumento de 15,4 % para el 2010, último año comparable. La diferencia de la serie se atribuye a que en el sector se hicieron varias mejoras en la gestión de los datos de actividad y se desarrollaron nuevos factores de emisión país específico. La modificación de mayor relevancia es la disminución de la absorción desde la categoría *Tierras*, en la que se detectó una doble contabilidad de absorciones entre bosque nativo manejado y renovales de bosque nativo. Además, hubo cambios en el contenido de carbono de la biomasa y nuevas estimaciones de la población animal, especialmente del ganado vacuno.

Tabla 368. Recálculos: comparación de los balances de GEI del sector AFOLU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI2014	-40.111,4	-42.911,4	-36.051,8			
INGEI2016	-30.866,3	-32.819,2	-30.514,4	-24.339,9	-18.410,7	-26.119,2
Diferencia	**9.245,1**	**10.092,1**	**5.537,4**			
Diferencia %	**-30,0%**	**-30,8%**	**-18,1%**			

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 157. Recálculo: comparación de los balances de GEI del sector AFOLU (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

7.5. Recálculos en el sector Residuos

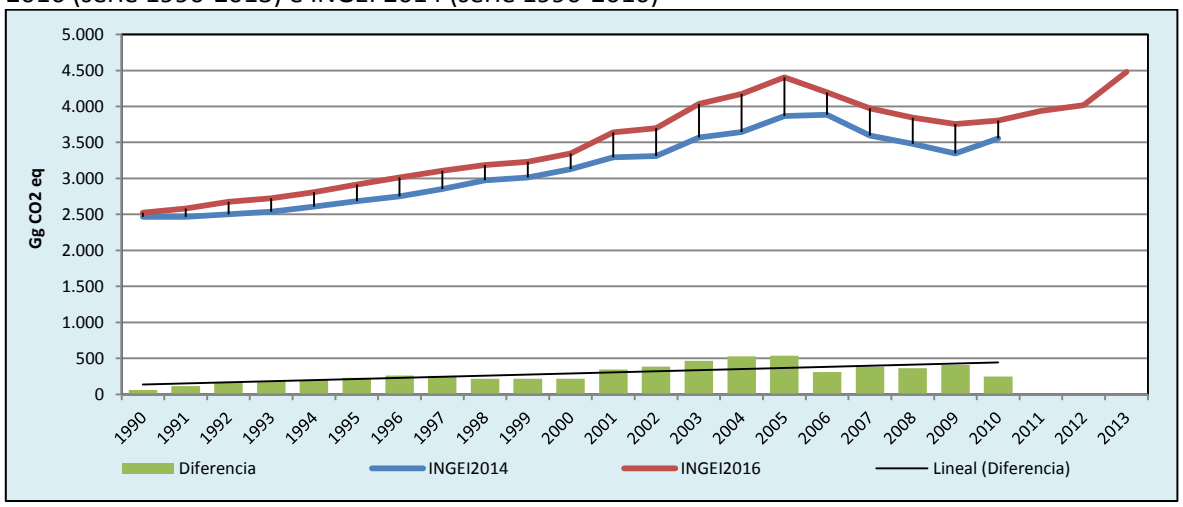
En el sector *Residuos* (Tabla 369 y Figura 158), las emisiones de GEI del sector presentaron un aumento promedio de 290,6 Gg CO_2 eq en comparación con el INGEI2014, lo que generó un aumento de 7,0 % para 2010, último año comparable La diferencia de la serie se atribuye a cambios en el manejo de datos de la subcategoría *Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*, específicamente a una mejora en el cálculo del parámetro que se refiere al grado de utilización de los sistemas de tratamiento de aguas para cada grupo de ingresos, y también a que se hicieron cambios en la recopilación de datos de la subcategoría *Incineración de residuos*.

Tabla 369. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Residuos (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)

INGEI	1990	2000	2010	2011	2012	2013
INGEI2014	2.465,5	3.130,0	3.554,1			
INGEI2016	2.526,1	3.348,3	3.802,6	3.939,8	4.019,2	4.478,8
Diferencia	**60,6**	**218,3**	**248,5**			
Diferencia %	**2,4%**	**6,5%**	**6,5%**			

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Figura 158. Recálculo: comparación de emisiones de GEI del sector Residuos (Gg CO_2 eq) del INGEI 2016 (serie 1990-2013) e INGEI 2014 (serie 1990-2010)



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8. INVENTARIOS REGIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CHILE

Para Chile, dada sus características particulares (geográficas, climáticas, demográficas, productivas, etc.), es de especial importancia contar con inventarios regionales de GEI (IRGEI) para la implementación de medidas de mitigación y adaptación apropiadas a las realidades locales. Desde 2016, esta desagregación regional ha sido incluida como parte del proceso de actualización del INGEI de Chile y, adicionalmente, bajo los lineamientos del Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático 2017-2022, el cual tiene por objetivo principal hacer frente a los desafíos que plantean en el corto y mediano plazo los impactos del cambio climático en el territorio nacional.

8.1. Metodología para la desagregación regional

La metodología para la desagregación del INGEI de Chile consistió en identificar variables representativas (*proxy*) de las emisiones o absorciones de GEI de cada sector, que ya estuvieran regionalizadas y que tuvieran una fuerte correlación con la fuente o sumidero de GEI. Con estos *proxys* se procedió a desagregar las emisiones y absorciones nacionales de GEI en 15 regiones administrativas.

Los principales *proxys* del sector *Energía* fueron los niveles de actividad de las diferentes industrias (minería, siderurgia, cemento, generación de electricidad) disponibles en los anuarios de las empresas o en estadísticas nacionales oficiales. En los casos en que los niveles de actividad no se encontraban regionalizados, se utilizó el Producto Interno Bruto (PIB) por rubro y región. Adicionalmente se utilizaron datos del parque automotriz regional elaborados por el INE.

Los principales *proxys* del sector *IPPU* fueron los niveles de actividad de las diferentes industrias disponibles en los anuarios de las empresas o en estadísticas nacionales oficiales. En los casos en que los niveles de actividad no se encontraban regionalizados, se utilizó el PIB por rubro y región.

Las emisiones y absorciones de GEI del sector *AFOLU* son estimadas a nivel regional por el mismo Equipo Técnico de AFOLU, por lo que no fue necesario desagregarlas durante este proceso y solo se requirió compilarlas a nivel regional.

Los principales *proxys* del sector *Residuos* fueron los niveles de actividad de los residuos sólidos y los caudales de aguas residuales, ambos regionalizados y disponibles en estadísticas del Ministerio del Medio Ambiente y de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). En los casos en que los niveles de actividad no se encontraban regionalizados, se utilizó el PIB por rubro y región.

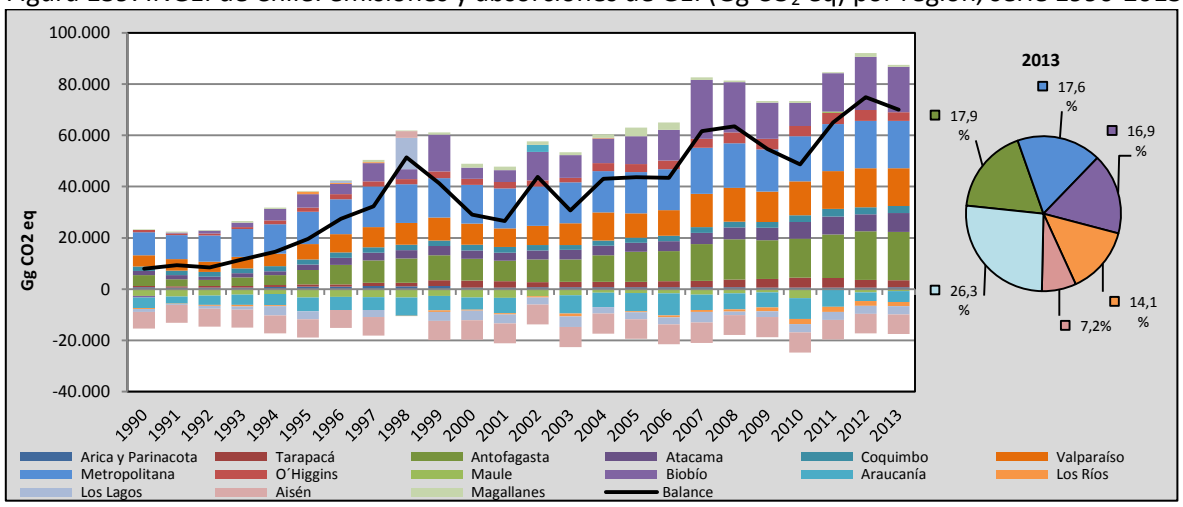
Para garantizar la calidad del proceso, la aplicación de cada *proxy* ha sido sujeta a un control de calidad interno con el objetivo que cada inventario regional de GEI sea consistente y coherente con los inventarios regionales de GEI y el inventario nacional de GEI de Chile.

8.2. Tendencias de las emisiones y absorciones de GEI regionales

Al analizar las emisiones y absorciones de GEI de Chile por región (Figura 159), se observan un primer grupo de regiones que son emisoras netas[35] (Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins, Biobío, Magallanes) y un segundo grupo de regiones que son sumideros netos[36] (Maule, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aisén). Del primer grupo destaca que Biobío fue un sumidero neto de GEI en 1990, perdiendo posteriormente esta condición. Del segundo grupo destaca que cada una de las regiones ha perdido su condición de sumidero neto a lo menos en un año de la serie temporal, situación provocada principalmente por incendios forestales que liberan, como CO_2, el carbono almacenado en la biomasa. Los ejemplos más notorios son Los Lagos en 1998 y Araucanía en 2002.

En 2013, las principales regiones que influyeron en el balance de GEI de Chile, en términos absolutos, fueron Antofagasta (17,9 %), seguida de Metropolitana (17,6 %), Biobío (16,9 %), Valparaíso (14,1 %) y Aisén (7,2 %). Las otras regiones representaron un 26,3 %.

Figura 159. INGEI de Chile: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por región, serie 1990-2013



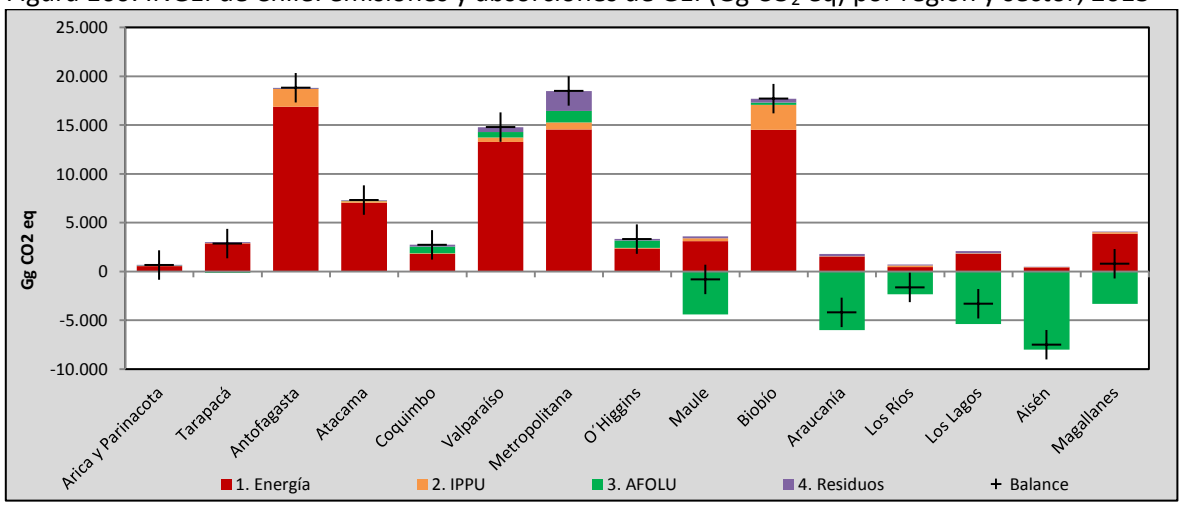
Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

Respeto las emisiones y absorciones de GEI de cada región por sector (Figura 160), se aprecia la fuerte influencia del sector *Energía* en el grupo de regiones que son emisoras netas; del mismo modo, se aprecia la influencia que posee el sector *AFOLU* en las regiones que son sumideros netos. En 2013, las principales regiones que contribuyeron al sector Energía fueron Antofagasta (19,8 %), Metropolitana (17,1 %), Biobío (17,1 %), Valparaíso (15,6 %) y Atacama (8,3 %); las otras regiones aportaron con un 22,1 %. En el caso del sector IPPU las principales regiones fueron Biobío (38,4 %), Antofagasta (27,3 %), Metropolitana (11,0 %), Valparaíso (6,8 %) y Maule (4,7 %); las otras regiones aportan con un 11,6 %. El sector AFOLU está dominado por las regiones de Aisén (24,2 %), Araucanía (18,1 %), Los Lagos (16,3 %), Maule (13,4 %) y Magallanes (10,0 %); otras regiones contribuyeron con un 18,0 %. Por último, las principales regiones que contribuyeron al

[35] Su balance de GEI es favorable a la emisión.
[36] Su balance de GEI es favorable a la absorción y se identifican con un signo negativo (-) antes del valor numérico o del porcentaje en las figuras.

sector Residuos fueron Metropolitana (45,8 %), Valparaíso (11,3 %), Biobío (9,0 %), Araucanía (5,3 %) y Los Lagos (4,7 %); mientras que las otras regiones aportaron con un 23,9 %.

