PRIMER INFORME BIENAL DE TRANSPARENCIA

Actualizado

República de Cuba

Documento de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2022

La Habana, 2024



Coordinadora General

Rosemary López Lee

Autorías del Documento de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2022

Resumen

Autor:

Rosemary López Lee

CAPÍTULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL

Autores:

Rosemary López Lee, Arnaldo E. Collazo Aranda, Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus, Rachel Martínez Rodríguez, Carlos Sosa Pérez, Javier Bolufé Torres y Osvaldo Cuesta Santos, Instituto de Meteorología (INSMET)

CAPÍTULO 2. TENDENCIAS EN LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Autores:

Rosemary López Lee e Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus, Instituto de Meteorología (INSMET)

CAPÍTULO 3. SECTOR ENERGÍA

Autores:

Arnaldo E. Collazo Aranda, Rachel Martínez Rodríguez, Carlos Sosa Pérez y Rosemary López Lee, Instituto de Meteorología (INSMET)

Colaboradores:

Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus[1], Tomás González Zorrilla[2], Leslie Calderón[2], Rafael Biart Hernández[3], Mayte Mazorra González[4], Mario Abo Balanza[4], Rebeca Vega Gutiérrez[5], Ibis Pupo[5], Carlos Manuel Orta[6], Ileana Saborit Izaguirre[7], Geraldo García Pierrat[7], José Ángel de la Paz[8].

1.Instituto de Meteorología (INSMET)
2.Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI)
3.Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte (CIMAB)
4.Ministerio de Energía y Minas (MINEM)
5.CACSA Corporación de la Aviación Cubana S.A
6.Grupo Empresarial Marítimo Portuario (GEMAR)

7.Dirección General de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)
8.Ministerio de Transporte (MITRANS)

CAPÍTULO 4. SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

Autores:

Javier Bolufé Torres, Instituto de Meteorología (INSMET)

Colaboradores:

Miguel Grau Fiffe[1], Rolando Pérez Ramírez[2], Mirtha Reinoso Valladares[3], Deysi Palomino Mompié[4], Ramón Domingo Manso Valdés[5], Harilyn I. Tamayo Cobas[6], Vivian Sánchez Izquierdo[7], Guillermo Legañoa Martínez[8], Tomás M. González Zorrilla[8], Laura Escalona Dot[8], Ileana Saborit Izaguirre[9]

1.Grupo Empresarial de Materiales de Construcción (GEICON), Ministerio de la Construcción (MICONS)
2. Grupo Empresarial del Cemento (GEICEM), Ministerio de la Construcción (MICONS)
3. Centro de Investigaciones de la Industria Química (CIIQ), Ministerio de Industrias (MINDUS)
4. Fábrica de Vidrios "La Lisa", Grupo Empresarial de la Industria Química (GEIQ), Ministerio de Industrias (MINDUS)
5. Grupo Empresarial de la Industria Química (GEIQ), Ministerio de Industrias (MINDUS)
6. Grupo Empresarial de la Industria Sidero Mecánica (GESIME), Ministerio de Industrias (MINDUS)
7. Política para industrias y actividades industriales, Ministerio de Industrias (MINDUS)
8. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI)
9. Dirección General de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)

CAPÍTULO 5. SECTOR AGRICULTURA

Autores:

Janet Blanco Lobaina[1], María del Carmen Guerra Rojas[2], Michel E. Martínez Valdés[3], Manuel Farrádas Campos[4], Rosemary López Lee[5] y Javier Bolufé Torres[5]

1. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF)
2. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT)
3. Instituto de Investigaciones de Granos (IIG)
4. Instituto de Suelos (IS)
5. Instituto de Meteorología (INSMET)

Colaboradores:

María Tamara Cruz Silbeto[1], Yudith Lamothe Crespo[2], Maritza de la Caridad Rodríguez González[3], Laudelina Lugo Pérez[4], Katiuska González Ramos[5], Resmy Fernández Plaksima[6], Ernesto Ramis Calzadilla[7]

1. Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP)
2. Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT)
3. Grupo Empresarial de Producción y Comercialización Porcina (GPOR)