Figura 160. INGEI de Chile: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por región y sector, 2013

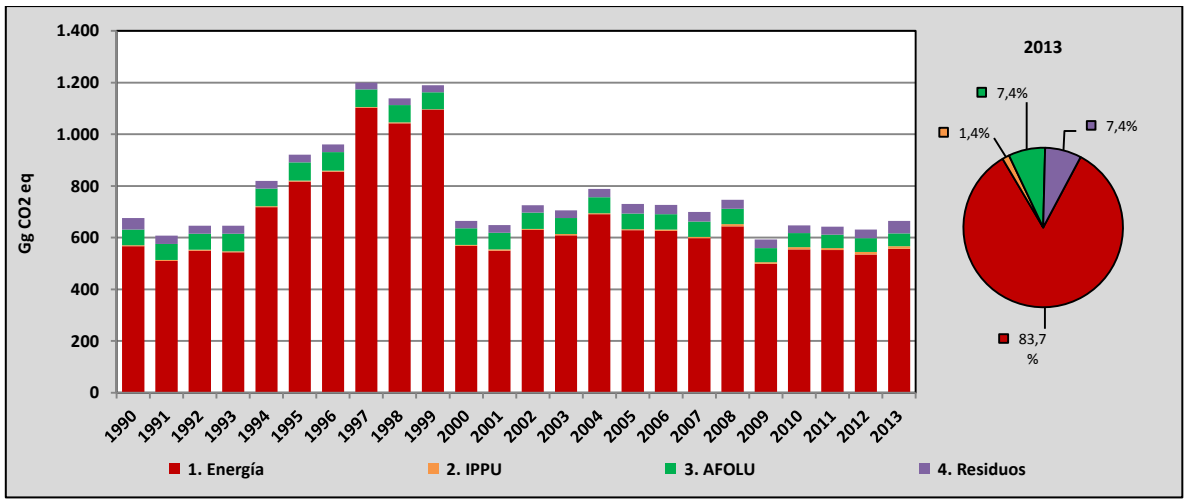


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.1. Región de Arica y Parinacota

En 2013, las emisiones y absorciones de GEI de la Región de Arica y Parinacota contabilizaron 664,9 Gg CO_2 eq, disminuyendo en un 1,5 % desde 1990, pero incrementándose en un 2,8 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 83,7 % de los GEI, seguido de los sectores *AFOLU* y *Residuos* (ambos con un 7,4 %) y por último del sector *IPPU* (1,4 %). La tendencia general ha estado dominada por el sector *Energía*, observándose una importante tendencia al alza hasta 1999, para luego disminuir abruptamente sus emisiones debido al menor consumo de combustible fósiles por la minería (Figura 161).

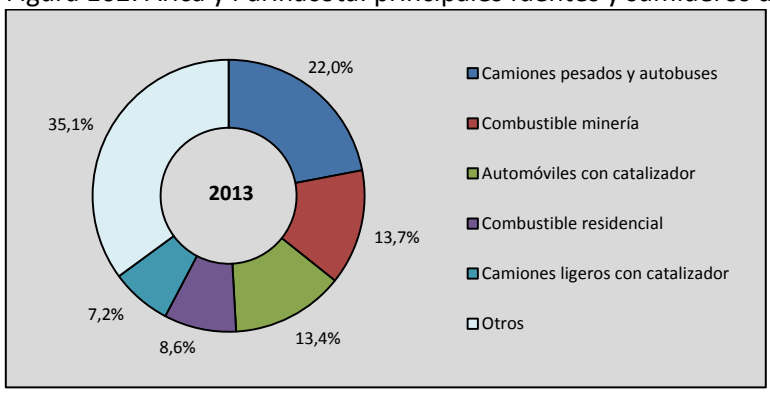
Figura 161. Arica y Parinacota: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en las emisiones de GEI totales es el CO_2 (81,2 %), seguido del CH_4 (9,9 %), N_2O (8,0 %) y los Gases fluorados (0,9 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 162), las principales fueron las emisiones por el consumo de combustibles fósiles en *camiones pesados y autobuses* (22,0 %), en la *minería* (13,7 %), en *automóviles con catalizador* (13,4 %), *residencial* (8,6 %) y en *camiones ligeros con catalizador* (7,2 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 35,1 % de los GEI de la región.

Figura 162. Arica y Parinacota: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

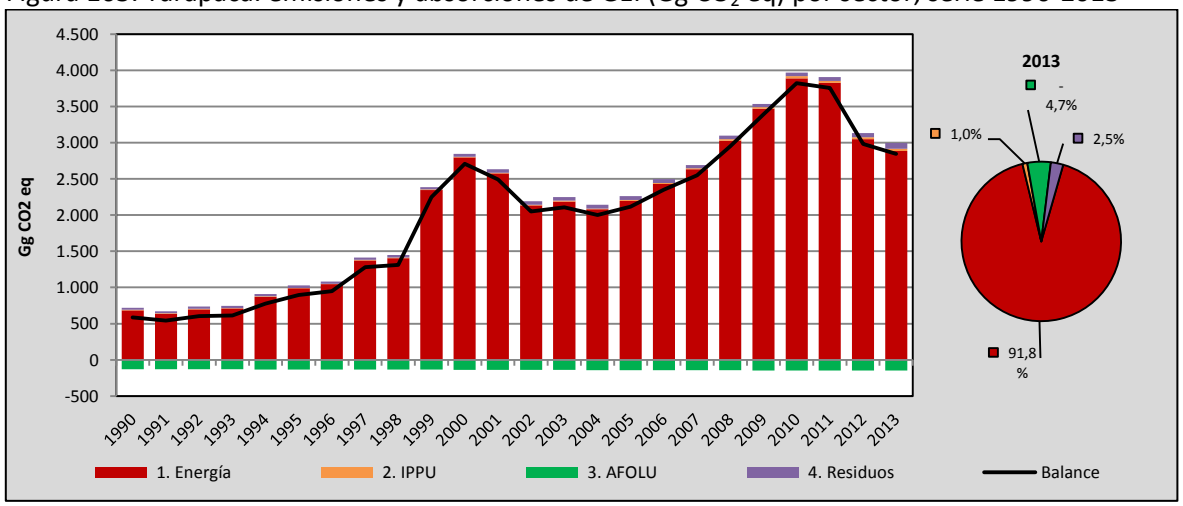


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.2. Región de Tarapacá

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región de Tarapacá contabilizó 2.845,9 Gg CO_2 eq, incrementándose en un considerable 383,8 % desde 1990, pero disminuyendo en un 25,6 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 91,8 % del balance de GEI, seguido del sector *AFOLU* (4,7 %), del sector *Residuos* (2,5 %) y por último del sector *IPPU* (1,0 %). La tendencia general ha estado dominada por el incremento del sector *Energía*, observándose fluctuaciones debido al cambio de los patrones de consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad y la minería (Figura 163).

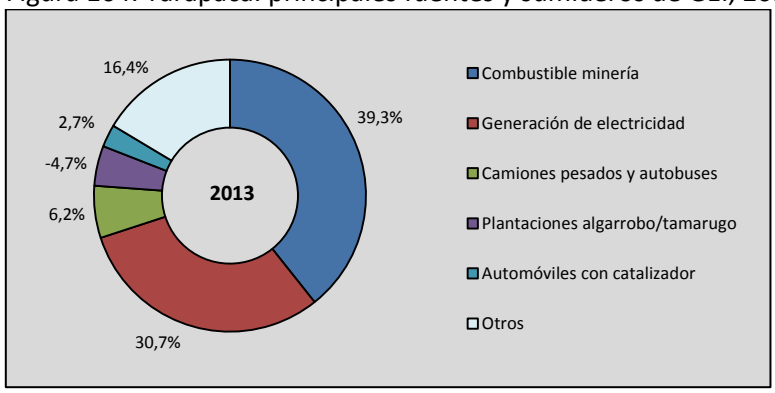
Figura 163. Tarapacá: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CO_2 (94,6 %), seguido del CH_4 (3,2 %), N_2O (1,2 %) y los Gases fluorados (0,9 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 164), las principales fueron las emisiones por el consumo de combustibles fósiles en la *minería* (39,3 %), en la *generación de electricidad* (30,7 %) y en *camiones pesados y autobuses* (6,2 %); lo sigue absorciones de CO_2 por las *plantaciones de algarrobo y tamarugo* (4,7 %) y las emisiones por el consumo de combustible fósil en *automóviles con catalizador* (2,7 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 16,4 % del balance de GEI de la región.

Figura 164. Tarapacá: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

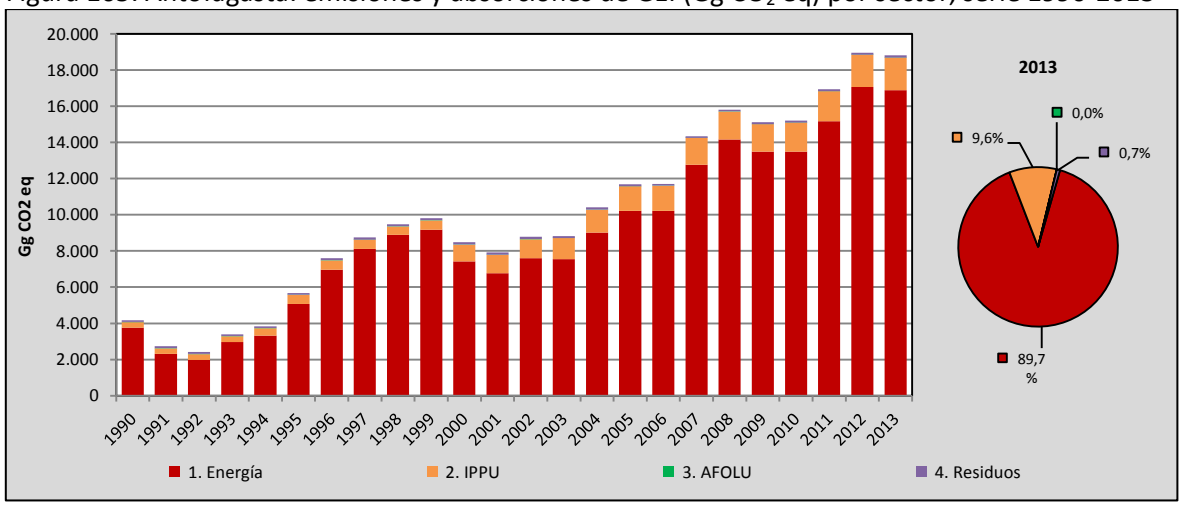


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.3. Región de Antofagasta

En 2013, las emisiones y absorciones de GEI de la Región de Antofagasta contabilizaron 18.824,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 351,0 % desde 1990 y en un 23,7 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 89,7 % de los GEI, seguido del sector *IPPU* (9,6 %), el sector *Residuos* (0,7 %) y por último del sector *AFOLU* (0,02 %). La tendencia general ha estado dominada por el sector *Energía*, observándose una disminución de las emisiones entre el 2000 y el 2007 debido al aumento del consumo del gas natural, para la generación de electricidad, por sobre el consumo de carbón y diésel. Posteriormente se retoma la tendencia al alza debido a la disminución de la oferta de gas natural (Figura 165).

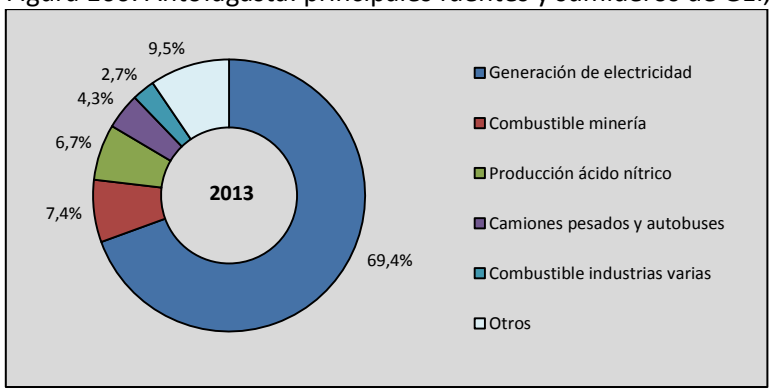
Figura 165. Antofagasta: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en las emisiones de GEI totales es el CO_2 (91,3 %), seguido del N_2O (7,3 %), CH_4 (0,9 %) y los Gases fluorados (0,6 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 166), las principales fueron las emisiones por el consumo de combustibles fósiles en la *generación de electricidad* (69,4 %) y la *minería* (7,4 %); lo sigue las emisiones de la *producción de ácido nítrico* (6,7 %), y el consumo de combustibles fósiles en *camiones pesados y autobuses* (4,3 %) y en *industrias varias* (2,7 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 9,5 % de los GEI de la región.

Figura 166. Antofagasta: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

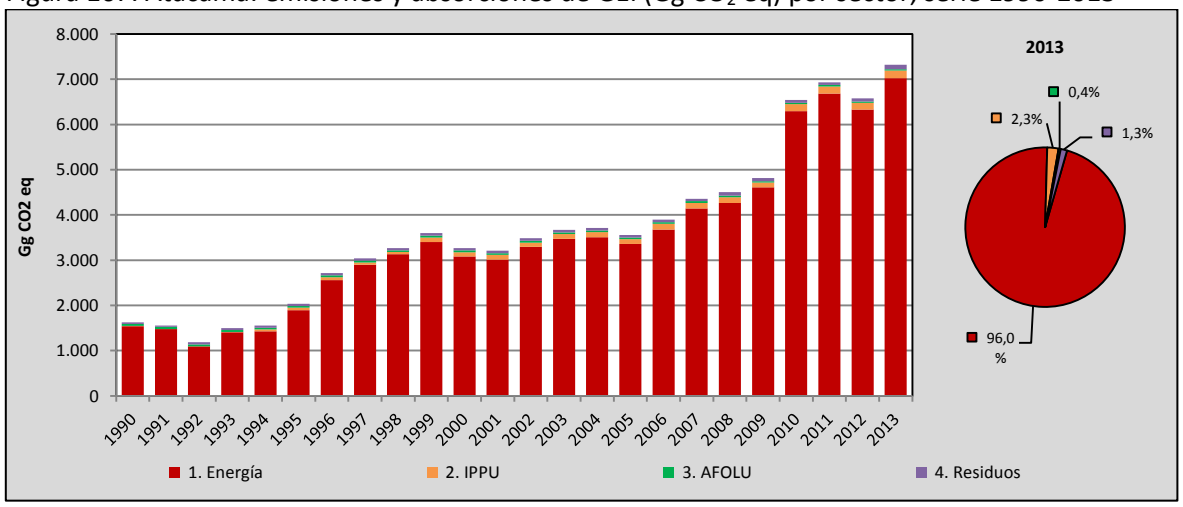


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.4. Región de Atacama

En 2013, las emisiones y absorciones de GEI de la Región de Atacama contabilizaron 7.319,7 Gg CO_2 eq, incrementándose en un considerable 350,9 % desde 1990 y en un 11,9 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 96,0 % de los GEI, seguido del sector *IPPU* (2,3 %), el sector *Residuos* (1,3 %) y por último el sector *AFOLU* (0,4 %). La tendencia general ha estado dominada por el crecimiento del sector *Energía*, observándose un alza importante el 2010 debido al aumento del consumo de carbón para la generación de electricidad (Figura 167).

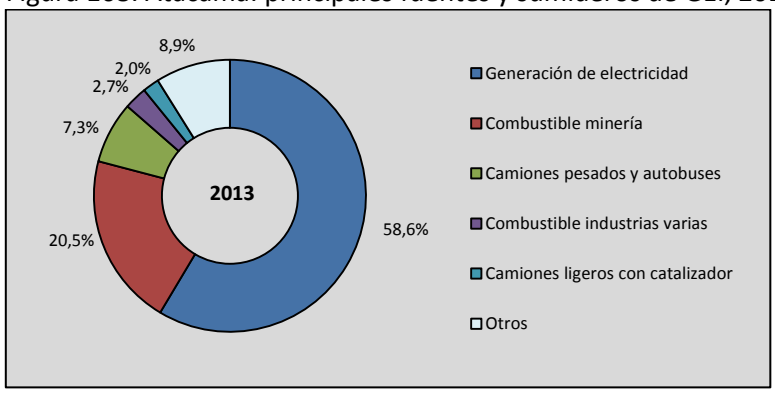
Figura 167. Atacama: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en las emisiones de GEI totales es el CO_2 (96,6 %), seguido del CH_4 (1,7 %), N_2O (1,4 %) y los Gases fluorados (0,3 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 168), las principales fueron las emisiones del consumo de combustibles fósiles en la *generación de electricidad* (58,6 %), en la *minería* (20,5 %), en *camiones pesados y autobuses* (7,3 %), en *industrias varias* (2,7 %) y en *camiones ligeros con catalizador* (2,0 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 8,9 % de los GEI de la región.

Figura 168. Atacama: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

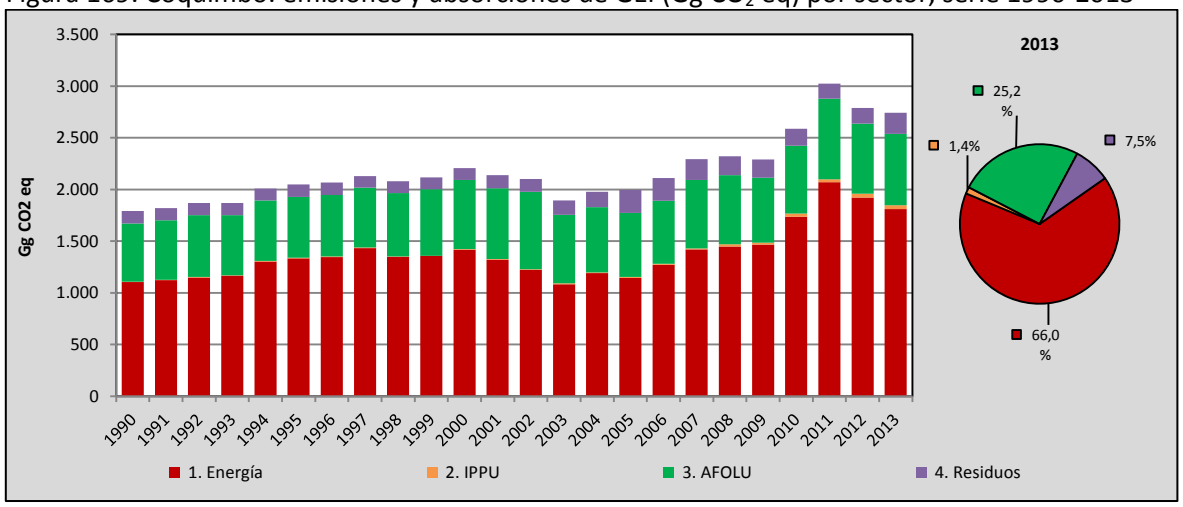


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.5. Región de Coquimbo

En 2013, las emisiones y absorciones de GEI de la Región de Coquimbo contabilizaron 2.742,1 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 53,0 % desde 1990 y en un 6,0 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 66,0 % de los GEI, seguido del sector *AFOLU* (25,2 %), el sector *Residuos* (7,5 %) y por último del sector *IPPU* (1,4 %). La tendencia general ha estado dominada por el crecimiento del sector *Energía*, observándose fluctuaciones debido a los patrones de consumo de combustibles fósiles en la minería (Figura 169).

Figura 169. Coquimbo: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013

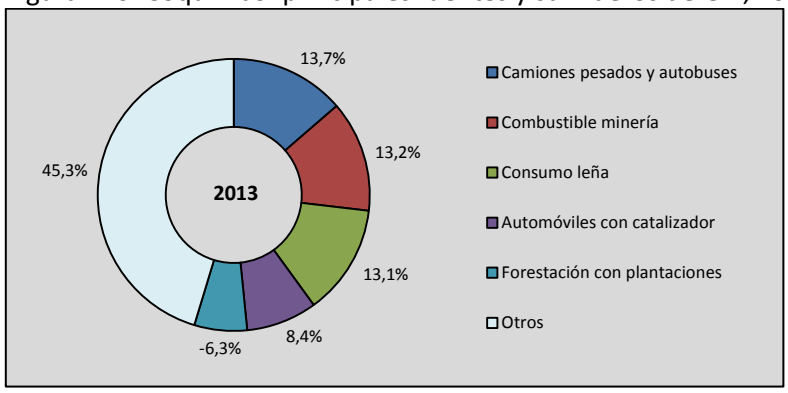


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en las emisiones de GEI totales es el CO_2 (71,3 %), seguido del N_2O (14,6 %), CH_4 (12,9 %) y los Gases fluorados (1,2 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI

individuales (Figura 170), las principales fueron las emisiones por el consumo de combustibles fósiles en *camiones pesados y autobuses* (13,7 %) y en la *minería* (13,2 %); lo sigue las emisiones por *consumo de leña* (13,1 %); *automóviles con catalizador* (8,4 %) y las absorciones de CO_2 por la *forestación con plantaciones* (6,3 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 45,3 % de los GEI de la región.

Figura 170. Coquimbo: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

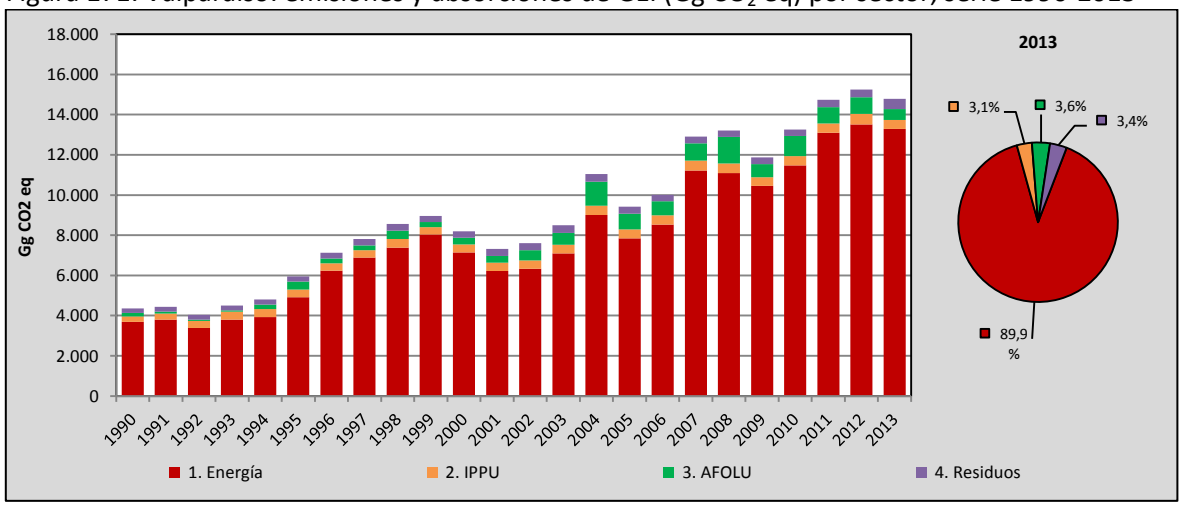


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.6. Región de Valparaíso

En 2013, las emisiones y absorciones de GEI de la Región de Valparaíso contabilizaron 14.782,4 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 239,4 % desde 1990 y en un 11,4 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 89,9 % de los GEI, seguido del sector *AFOLU* (3,6 %), el sector *Residuos* (3,4 %) y por último del sector *IPPU* (3,1 %). La tendencia general ha estado dominada por el sector *Energía*, observándose una serie de fluctuaciones debido al aumento del consumo del gas natural, para la generación de electricidad, por sobre el consumo de carbón y diésel. Posteriormente se retoma la tendencia al alza debido a la disminución de la oferta de gas natural (Figura 171).

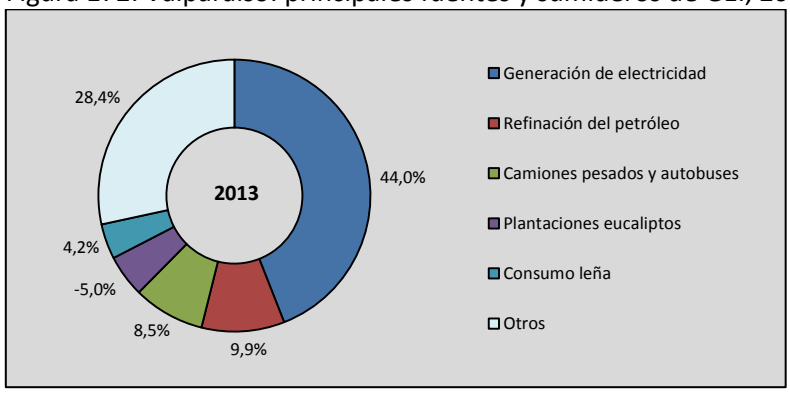
Figura 171. Valparaíso: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en las emisiones de GEI totales es el CO_2 (90,2 %), seguido del CH_4 (5,7 %), N_2O (3,4 %) y los Gases fluorados (0,7 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 172), las principales fueron las emisiones por el consumo de combustibles fósiles en la *generación de electricidad* (44,0 %), en la *refinación del petróleo* (9,9 %) y en *camiones pesados y autobuses* (8,5 %); lo sigue las absorciones de CO_2 por las *plantaciones de eucaliptos* (5,0 %) y las emisiones por *consumo de leña* (4,2 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 28,4 % de los GEI de la región.

Figura 172. Valparaíso: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

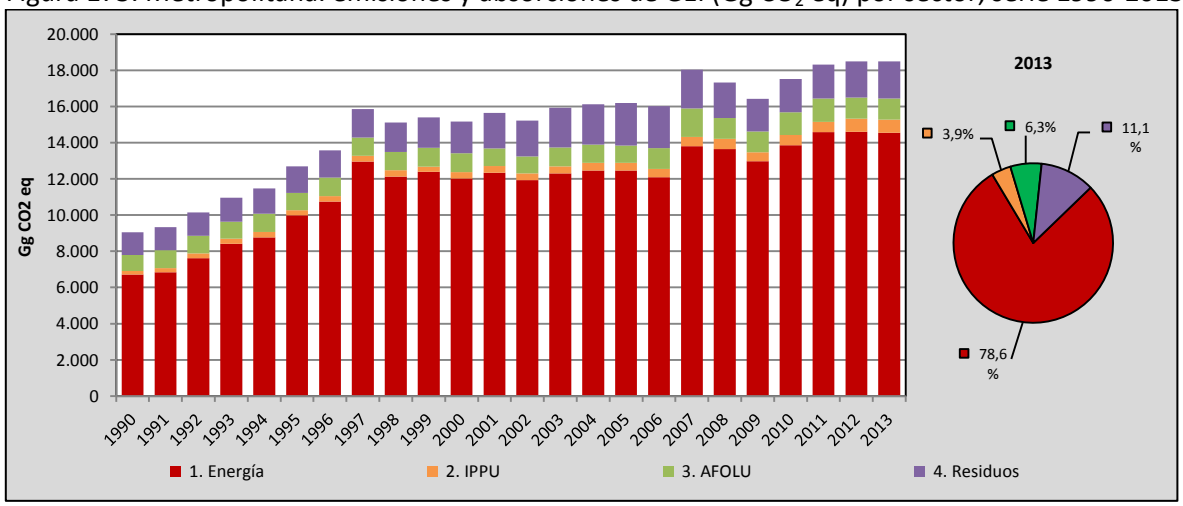


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.7. Región Metropolitana de Santiago

En 2013, las emisiones y absorciones de GEI de la Región Metropolitana de Santiago contabilizaron 18.494,3 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 104,4 % desde 1990 y en un 5,6 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 78,6 % de los GEI, seguido del sector *Residuos* (11,1 %), el sector *AFOLU* (6,3 %) y por último del sector *IPPU* (3,9 %). La tendencia general ha estado dominada por el sector *Energía*, específicamente debido al crecimiento sostenido del consumo de combustibles fósiles en el transporte terrestre (Figura 173).

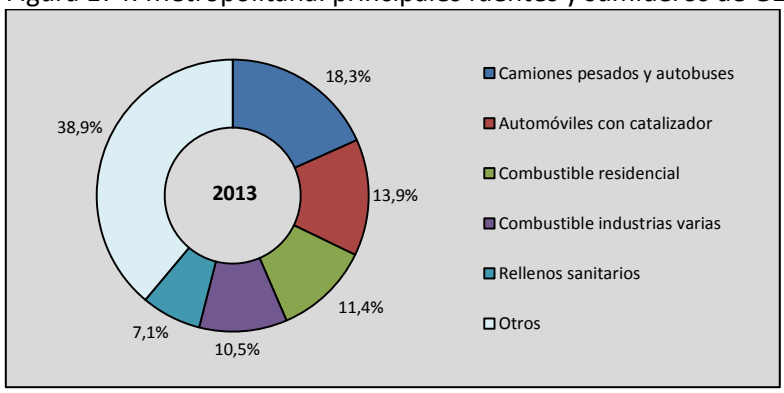
Figura 173. Metropolitana: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en las emisiones de GEI totales es el CO_2 (77,6 %), seguido del CH_4 (14,8 %), N_2O (5,4 %) y los Gases fluorados (2,3 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 174), las principales fueron las emisiones por el consumo de combustibles fósiles en *camiones pesados y autobuses* (18,3 %), en *automóviles con catalizador* (13,9 %), *residencial* (11,4 %) y en *industrias varias* (10,5 %); y las emisiones de la gestión de residuos sólidos en *rellenos sanitarios* (7,1 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 38,9 % de los GEI de la región.