4. Grupo Empresarial Agrícola (GAG)
5. Ministerio de la Agricultura, Dirección de Ganadería
6. Ministerio de la Agricultura, Dirección de Agricultura
7. Ministerio de la Agricultura, Dirección de Suelos y Fertilizantes

Agradecimientos:

Carlos Sosa Pérez y Ricardo Manso Jiménez, Instituto de Meteorología (INSMET)

Paulo Cornejo Guajardo, Coordinador regional de la Red CBIT-GSP de Transparencia Climática para América Latina y el Caribe Hispanohablante (UNEP-CCC)

Melani Acosta Chin y a su equipo, Sistema Sostenible de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero de Panamá

Richard Martínez Caro y a su equipo, Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile

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

Autores:

Arnaldo Álvarez Brito, Alicia Mercadet Portillo, Yolanis Rodríguez Gil, Arlety Ajete Hernández, Instituto de Investigaciones Agroforestales

Colaboradores:

Antonio Guzmán Torres[1], Georgina Díaz Quintero[1], Juan Antonio Herrero Echevarría[1], Bárbara Tamara Peña Palma[2], Janet Blanco Lobaina[3]

1. Ministerio de la Agricultura, Dirección del Servicio Estatal Forestal
2. Grupo Empresarial Agroforestal
3. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF)

CAPÍTULO 7. SECTOR DESECHOS

Autores:

Rosemary López Lee e Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus, Instituto de Meteorología

Colaboradores:

Wilfredo Guillermo Legañoa Martínez[1], Manuel David Blanco Hernández[2], Taimy Acevedo Soler[3], Yanisleidys Ávila Girón[4], Ramón Domingo Manso Valdés[5], Mario Abo Balanza[6], Laura Escalona Dot[7], Ileana Saborit Izaguirre[8], Odalys Goicochea Cardoso[8]

1. Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI)
2. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH)
3. Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL)
4. OSDE Agroalimentaria

5. Grupo Empresarial de la Industria Química (GEIQ)
6. Unión Cuba Petróleo, Ministerio de Energía y Minas (CUPET)
7. Oficina de Regulación y Seguridad Ambiental (ORSA)
8. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Dirección General de Medio Ambiente (CITMA)

CAPÍTULO 10. RECÁLCULOS Y MEJORAS AL INGEI

Autores:

Rosemary López Lee, Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus, Arnaldo E. Collazo Aranda y Rachel Martínez Rodríguez, Instituto de Meteorología

Janet Blanco Lobaina, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF) y Arnaldo Álvarez Brito, Instituto de Investigaciones Agroforestales

ACRÓNIMOS 20

RESUMEN 27

1.Información general sobre inventarios de GEI y el cambio climático 27

2.Resumen de tendencias relacionadas con las emisiones y absorciones nacionales . 27

3.Panorama general de las estimaciones y tendencias de las emisiones de las categorías de fuentes y sumideros 29