Figura 174. Metropolitana: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

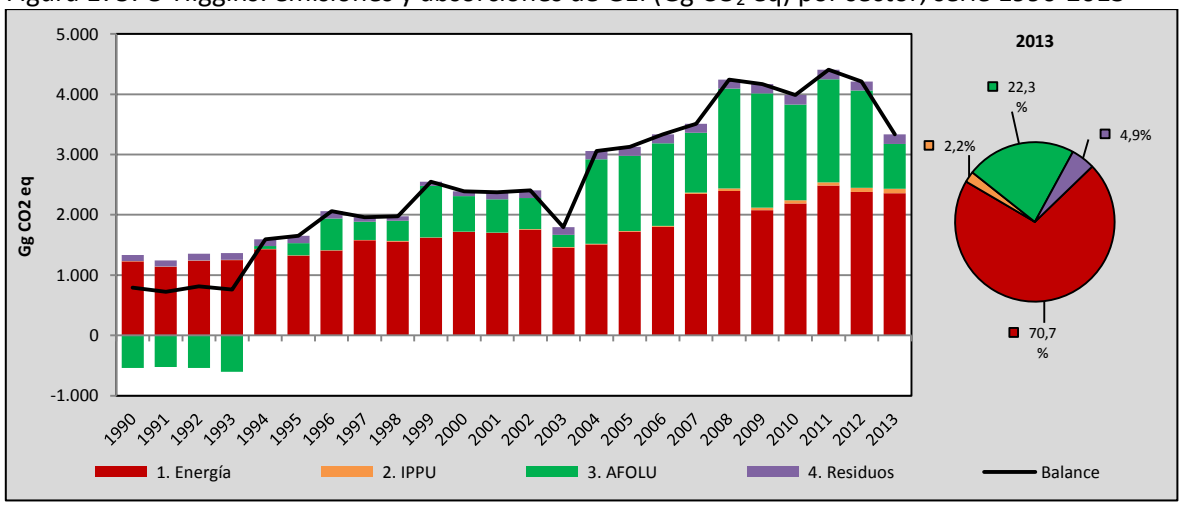


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.8. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins contabilizó 3.335,8 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 321,0 % desde 1990, pero disminuyendo en un 16,4 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 70,7 % del balance de GEI, seguido del sector *AFOLU* (22,3 %), el sector *Residuos* (4,9 %) y por último del sector *IPPU* (2,2 %). La tendencia general ha estado dominada por el sector *Energía*, específicamente por el consumo de combustible fósil del transporte terrestre. Sin embargo, los cambios en la tendencia del balance se explican por las emisiones de GEI debido a la cosecha forestal, el consumo de leña y los incendios forestales (Figura 175).

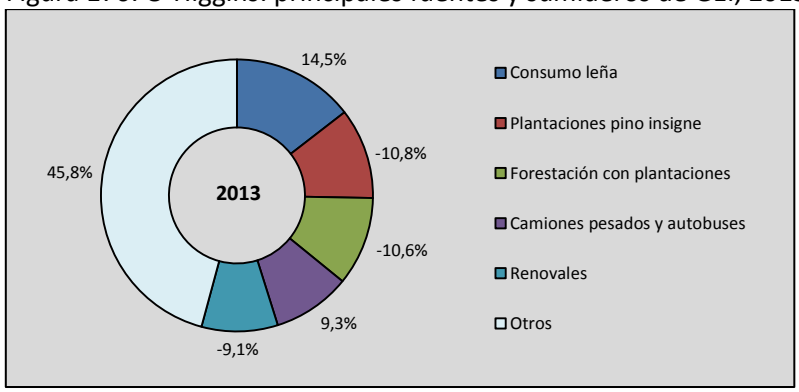
Figura 175. O´Higgins: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CO_2 (37,1 %), seguido del N_2O (30,8 %), CH_4 (30,4 %) y los Gases fluorados (1,8 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 176), las principales fueron las emisiones por el *consumo de leña* (14,5 %), las absorciones de CO_2 por las *plantaciones de pino insigne* (10,8 %) y la *reforestación con plantaciones* (10,6 %); seguido del consumo de combustibles fósiles en *camiones pesados y autobuses* (9,3 %); y las absorciones de CO_2 por los *renovales* (9,1 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 45,8 % del balance de GEI de la región.

Figura 176. O´Higgins: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

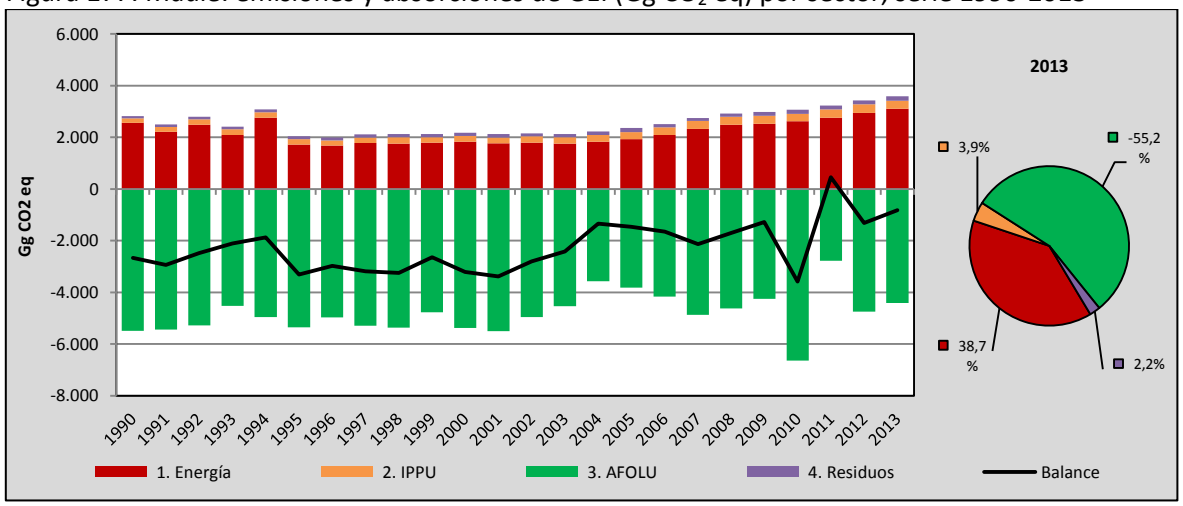


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.9. Región del Maule

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región del Maule contabilizó -826,0 Gg CO_2 eq, disminuyendo su condición de sumidero en un 69,0 % desde 1990 y en un 76,9 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *AFOLU* representó un 55,2 % del balance de GEI, seguido del sector *Energía* (38,7 %), del sector *IPPU* (3,9 %) y por último del sector *Residuos* (2,2 %). La tendencia general ha estado dominada por las variaciones del sector *AFOLU*, observándose una disminución de su condición de sumidero debido al aumento de las emisiones de GEI producto de la cosecha y los incendios forestales (Figura 177).

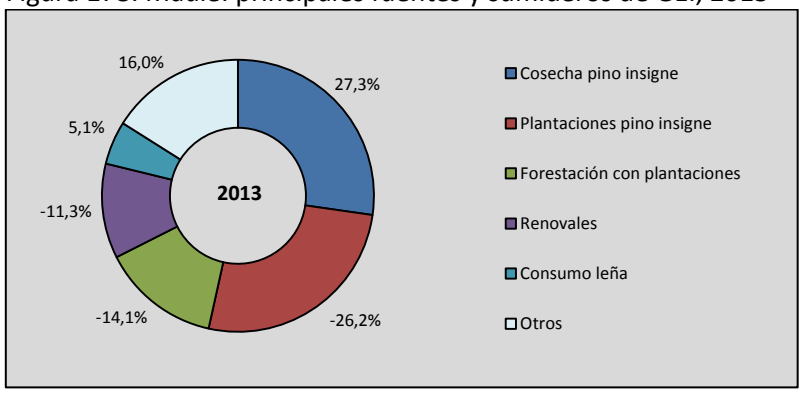
Figura 177. Maule: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CO_2 (60,8 %), seguido del N_2O (21,4 %), CH_4 (16,9 %) y los Gases fluorados (1,0 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 178), las principales fueron las emisiones por la *cosecha de pino insigne* (27,3 %); las absorciones de CO_2 por las *plantaciones de pino insigne* (26,2 %), la *forestación con plantaciones* (14,1 %) y *renovales* (11,3 %); lo sigue las emisiones del *consumo de leña* (5,1 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 16,0 % del balance de GEI de la región.

Figura 178. Maule: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

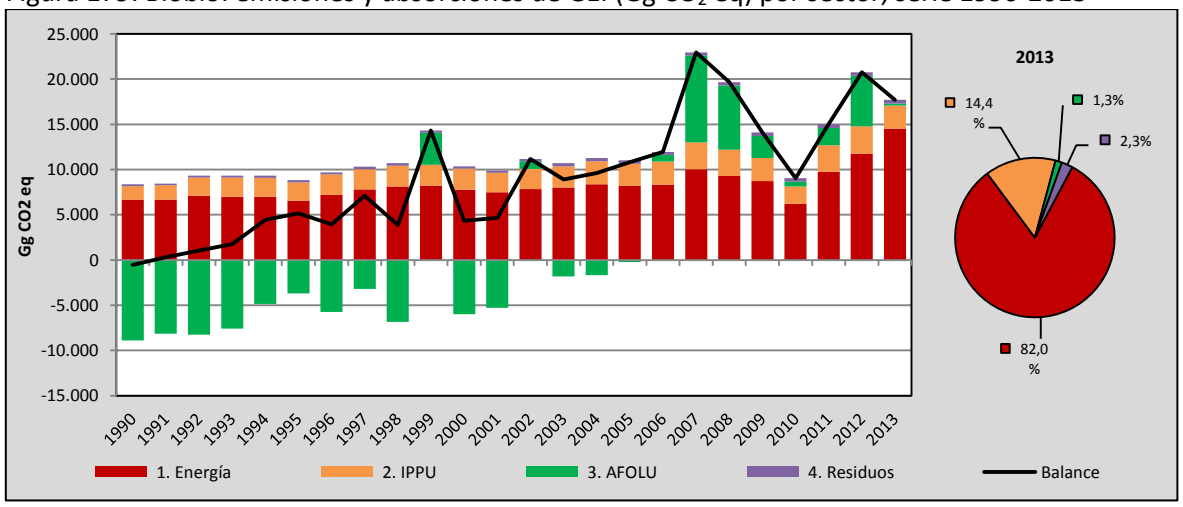


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.10. Región del Biobío

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región del Biobío contabilizó 17.708,5 Gg CO_2 eq, incrementándose en un 3.383,8 % desde 1990, y en un 95,9 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 82,0 % del balance de GEI, seguido del sector *IPPU* (14,4 %), el sector *Residuos* (2,3 %) y por último del sector *AFOLU* (1,3 %). La tendencia general ha estado dominada por el sector *Energía*, observándose un alza importante a partir del 2011 debido al consumo de combustibles fósiles en la generación de electricidad y en la industria manufacturera. Es importante mencionar la influencia del sector *AFOLU,* el cual ha pasado de ser sumidero neto a un emisor neto debido al aumento de la cosecha y los incendios forestales (Figura 179).

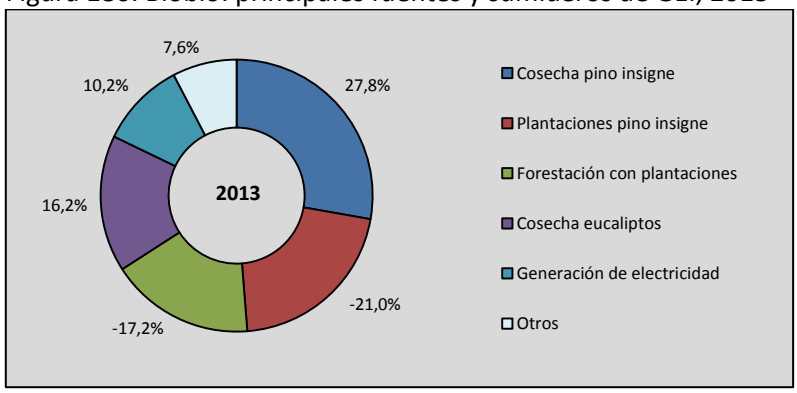
Figura 179. Biobío: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en las emisiones de GEI totales es el CO_2 (86,1 %), seguido del CH_4 y el N_2O (ambos con un 6,7 %) y los Gases fluorados (0,5 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 180), las principales fueron las emisiones por la *cosecha de pino insigne* (27,8 %), las absorciones de CO_2 por las *plantaciones de pino insigne* (21,0 %) y la *forestación con plantaciones* (17,2 %); las emisiones por la *cosecha de eucaliptos* (16,2 %) y el consumo de combustibles fósiles para la *generación de electricidad* (10,2 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 7,6 % del balance de GEI de la región.

Figura 180. Biobío: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

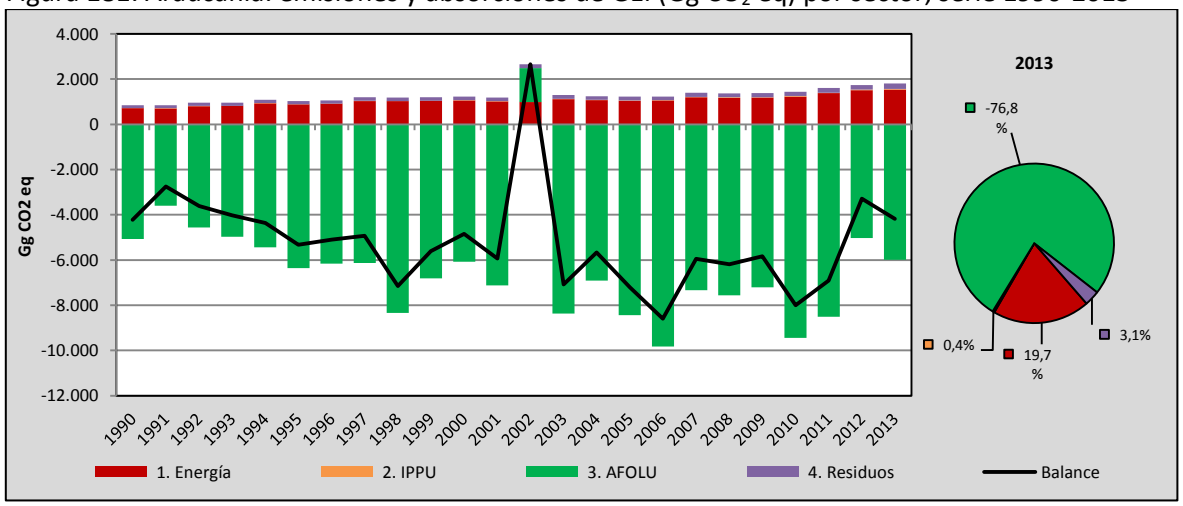


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.11. Región de la Araucanía

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región de la Araucanía contabilizó -4.183,1 Gg CO_2 eq, disminuyendo su condición de sumidero en un 0,9 % desde 1990 y en un 47,7 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *AFOLU* representó un 76,8 % del balance de GEI, seguido del sector *Energía* (19,7 %), del sector *Residuos* (3,1 %) y por último del sector *IPPU* (0,4 %). La tendencia general ha estado dominada por las absorciones del sector *AFOLU*. Las fluctuaciones del balance se explican por las emisiones de GEI producto de la cosecha y los incendios forestales. Es relevante destacar que el 2002 la región pierde su condición de sumidero neto debido a la importante superficie de bosque nativo afectada por incendios (Figura 181).

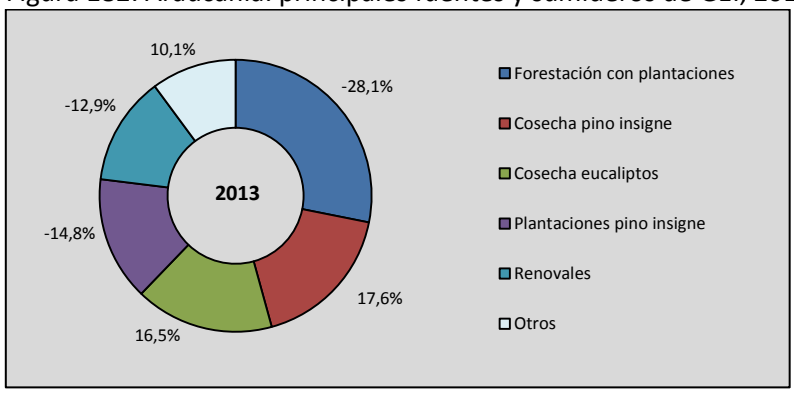
Figura 181. Araucanía: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CO_2 (73,0 %), seguido del N_2O (14,9 %), CH_4 (11,8 %) y los Gases fluorados (0,3 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 182), las principales fueron las absorciones de CO_2 por la *forestación con plantaciones* (28,1 %), las emisiones por la *cosecha de pino insigne* (17,6 %) y *eucaliptos* (16,5 %); lo sigue las absorciones de CO_2 por las *plantaciones de pino insigne* (14,8 %) y los *renovales* (12,9 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 10,1 % del balance de GEI de la región.

Figura 182. Araucanía: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

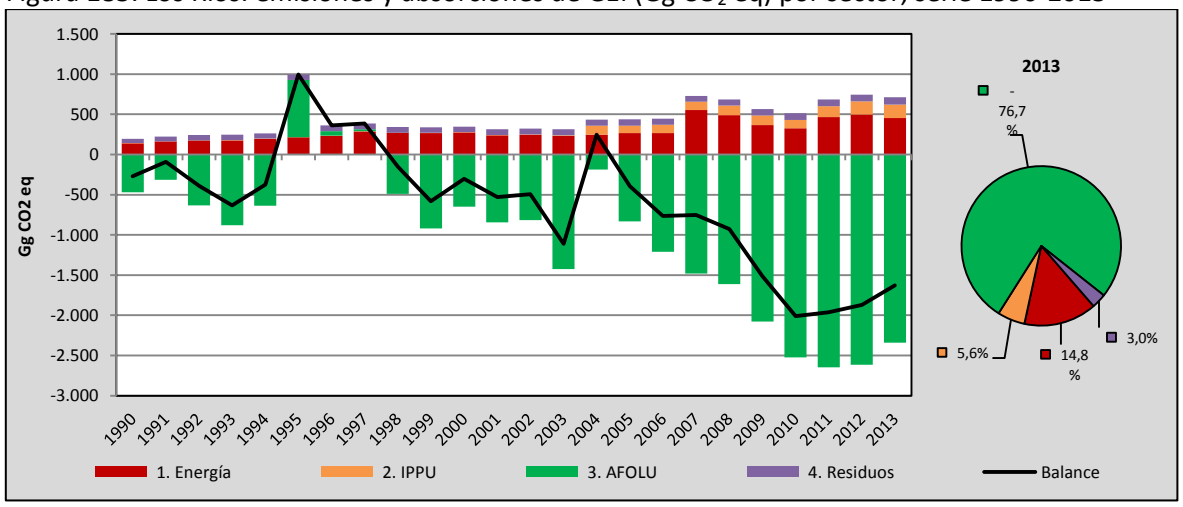


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.12. Región de Los Ríos

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región de los Ríos contabilizó -1.629,0 Gg CO_2 eq, incrementando su condición de sumidero en un considerable 497,7 % desde 1990, pero disminuyendo esta condición en un 19,0 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *AFOLU* representó un 76,7 % del balance de GEI, seguido del sector *Energía* (14,8 %), del sector *IPPU* (5,6 %) y por último del sector *Residuos* (3,0 %). La tendencia general ha estado dominada por el incremento de las absorciones del sector *AFOLU.* Se observan que la región pierde su condición de sumidero neto de GEI en los años 1995, 1996, 1997 y 2004 debido al considerable aumento de la cosecha forestal y, en menor medida, al aumento de los incendios forestales (Figura 183).

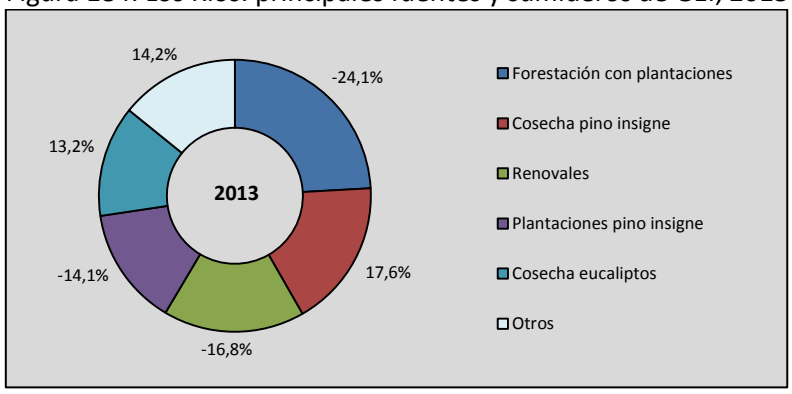
Figura 183. Los Ríos: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CO_2 (66,2 %), seguido del N_2O (17,1 %), CH_4 (16,4 %) y los Gases fluorados (0,4 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 184), las principales fueron las absorciones de CO_2 por la *forestación con plantaciones* (24,1 %), las emisiones por la *cosecha de pino insigne* (17,6 %), las absorciones de CO_2 por los *renovales* (16,8 %) y las *plantaciones de pino insigne* (14,1 %); y las emisiones por la *cosecha de eucaliptos* (13,2 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 14,2 % del balance de GEI de la región.

Figura 184. Los Ríos: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

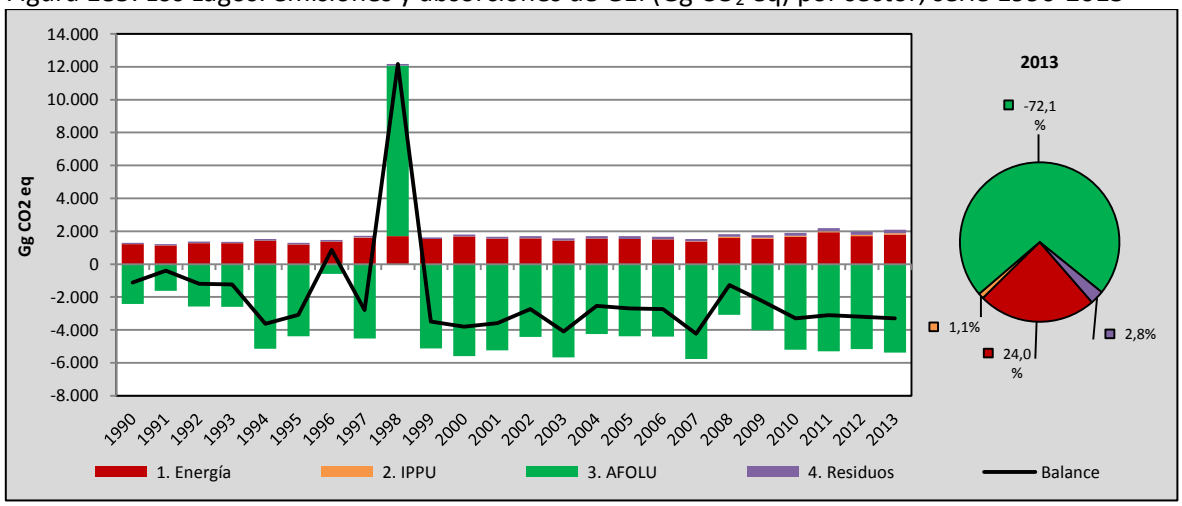


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.13. Región de Los Lagos

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región de los Lagos contabilizó -3.300,7 Gg CO_2 eq, incrementando su condición de sumidero en un considerable 193,3 % desde 1990 y en un discreto 0,03 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *AFOLU* representó un 72,1 % del balance de GEI, seguido del sector *Energía* (24,0 %), del sector *Residuos* (2,8 %) y por último del sector *IPPU* (1,1 %). La tendencia general ha estado dominada por las absorciones del sector *AFOLU*. Las fluctuaciones del balance se explican principalmente por la cosecha y los incendios forestales. Es notorio que, en 1998, y en menor nivel en 1996, la región pierde su condición de sumidero neto debido a la importante superficie de bosque nativo afectada por incendios (Figura 185).

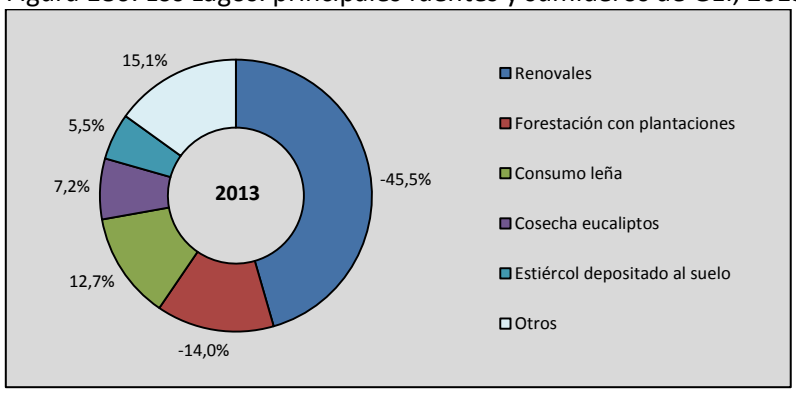
Figura 185. Los Lagos: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CO_2 (67,7 %), seguido del CH_4 (16,4 %), N_2O (15,5 %) y los Gases fluorados (0,4 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 186), las principales fueron las absorciones de CO_2 por los *renovales* (45,5 %) y la *forestación con plantaciones* (14,0 %); seguido de las emisiones por el *consumo de leña* (12,7 %) y por la *cosecha de eucaliptos* (7,2 %); lo sigue las emisiones por el *estiércol depositado directamente en los suelos* (5,5 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 15,1 % del balance de GEI de la región.

Figura 186. Los Lagos: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

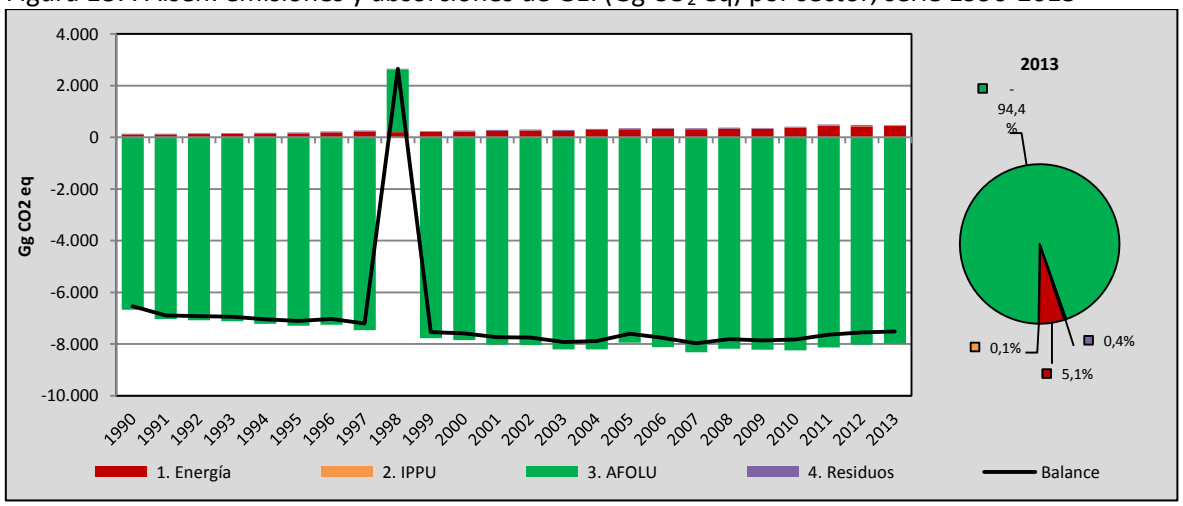


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.14. Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo contabilizó -7.513,8 Gg CO_2 eq, incrementando su condición de sumidero en un 15,0 % desde 1990, pero disminuyendo esta condición en un 4,0 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *AFOLU* representó un 94,4 % del balance de GEI, seguido del sector *Energía* (5,1 %), del sector *Residuos* (0,4 %) y por último del sector *IPPU* (0,1 %). La tendencia general ha estado dominada por las absorciones del sector *AFOLU*. Es notorio que en 1998 la región pierde su condición de sumidero neto debido a la importante superficie de bosque nativo afectada por incendios forestales (Figura 187).

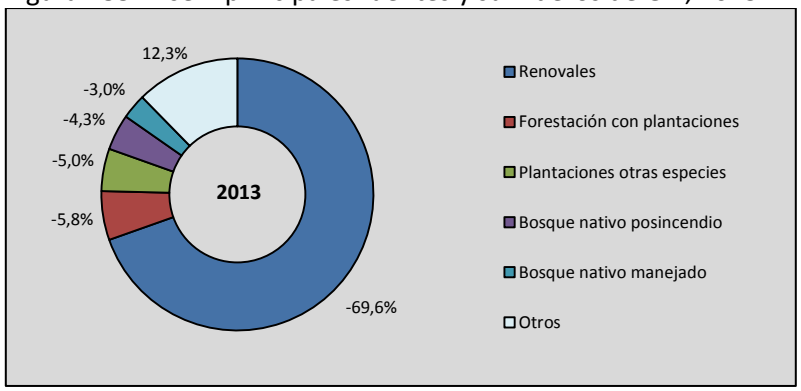
Figura 187. Aisén: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CO_2 (94,4 %), seguido del N_2O (3,0 %), CH_4 (2,6 %) y los Gases fluorados (0,1 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 188), las principales fueron las absorciones de CO_2 por los *renovales* (69,6 %), la *forestación con plantaciones* (5,8 %), las *plantaciones de otras especies* (5,0 %), el *bosque nativo posincendio* (4,3 %) y por el *bosque nativo manejado* (3,0 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 12,3 % del balance de GEI de la región.

Figura 188. Aisén: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013

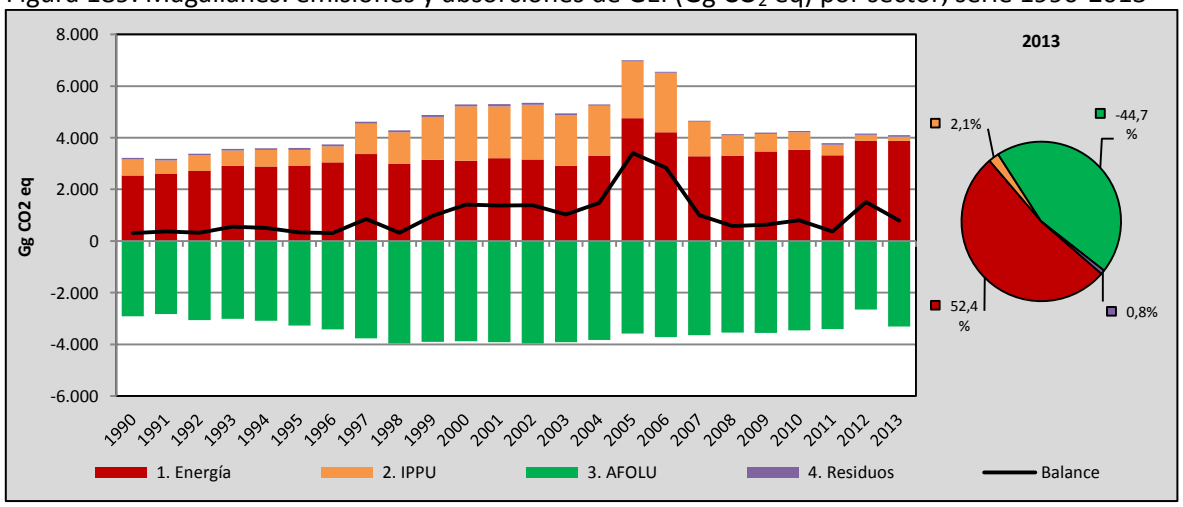


Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.2.15. Región de Magallanes y de la Antártica Chilena

En 2013, el balance de emisiones y absorciones de GEI de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena contabilizó 789,0 Gg CO_2 eq, incrementándose en un considerable 150,6 % desde 1990, pero disminuyendo en un 2,4 % desde 2010. A nivel sectorial, el sector *Energía* representó un 52,4 % del balance de GEI, seguido del sector *AFOLU* (44,7 %), del sector *IPPU* (2,1 %) y por último del sector *Residuos* (0,8 %). La tendencia general ha estado dominada por los sectores de *Energía* y *AFOLU*, pero se observa que el sector *IPPU* tuvo una influyente participación durante el período 1997 a 2007 debido al crecimiento de la producción de metanol ligada al aumento de la oferta de gas natural (Figura 189).

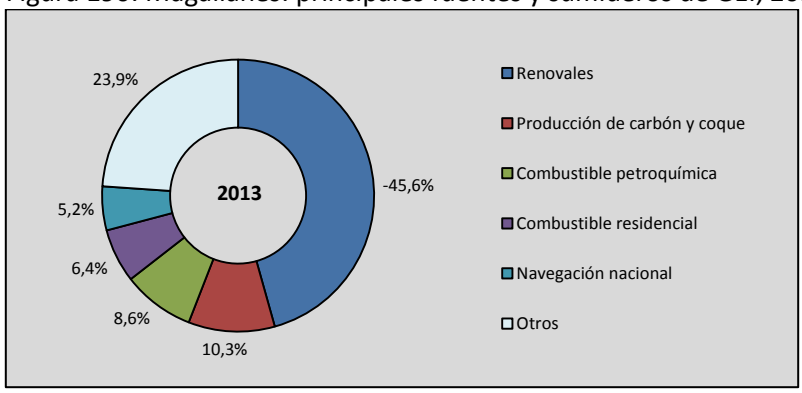
Figura 189. Magallanes: emisiones y absorciones de GEI (Gg CO_2 eq) por sector, serie 1990-2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

El gas de mayor importancia en el balance de GEI es el CH_4 (41,8 %), seguido del CO_2 (32,7 %), N_2O (25,2 %) y los Gases fluorados (0,4 %). A nivel de fuentes y sumideros de GEI individuales (Figura 190), las principales fueron las absorciones de CO_2 por los *renovales* (45,6 %); las emisiones por la *producción de carbón y coque* (10,3 %) y el consumo de combustibles fósiles en la *industria petroquímica* (8,6 %), *residencial* (6,4 %) y en la *navegación marítima nacional* (5,2 %). Las otras fuentes y sumideros representaron el 23,9 % del balance de GEI de la región.

Figura 190. Magallanes: principales fuentes y sumideros de GEI, 2013



Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

8.3. Indicadores de GEI regionales

La Tabla 370 presenta los principales indicadores de intensidad de GEI regionales. Los números en rojo indican que el valor está por sobre el promedio ponderado nacional, mientras que los números en azul indican que el valor está por debajo del promedio ponderado nacional.

Tabla 370. Intensidad de GEI: indicadores regionales per cápita y Producto Interno Bruto

REGIÓN	POBLACIÓN		PRODUCTO INTERNO BRUTO	
	Balance GEI (t CO_2 eq/persona)	GEI totales (t CO_2 eq/persona)	Balance GEI (t CO_2 eq/MMCLP)	GEI totales (t CO_2 eq/MMCLP)
Chile	**4,0**	**6,2**	**0,6**	**1,0**
Arica y Parinacota	2,9	2,9	0,9	0,9
Tarapacá	8,9	9,4	1,0	1,0
Antofagasta	31,2	31,2	1,6	1,6
Atacama	24,1	24,2	2,3	2,3
Coquimbo	3,7	3,4	0,8	0,7
Valparaíso	8,3	8,2	1,5	1,5
Metropolitana	2,6	2,5	0,3	0,3
O´Higgins	3,7	4,8	0,6	0,8
Maule	-0,8	4,6	-0,2	1,3
Biobío	8,5	9,0	2,1	2,3
Araucanía	-4,3	4,0	-1,6	1,5
Los Ríos	-4,1	5,7	-1,1	1,5
Los Lagos	-4,0	5,8	-1,0	1,5
Aisén	-70,6	8,4	-12,2	1,5
Magallanes	4,8	30,7	0,8	5,1

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en información del Instituto Nacional de Estadísticas y Banco Central de Chile

Las figuras siguientes muestran los indicadores de GEI regionales y el promedio ponderado nacional, desde la región de mayor a la menor intensidad.

Figura 191. Intensidad de GEI: balance de GEI per cápita por región, 2013

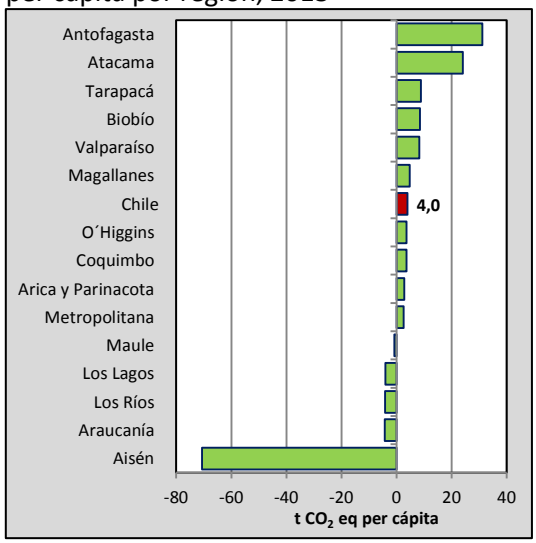
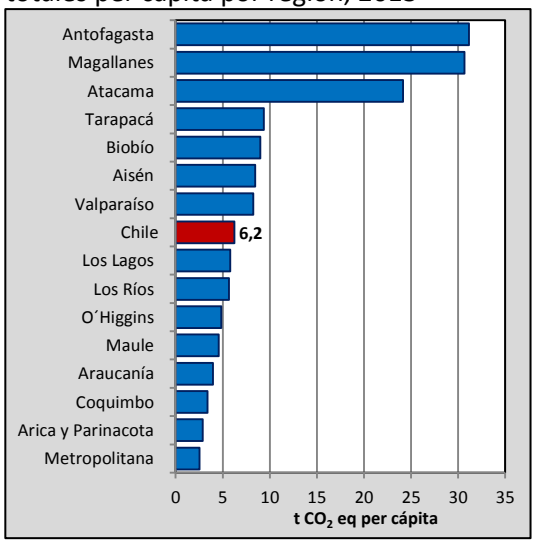


Figura 192. Intensidad de GEI: emisiones de GEI totales per cápita por región, 2013



Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en información del Instituto Nacional de Estadísticas

Figura 193. Intensidad de GEI: balance de GEI por PIB por región, 2013

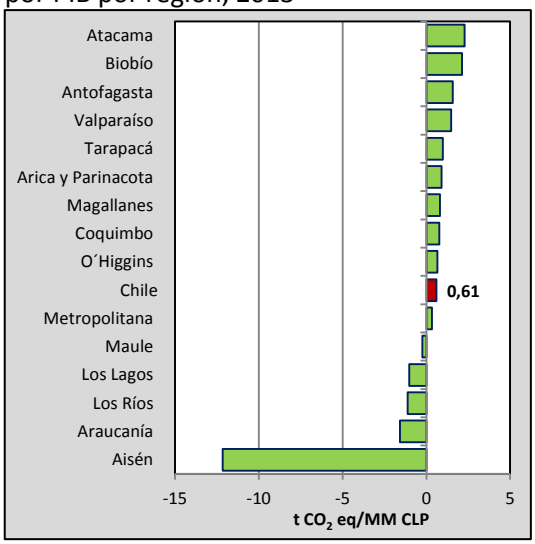
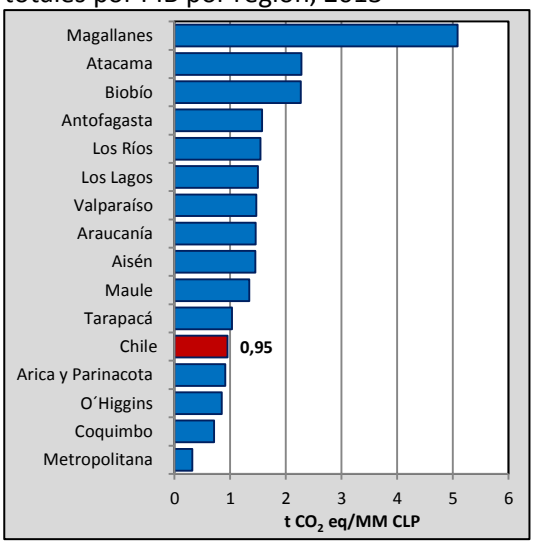


Figura 194. Intensidad de GEI: emisiones de GEI totales por PIB por región, 2013



Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en información del Banco Central de Chile

9. OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE

9.1. Introducción

En el presente capítulo se incluye información adicional referente al SNICHILE y su gestión. La información incluida concierne a necesidades, barreras y brechas de la operación del SNICHILE y la actualización del INGEI de Chile; seguimiento las necesidades identificadas en el proceso de Análisis y Consulta Internacional al que fue sometido el *Primer IBA de Chile*; apoyo nacional e internacional entregado por el SNICHILE; y la Red Latinoamericana de INGEI.

9.2. Necesidades

El SNICHILE no solamente permite la preparación y coordinación del INGEI de Chile, sino que también busca progresar de manera sistemática en aspectos técnicos como el mejoramiento continuo de la calidad de las estimaciones de GEI, la calidad de los datos utilizados, la elaboración de factores de emisión país específico de las categorías principales, el control y garantía de la calidad, desarrollo de manuales para la aplicación de temas transversales (incertidumbre, categorías principales, documentación y archivo, otros) y la creación y mantención de capacidades técnicas adecuadas.

Debido a la anterior, siempre existirán brechas, barreras y limitaciones en las áreas relacionadas con los recursos financieros, creación y mantención de capacidades y asistencia técnica, y transferencia de tecnologías que generen necesidades para el SNICHILE.

9.2.1. Necesidades identificadas por el SNICHILE

Para la identificación de las necesidades, el ET-Coordinador del SNICHILE ha realizado permanente mente, como parte de las reuniones semestrales del SNICHILE, un diagnóstico de necesidades mediante la identificación de brechas, barreras y necesidades. De esta forma, cada ET-Sectorial ha realizado este diagnóstico y lo ha puesto a disposición del SNICHILE para su gestión y priorización. Esto último es altamente necesario para poder gestionar adecuadamente, eficiente y efectivamente, los recursos financieros y humanos.

La Tabla 371 resume brevemente las necesidades referentes al ámbito del INGEI en Chile, además de presentar las brechas y barreras más relevantes identificadas.

Tabla 371. Resumen de brechas, barreras y necesidades del ámbito INGEI

Área de necesidades	Brecha	Barrera	Necesidad	Priorización
Recursos financieros	En cuanto a los profesionales, aún existe un déficit de profesionales permanentes y competentes en los equipos técnicos debido a la rotación inherente al trabajo en los organismos del Estado y a la contratación de consultores externos que se van de los equipos al terminar su prestación de servicio. Esto ocurre transversalmente en todos los equipos técnicos del SNICHILE. En cuanto a la información necesaria, aún existe importantes brechas en la información estadística, especialmente en el sector *Residuos*. Por otro lado, es prioritario avanzar en el desarrollo de factores de emisión país específico para los sectores de *Energía* y *AFOLU*, ya que ambos son los sectores más importantes dentro del INGEI de Chile.	Salvo en el MMA, la preparación del INGEI de Chile tiene poca relevancia dentro de prioridades políticas y técnicas de los ministerios participantes en el SNICHILE, lo que repercute en la falta de un presupuesto adecuado para financiar la contratación de personal permanente y financiamiento de la investigación científica necesaria para el desarrollo de factores de emisión país específico. Esto también incluye la disposición de recursos financieros para capacitación de los profesionales permanentes del SNICHILE. Además de lo anterior, se ha generado una importante barrera relacionada con la administración de los fondos internacionales provenientes del banco mundial para la elaboración del Informe Bienal de Actualización de Chile, que se ha manifestado en el atraso e imposibilidad de ejecución de los fondos destinados al INGEI de Chile, lo que ha impedido el cumplimiento de parte plan de trabajo del SNICHILE.	Aumentar el financiamiento nacional para la contratación de nuevos profesionales permanentes y competentes en los diferentes equipos técnicos del SNICHILE. Además, se requiere de un financiamiento permanente para la investigación científica y desarrollo de factores de emisión país específico, especialmente en los sectores de *Energía* y *AFOLU.* Además de lo anterior, y ante la poca factibilidad a corto plazo de la implementación de un financiamiento nacional suficiente, se requiere apoyo financiero desde fuentes externas como el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, las Partes incluidas en el anexo II de la Convención y otras Partes que son países desarrollados, el Fondo Verde para el Clima y otras instituciones multilaterales para actividades relacionadas con el cambio climático.	Muy alta (5/5)
Creación de capacidad y asistencia técnica	Aún existen brechas en las capacidades técnicas de profesionales que forman parte de los equipos técnicos del SNICHILE, especialmente en la implementación e interpretación de las *Directrices del IPCC de 2006* y el desarrollo de factores de emisión país específico. Esto es debido a una combinación de variables tales como: • Todos los profesionales del SNICHILE tienen otras responsabilidades dentro de su perfil de cargo, sumado al reducido número de profesionales, generando una sobrecarga laboral que se traduce en que cada profesional debe priorizar sus tiempos de trabajos, dejando de lado la posibilidad de capacitarse a sí mismos en materia de los INGEI, • Reducido número de expertos en materia de INGEI dentro del país, tanto en el sector público	Poca relevancia de los INGEI dentro de prioridades políticas y técnicas de los ministerios participantes en el SNICHILE, lo que repercute en la falta de perfiles de cargos para contar con profesionales que posean las cualificaciones técnicas adecuadas para elaborar los INGEI de Chile. Falta de incentivos gubernamentales para la promoción de la investigación científica en materia de INGEI, especialmente para la comunidad científica y academia. Falta de presupuesto asignado para actividades de creación de capacidades. Limitado interés, a nivel de la comunidad científica y academia, en investigación que permita el desarrollo de factores de emisión	Incrementar las capacidades técnicas de los profesionales del SNICHILE mediante cursos presenciales, cursos en línea, talleres, seminarios o intercambio de experiencias con expertos internacionales. Se requiere el apoyo técnico de las Partes incluidas en el anexo I de la Convención, de esta misma CMNUCC o de otras partes expertas, como el IPCC. Incrementar y fomentar la investigación científica en materia de desarrollo de factores de emisión país especifico, especialmente para los sectores de *Energía* y *AFOLU*. Se requiere el apoyo técnico de las Partes incluidas en el anexo I de la Convención que presentan circunstancias nacionales similares a las chilenas, entendiendo que estas Partes ya han avanzado considerablemente en la materia y que la similitud de condiciones hace viable la replicación	Alta (4/5)

Área de necesidades	Brecha	Barrera	Necesidad	Priorización
	como privado, lo que reduce las posibilidades de un intercambio frecuente de experiencias a nivel nacional.	país específico.	de los métodos de medición de GEI.	
Transferencia de tecnología	Si bien ha existido un notorio avance en cuanto a desarrollo factores de emisión país específico, aún la mayoría de las emisiones y absorciones de GEI son estimadas usando factores de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*, los cuales parecieran sobreestimar las emisiones de GEI del país.	Poca relevancia de los INGEI dentro de prioridades políticas y técnicas de los ministerios participantes en el SNICHILE, lo que repercute en la carencia de equipamiento tecnológico adecuado para desarrollar la investigación científica. Falta de incentivos gubernamentales para la promoción de la investigación científica en materia de INGEI, especialmente para la comunidad científica y academia, por lo que no hay incentivo al desarrollo o adquisición de nuevas tecnologías. Falta de presupuesto asignado para el desarrollo o adquisición de tecnologías. Burocracia y barreras procedimentales para el desarrollo o adquisición de equipos tecnológicos y softwares.	Desarrollo o adquisición de equipos (software y hardware) para el desarrollo de factores de emisión país específico, explícitamente se requiere: • Adquisición de un cromatógrafo especializado en GEI para aumentar la capacidad analítica de los centros de investigación. • Adquisición de equipo móvil de cuantificación de GEI semiautomatizado, incluyendo su habilitación y capacitación en el uso, para la medición de emisiones de N_2O desde los suelos agrícolas • Equipos para el monitoreo en terreno de bosques y otros sistemas vegetacionales. • Softwares para el procesamiento de información satelital relacionada con los seguimientos de los usos y cambios de uso de tierras. • Equipamiento para el mejoramiento de los sistemas de comunicación y redes, como GPS para la generación de datos de actividad más precisos.	Alta (4/5)

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

9.2.2. Necesidades identificadas en el proceso ICA

Durante 2015, el *Primer IBA de Chile* fue sometido al proceso de Análisis y Consulta Internacional. Dicho proceso, tiene como principal objetivo ayudar a los países no anexo I a identificar sus necesidades en la creación de capacidades. Para Chile, se entregó como resultado un reporte del análisis que fue publicado el 18 de diciembre de 2015 en la página de la CMNUCC[37]. En la sección III.D del reporte se presentan las necesidades en términos de creación de capacidades. En la Tabla 372 se aborda el estado de las necesidades referidas al INGEI, a junio de 2016

Tabla 372. Estado de las necesidades referidas al INGEI de Chile identificadas en el ICA del Primer IBA de Chile

Necesidades Identificadas en el ICA del primer IBA	Estado de la Necesidad
a) En relación al desarrollo del Inventario de GEI, Chile menciona la importancia de asegurar un número suficiente de staff técnico en el Sistema Nacional de Inventarios para incrementar la calidad de los Inventarios. Adicionalmente, se menciona la necesidad de generar factores de emisión país específico, especialmente para las categorías claves (CMNUCC, 2015)	Actualmente, se ha incrementado las capacidades técnicas de los profesionales envueltos en el SNICHILE mediante diferentes iniciativas de capacitación -como talleres, seminarios, cursos, intercambio de experiencias, etc.-, pero aún existe una brecha en cuanto a la falta profesionales permanentes envueltos en los inventarios de GEI; por lo tanto, se hace prioritario y necesario incrementar el número de profesionales, con contratos permanentes, en donde sus funciones incluyan el desarrollo de inventarios de GEI, de esta forma darle sostenibilidad en el tiempo a la preparación de los INGEI de Chile. En cuanto a las capacidades internas para el desarrollo de factores de emisión país específico, los Equipos Técnicos Sectorial han estado avanzando en la materia. En especial, el Equipo Técnico de AFOLU ha comenzado nueva investigación para determinar factores de emisión país específico para N_2O emitido directo desde los suelos agrícolas, identificados como categorías principales. Adicionalmente, este mismo equipo, sigue realizando investigación y mediciones para mejorar los parámetros usados para actividades de silvicultura y para los cambios en el uso de tierras, como contenido de carbono de la biomasa, tasas de incremento de biomasa, funciones alométricas de los bosques, etc. Por otro lado, aún no se ha podido avanzar en la determinación de factores de emisión país específico para el CO_2 generado por la quema de combustibles sólidos –principal fuente de emisión del país- debido a la falta de información. Sin embargo, ya que la incertidumbre de los factores de emisión por defecto de CO_2 de la quema de combustible fósil es baja, se ha priorizado los esfuerzos para el desarrollo de factores de emisión país especifico en el sector *AFOLU*, en donde se focaliza la incertidumbre del INGEI de Chile.
b) Chile indica que son necesarias actividades de creación de capacidades para abordar las brechas de conocimiento en el sector energía del inventario, resultado del constante cambio de los profesionales del equipo técnico involucrado. Específicamente, el staff requiere entrenamiento en cómo entender y aplicar las *Directrices del IPCC de 2006* al sector energía. (CMNUCC, 2015)	Si bien hay rotación de personal en el Equipo Técnico de Energía radicado en la División de Prospectiva y Política Energética (DPPE) del Ministerio de Energía (encargados del Balance Nacional de Energía y del ISGEI de Energía, entre otros), existen profesionales en el Equipo con las competencias técnicas necesarias para la elaboración del ISGEI de Energía. Estas competencias han sido desarrolladas durante el proceso de actualización anterior, y también por medio de capacitaciones internacionales fomentadas por el Equipo Técnico Coordinador. Además, la DPPE ha internalizado dentro de sus actividades la elaboración del ISGEI de Energía; por lo tanto, estas actividades ya están incluidas dentro del plan de trabajo 2017. Adicionalmente, la DPPE está incluyendo la elaboración del ISGEI de Energía dentro del perfil de cargo de sus profesionales, lo que significa un avance en la sostenibilidad de la elaboración del ISGEI de Energía y, por lo tanto, del INGEI de Chile.

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en conclusiones del Análisis y Consulta Internacional

9.3. Apoyo entregado

Como parte del cumplimiento de los compromisos considerados en la Contribución Nacional de Chile al Acuerdo de París, el SNICHILE ha establecido relaciones de cooperación con otros países de la región, con el propósito de compartir su experiencia en la actualización de INGEI y en el

[37] Recuperado de http://unfccc.int/resource/docs/2015/tasr/chl.pdf

establecimiento de un sistema para tales propósitos. En la Tabla 373 se listan las actividades relacionadas con el apoyo entregado por el país en materia de inventarios de GEI durante el periodo 2015-2016.

Tabla 373. Otra información relevante: apoyo entregado por el SNICHILE

Nombre iniciativa	Objetivo	Descripción	Receptor	Año	Sector	Observaciones
Information Matters	Apoyar a las instituciones de los países contraparte en el análisis de sus procesos de monitoreo y comunicación, disminuir brechas, mejora de dichos procesos conforme a los estándares internacionales y requerimientos de la CMNUCC	El proyecto presta asistencia técnica a cuatro países seleccionados: Filipinas, Ghana, República Dominicana y Chile. En consultas con las contrapartes, se identifican las necesidades y prioridades específicas de los sistemas de MRV y de monitoreo de GEI y se mejoran dichos sistemas mediante talleres y cursos elaborados a medida.	República Dominicana	2015-2016	Transversal	En el marco del programa Information Matters, se realizaron una serie de reuniones y videollamadas para apoyar tanto en el desarrollo del sistema de dicho país y otros temas técnicos
Cooperación bilateral Chile-Perú	Cooperación Chile-Perú en materia de inventarios	Apoyo técnico en aspectos metodológicos del sector *Residuos* de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*	Perú	2016	Residuos	

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA

9.4. Red Latinoamericana de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero

En línea con sus compromisos de cooperación técnica, desde 2013 el SNICHILE ha impulsado la creación de una red de cooperación Sur-Sur en materia de INGEI. En 2015 con el apoyo de Colombia, la red comenzó a ser reconocida a nivel regional y en 2016 con el apoyo financiero del GSP la Red comenzó a implementar acciones concretas de creación de capacidades. A continuación, se presenta información general para contextualizar el trabajo de la RedINGEI.

9.4.1. Introducción

Algunas de las mayores brechas que enfrentan los países de América Latina en la actualización de sus NATCOM e IBA están relacionadas con la elaboración de sus INGEI y con los desafíos en desarrollar y mantener sistemas de inventario de GEI estables en el tiempo.

En particular, los principales retos tienen que ver con la implementación de arreglos institucionales adecuados y con la creación y mantenimiento de capacidades técnicas sostenibles para poder informar y apoyar las políticas nacionales sobre el cambio climático, así como para cumplir con los requisitos internacionales de los reportes establecidos por la CMNUCC.

Para superar estas deficiencias, organizaciones líderes en el tema -bajo la coordinación inicial del Programa Global de Apoyo a CN e IBA del PNUD/PNUMA (GSP)- están interesadas en fortalecer la cooperación Sur-Sur, a través del apoyo de la formalización y el fortalecimiento de la RedINGEI, la cual fue establecida inicialmente por Chile en 2013.

Hay que tomar en cuenta que no es la primera vez que una red sobre el cambio climático se establece en la región de América Latina, otras iniciativas ya se han implementado como la LEDS LAC, Plataforma Climática Latinoamericana (LAPC), REGATTA y Red iberoamericana de oficinas de cambio climático (RIOCC), etc. A pesar de los positivos intercambios en los foros antes mencionados, hasta el momento un número limitado de discusiones técnicas e institucionales se ha realizado sobre los temas de los INGEI. Esta brecha se pretender enfrentar con el establecimiento de la RedINGEI como un espacio único de intercambio de conocimiento entre los países participantes.

9.4.2. Objetivo

Mantener una red de cooperación Sur-Sur en materia de INGEI entre países latinoamericanos de habla hispana, con el fin de facilitar el desarrollo sostenible de capacidades técnicas e institucionales a través del intercambio de experiencias y la adopción de las mejores prácticas.

La Red facilitará el intercambio de conocimiento a través de una diversa gama de herramientas y mecanismos, proveyendo apoyo técnico, entre otras cosas, en:

- Diferentes modelos de arreglos institucionales;
- Compartir estrategias de implementación para operacionalizar los componentes de los sistemas nacionales de inventario de GEI;
- Fortalecimiento y creación de capacidades en el uso de las *Directrices del IPCC de 2006*;
- Sistemas, procesos y arreglos domésticos de MRV;
- Enfrentar barreras comunes en la recolección de datos y en la implementación de sistemas de control y garantía de la calidad; y
- Realizar evaluaciones de expertos y simulacros de ejercicios.

9.4.3. Enfoque y alcance

Inicialmente, la RedINGEI funcionará principalmente para fortalecer y crear capacidades e intercambiar experiencias sobre cuestiones técnicas relacionadas con el desarrollo de los INGEI y de los sistemas nacionales que lo sustentan. Además, se fomentará la integración con otras áreas de las NATCOM y de los IBA, así como, con las Contribuciones Nacionales de los países en el marco del Acuerdo de París.

En el corto plazo (2016-2017), la Red ha comenzado su funcionamiento con un número limitado de países para luego ir ampliando su membresía cada año, de manera paralela al fortalecimiento y a la mayor apropiación de la Red de parte de los países. En 2016, se invitó a participar a Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay debido a la participación activa de estos países en la elaboración de sus NATCOM/IBA.

En el mediano plazo (2018-2020), la Red pretende llegar a ser un espacio de encuentro y colaboración para todos los países latinoamericanos de habla hispana que son Partes no incluidas en el anexo I de la CMNUCC. También se buscará integración con otros centros de formación existentes, tanto dentro como fuera de la región, para ampliar la oferta de oportunidades de formación y prácticas a los países participantes.

En el largo plazo (2021 en adelante), la Red pretende transformarse en una iniciativa independiente con presupuesto propio, mediante el aporte de donantes, y referente regional para la coordinación de los INGEI de los países participantes.

9.4.4. Organización y financiamiento

La RedINGEI cuenta con una coordinación general, que deberá rotar cada dos años entre los países miembros; desde la primera reunión de la Red (agosto 2016) se definió como coordinador general a Chile. Cada país miembro participa mediante dos puntos focales, siendo uno de los dos el coordinador del INGEI del país respectivo.

La coordinación de la Red es coadyuvada por el GSP, el cual actúa como facilitador y proporciona asistencia estratégica, técnica, logística y financiera para la realización de las actividades previstas en el plan de trabajo de la Red. Además, el GSP actúa como coordinador de los donantes, con el objetivo de facilitar la integración de las necesidades de los países con el apoyo técnico/financiero disponible, reduciendo así duplicaciones y fomentando la prestación eficiente de soporte.

Ya que la Red está liderada por los mismos países –siendo el GSP un facilitador- se invita a otros asociados y donantes a proporcionar apoyo técnico y, cuando sea posible, apoyo financiero a la Red. Esos donantes que tuvieran limitaciones para apoyar directamente la Red, podrían proporcionar apoyo a los países participantes para facilitar su participación activa en la misma.

9.4.5. Actividades realizadas en 2016

Las principales actividades realizadas durante el 2016 por la Red fueron las siguientes:

- Lanzamiento de la Red en los países participantes en la Primera Reunión de Trabajo de la Red, desarrollada en agosto 2016 en Santiago de Chile.
- Identificación de las principales barreras, necesidades de apoyo y oportunidad de cooperación técnica entre los países miembros, a través de entrevistas bilaterales con los puntos focales de cada país.
- Desarrollo de un plan de trabajo inicial de la Red para 2016-2017. El plan de trabajo incluye, entre otras cosas, áreas prioritarias para el apoyo técnico, las necesidades de revisión, Webinar y cualquier otra herramienta apropiada.
- Proporcionar acceso a por lo menos dos personas por país a los cursos virtuales en las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI*.
- Elaboración de base de datos, continuamente actualizada, de los acuerdos institucionales y de los profesionales encargados de estos temas para los países de la Red. Esta base de datos puede también funcionar como una herramienta para facilitar la actualización de la Lista de Expertos de la CMNUCC.
- Acceso de dos profesionales, por país miembros, a cursos virtuales del GHG Management Institute sobre las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI*.

Durante 2017 se espera continuar con las actividades de la Red como implementar un plan de trabajo permanente, realizar la Reunión de Trabajo de la Red e implementar un proceso de revisión cruzada de los INGEI de los países miembros.

10. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

General

CMNUCC. (2012). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 17º período de sesiones, celebrado en Durban del 28 de noviembre al 11 de diciembre de 2011.

CMNUCC. (2011). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 16º período de sesiones, celebrado en Cancún del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010.

CMNUCC. (2006). Directrices actualizadas de la Convención Marco para la presentación de informes sobre los inventarios anuales, tras la incorporación prevista en la decisión 14/CP.11.

CMNUCC. (2003). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 8º período de sesiones, celebrado en Nueva Delhi del 23 de octubre al 1 de noviembre de 2002.

CMNUCC. (2002). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 7º período de sesiones, celebrado en Marrakech del 29 de octubre al 10 de noviembre del 2001.

EPA. (2011). Desarrollando un Sistema de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, Plantillas de Ejercicio.

IPCC. (2006). Directrices IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

IPCC. (1995). IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR).

Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Inventario nacional de gases de efecto invernadero de chile, serie temporal 1990-2010. Santiago.

Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Primer informe bienal de actualización de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Santiago.

Ministerio del Medio Ambiente. (2011). Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Santiago: Maval.

NACIONES UNIDAS. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

OCDE. (2003). Current status of national inventory preparation in annex I parties and non-annex I parties.

PNUD. (2005). Managing the National Greenhouse Gas Inventory Process. Obtenido de http://www.undp.org/cc

Sector Energía

AIE. (2016). Chile: indicators 1990 - 2013. Recuperado el 2016, de http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=Chile&product=indicators

Banco mundial. (2014). Transporte aéreo, pasajeros transportados. Recuperado el 2016, de http://datos.bancomundial.org/indicador/IS.AIR.PSGR/countries/CL?display=graph

Cámara marítima y portuaria de Chile. (2015). Memoria Anual Nº 71 . Recuperado el 2016, de http://www.camport.cl/sitio/wp-content/uploads/2015/05/Memoria-2015-CAMPORT.pdf

Catamutun. (1999). Industria Nacional del Carbón. Obtenido de http://www.catamutun.com/produc/carbon/pais.html

COCHILCO. (2014). Anuario. Recuperado el 2016, de http://www.cochilco.cl/estadisticas/anuario.asp

CORBO, V., & HURTADO, A. (Noviembre de 2014). Centro de estudios públicos de Chile. Recuperado el Diciembre de 2015, de http://www.cepchile.cl/: http://www.cepchile.cl/dms/archivo_5729_3625/pder382_VCorbo_AHurtado.pdf

IEA. (2010). Electricity and Heat for 2010. Obtenido de http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=CHILE&product=electricityandheat&year=2010

LATAM Airlines Group. (2016). Historia de LAN. Recuperado el Enero de 2016, de http://www.lan.com/es_cl/sitio_personas/experiencia-lan-y-tam/historia/lan/

Ministerio de Energía. (Todos los años disponibles). Balance Nacional de Energía. Recuperado el 2015, de http://energiaabierta.cne.cl/

Ministerio de Energía. (2016). Informe del inventario sectorial de gases de efecto invernadero de Energía, serie temporal 1990-2013.

SISTEMAS SUSTENTABLES. (2010). Desarrollo de una metodología local de cálculo de emisiones búnker para gases de efecto invernadero.

Sector Procesos industriales y uso de productos

Asociación de Industriales Químicos. (2015). ASIQUIM A.G. Obtenido de http://www.asiquim.com/nwebq/guia_quimica2014-16/carta/carta.html

Banco Central de Chile, 2015. Cuentas Nacionales de Chile 2008 – 2014.

CAP Minería. (2015). Obtenido de http://capmineria.cl

COCHILCO. (2006, 2008, 2010). Mercado Nacional e Internacional del hierro y el acero. Obtenido de http://www.cochilco.cl/estudios/info-hierro.asp

COCHILCO. (2001-2012). Estadísticas del cobre y otros minerales. Recuperado el 2013, de http://www.cochilco.cl/estadisticas/anuario.asp

Instituto del Cemento y Hormigón de Chile. (s.f.). ICH. Recuperado el 2015, de http://ich.cl/?page_id=64

INE. (2010). Encuesta Nacional Industrial Anual.

Methanex. (2012). Obtenido de http://www.methanex.cl/noticias/2013/noticia0313a.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (2016). Informe del inventario sectorial de gases de efecto invernadero de Procesos industriales y uso de productos, serie temporal 1990-2013.

Perry's Chemical Engineers' Handbook; séptima edición, 1997; Perry R., Green, D.

SERNAGEOMIN. (2007-2013). Anuario de la Minería de Chile. Recuperado el 2015, de http://www.sernageomin.cl/sminera-anuario.php

Servicio Nacional de Aduanas. (s.f.). Arancel aduanero vigente. Recuperado el 2015, de http://www.aduana.cl/arancel-aduanero-vigente/aduana/2011-12-22/114144.html

SOFOFA. (s.f.). Indicadores Industriales. Recuperado el 2013, de http://web.sofofa.cl/informacion-economica/indica-dores-industriales/informacion-sectorial-de-la-industria/minerales-no-metalicos-y-metalica-basica/

U.S. Geological Survey. (1994-2013). The Mineral Industry of Chile. Recuperado el 2013, de http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/sa.html#ci

Sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Cairns, M., Brown, S., Helmer, E., & Baumgardner, G. (1997). Root biomass allocation in the worlds upland forests. Oecologia, 111, 1–11.

CONAF. (2015). Informe de Bosque Nativo Manejado. Departamento de Prospección Sectorial (DPS), Evaluación de los recursos forestales mundiales.

CONAF. (2011). Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Monitoreo de cambios y actualizaciones. Período de 1997-2011.

CONAF. (Todos los períodos disponibles). Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Monitoreo y actualización.

CONAF. (s.f.). Estadísticas histórico Incendios Forestales

CONAF - Empresas 1985-2012. Recuperado el 2013, de http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas

CONAF y CONAMA. (1999). Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe con variables ambientales.

Consorcio Lechero S.A., FIA, INIA. (2009). Praderas permanentes en las zonas lecheras de Chile.

Coomes, D., & Grubb, P. (2000). Impacts of root competition in forests and woodlands: a theoretical framework and review of experiments. Ecol. Monogr., 70, 171–207.

Davel, M., & Jovanovski, A. &. (2005). Densidad básica de la madera de pino oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. Bosque 26(3), 55-62.

FAO. (s.f.). Fertilizantes. Recuperado el 2015, de FAOSTAT Domains: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/R//S*

FAO. (s.f.). Población Vacuno. Recuperado el 2015, de FAOSTAT Domains: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/R/RF/S

FAO. (s.f.). Producción de Cultivos. Recuperado el 2013, de FAOSTAT Domains: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S

Gayoso, J., Chile, U. A., & INFOR. (2002). Proyecto FONDEF: Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Inventario de biomasa y contabilidad de carbono. Informe Técnico.

Gayoso, J., Guerra, J., & Alarcón, D. (2002). Proyecto FONDEF: Medición de la capacidad de captura de carbono en bosque de Chile y promoción en el mercado mundial. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Informe Técnico.

Gorrini, B., Poblete, H., & Hernández, G. &. (2004). Tableros de partículas y MDF de Eucalyptus nitens: Ensayos a escala industrial. Bosque 25(3), 89-97.

Hernández, G. &. (2010). Propiedades de la madera de especies forestales nativas y exóticas en Chile. Monografías Concepción, Chile: INFOR. Informe Técnico N° 178.

INE. (2007). VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal.

INFOR. (Todos los años disponibles). Anuario Forestal.

INFOR. (Todos los años disponibles). Boletín Estadístico. Estadísticas Forestales. Santiago, Chile.

INFOR. (2007). Disponibilidad de madera de Eucalyptus en Chile, 2006-2025.

INFOR. (2005). Disponibilidad de madera de las plantaciones de Pinus radiata en Chile, 2003-2032.

INFOR. (1992). Informe Técnico N°130. Evaluación del consumo de leña en Chile.

INFOR. (2011). Los Recursos Forestales en Chile. Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales. Informe final.

INFOR y CORFO. (1986). Especies forestales de interés económico para Chile.

INIA. (2010). Complementos y actualización del inventario de Gases de Efecto Invernadero para Chile en los sectores Agricultura, Uso de suelo, cambio en el uso de suelo y silvicultura, y Residuos antrópicos.

Manterola, H., & Cerda, D. &. (1999). Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes. FIA y Universidad de Chile.

Ministerio de Agricultura (2016). Informe del inventario sectorial de gases de efecto invernadero de Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, serie temporal 1990-2013.

ODEPA. (2000-2013). Catastro vitícola nacional. Recuperado el 2015, de http://icet.odepa.cl

ODEPA. (s.f.). Catastros Frutículas. Recuperado el 2015, de http://icet.odepa.cl

ODEPA. (s.f.). Estadísticas de ganado. Recuperado el 2015, de ICET, Sistema de Consulta Estadístico Territorial: http://icet.odepa.cl

ODEPA. (s.f.). Estadísticas de hortalizas. Recuperado el 2015, de http://icet.odepa.cl

ODEPA. (s.f.). Estadísticas de Vacas leche. Recuperado el 2015, de http://icet.odepa.cl/

ODEPA. (s.f.). Estadísticas de Vacunos carne. Recuperado el 2015, de http://icet.odepa.cl/

Oyhantçabal, W. (2014). Informe de la evaluación experta del inventario sectorial de gases de efecto invernadero del sector UTCUTS de Chile.

Prado, J. &. (1989). Eucalyptus. Principios de silvicultura y manejo. Santiago, Chile.

Rodríguez, J. (1994). Manual de fertilización. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile.

Taboada, M. (2014). Informe de la evaluación experta del inventario sectorial de gases de efecto invernadero del sector Agricultura de Chile.

UACH-FIA. (2012). Caracterización de materia prima combustibles sólidos de madera (CSM). Informe técnico 2.

Wylie W., A. (2011). Caracterización del balance de carbono: El caso de la fruticultura chilena de exportación y posibilidades de mitigar las emisiones de CO2. Santiago: FONDEF.

Sector Residuos

Calvo, E. (2014). Informe de la evaluación experta del inventario sectorial de gases de efecto invernadero del sector Residuos de Chile.

CMNUCC. (s.f.). Reporte de monitoreo de proyectos MDL. Recuperado el 2013, de http://cdm.unfccc.int/Projects

CONAMA. (2008). Catastro de Instalaciones Final de Residuos Sólidos Domiciliarios.

CONAMA. (2000). Catastro de Sitios de Instalaciones de Disposición Final de RSD, años 1996 y 2000.

ECOAMERICA. (2012). Segundo Catastro de Sitios de Disposición Final, Gestión y Tratamiento de Residuos Sólidos, Domiciliarios e Industriales.

Fundación Chile. (2010). Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en sistemas hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos.

INE. (s.f.). Censos de Población Históricos. Recuperado el 2013, de http://www.ine.cl/canales/usuarios/censos_digitalizados.php

Ministerio de Salud, Depto. de Nutrición y Alimentos. (2007). Disponibilidad de proteínas en Chile 1990 – 2007.

Ministerio del Medio Ambiente (2016). Informe del inventario sectorial de gases de efecto invernadero de Residuos, serie temporal 1990-2013.

Ministerio del Medio Ambiente. (2014). Ajuste del Catastro de Residuos Sólidos Municipales, Serie Temporal 1990-2012.

Ministerio del Medio Ambiente. (2012). Catastro de incineración de residuos hospitalarios, cadáveres y restos humanos.

Ministerio del Medio Ambiente. (2012). Diagnósticos regionales sitios de disposición final de residuos.

Ministerio del Medio Ambiente. (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente.

OCDE. (2012). Reporte de generación y recolección de residuos municipales 2011 y 2012.

PUCV. (2012). Grupo de Residuos Sólidos: Levantamiento y análisis de la generación y manejo de residuos orgánicos en comunas de Chile y la presentación de propuestas para su valorización.

SISS. (2013). Catastro Biogás recuperado y quemado por plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel nacional año 2012.

SISS. (2013). Catastro lodos generado por plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel nacional años 2010 y 2011.

SISS. (2013). Catastro plantas de tratamiento de RILes a nivel nacional, años 2006-2010.

SISS. (s.f.). Coberturas del sector sanitario 1990-2013. Recuperado el 2015, de http://www.siss.gob.cl/577/w3-propertyvalue- 3445.html

SISS. (s.f.). Informes de gestión del sector sanitario 1996- 2013. Recuperado el 2015, de http://www.siss.gob.cl/577/w3-propertyvalue-3443.html

SMA, 2015. Catastro plantas tratamiento de RILes a nivel nacional años 2013.

SUBDERE. (2013). Programa saneamiento sanitario, déficit saneamiento sanitario nacional.

Tchobanoglous, G., L., B. F., & David, S. H. (2003). Wastewater engineering: treatment and reuse. Boston, Estados Unidos: Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill, Boston, United States.