4.Información sobre otros gases 31

5.Análisis de categorías principales 31

6.Mejoras introducidas 34

CAPÍTULO 1: CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL 35

1.1. Información general sobre inventarios de GEI y el cambio climático 35

1.1.1. Cambio climático 35

1.1.2. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Acuerdo de París 36

1.1.3. Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero 37

1.2. Circunstancias nacionales y arreglos institucionales 38

1.2.1. Entidad nacional 39

1.2.2. Proceso de preparación de inventario 44

1.2.3. Sistema de archivo de la información 47

1.2.4. Proceso para la revisión y aprobación oficial del inventario 48

1.3. Descripción general de las metodologías, métodos y fuentes de información utilizadas 49

1.3.1. Metodología y métodos 49

1.3.2. Fuentes de Información 57

1.4. Análisis de categorías principales 58

1.4.1. Resultados del análisis de categorías principales 58

1.4.2. Resumen del análisis de categorías principales 64

1.5 Descripción general del plan de procedimiento de control y garantía de la calidad (QA/QC) y su implementación 66

1.6. Evaluación general de la incertidumbre 75

1.7. Evaluación general de la exhaustividad 76

1.7.1. Información sobre la exhaustividad 76
1.7.2. Descripción de las categorías insignificantes 81
1.8. Sistemas de medición 82
1.9. Resumen de cualquier flexibilidad aplicada 82
CAPÍTULO 2: TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CUBA 83
2.1 Descripción de las emisiones y absorciones de GEI para el año 2022 83
2.2. Descripción de las tendencias de emisiones y absorciones por sector 90
2.3. Descripción de las tendencias de emisiones y absorciones por gases 92
CAPITULO 3: SECTOR ENERGÍA (CRT 1) 96
3.1 Panorama general 96
3.1.1 Descripción general del sector 96
3.1.2 Emisiones generales del sector y tendencia de las emisiones 97
3.1.3. Tendencia del consumo de energéticos en el país 100
3.1.4 Aspectos metodológicos generales del sector 102
3.1.5 Datos de actividad del sector 104
3.1.5.1 Balance Energético Nacional 105
3.1.6 Factores de emisión 105
3.2 Actividades de quema de combustibles (1.A) 106
3.2.1 Descripción de la categoría 106
3.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría 106
3.2.2.1 Método sectorial 106
3.2.2.2 Método de referencia 107
3.2.2.2.1 Elección del método 108
3.2.2.2.2 Datos de actividad 108
3.2.2.2.3 Comparación entre el Método de referencia y el Método sectorial 108
3.2.2.2.4 Combustible del transporte internacional 109
3.2.3 Industrias de la energía (1.A.1) 111
3.2.3.1 Descripción de la subcategoría 111
3.2.3.2 Tendencia de las emisiones de GEI 111
3.2.3.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 113
3.2.3.4 Datos de actividad 113
3.2.3.5 Factores de emisión 113
3.2.3.6 Incertidumbre 113

3.2.3.7 Consistencia de la serie temporal 114
3.2.4 Generación de electricidad (1.A.1.a.i) 114
3.2.4.1 Descripción de la subcategoría 114
3.2.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI 114
3.2.4.3 Datos de actividad 116
3.2.4.4 Factores de emisión 116
3.2.5 Refinación de petróleo (1.A.1.b) 116
3.2.5.1 Descripción de la subcategoría 116
3.2.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI 116
3.2.6 Fabricación de combustibles sólidos (1.A.1.c), (1.A.1.c.i.a) producción de carbón vegetal 118
3.2.6.1 Descripción de la subcategoría 118
3.2.6.2 Tendencia de las emisiones de GEI 118
3.2.6.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 119
3.2.6.3.1 Datos de actividad 120
3.2.6.3.2 Factores de emisión 120
3.2.7 Industrias manufactureras y de la construcción (1.A.2.) 120
3.2.7.1 Descripción de la subcategoría 120
3.2.7.2 Tendencia de las emisiones de GEI 121
3.2.7.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 122
3.2.7.3.1 Datos de actividad 122
3.2.7.3.2 Factores de emisión 122
3.2.7.4 Incertidumbre 123
3.2.7.5 Consistencia de la serie temporal 124
3.2.8. Transporte 124
3.2.8.1 Descripción de la subcategoría 124
3.2.8.2 Tendencia de las emisiones 126
3.2.8.3 Aspectos metodológicos de la categoría 126
3.2.8.3.1 Datos de actividad 127
3.2.8.3.2 Factores de emisión 127
3.2.8.4 Incertidumbre 127
3.2.9 Aviación Civil (1.A.3.a) 128
3.2.9.1 Descripción de la subcategoría 128
3.2.9.2 Tendencia de las emisiones de GEI 128

3.2.9.3 Aspectos metodológicos 129
3.2.9.3.1 Datos de actividad 129
3.2.9.3.2 Factores de emisión 130
3.2.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal 131
3.2.9.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada 131
3.2.9.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación 132
3.2.9.7 Plan de mejoramiento 132
3.2.10 Transporte terrestre (1.A.3.b) 133
3.2.10.1 Descripción de la subcategoría 133
3.2.10.2 Tendencia de las emisiones de GEI 133
3.2.10.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 135
3.2.10.3.1 Datos de actividad 135
3.2.10.3.2 Factores de emisión 136
3.2.10.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal 136
3.2.10.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada 137
3.2.10.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación 137
3.2.10.7 Plan de mejoramiento 138
3.2.11 Ferrocarriles (1.A.3.c) 138
3.2.11.1 Descripción de la subcategoría 138
3.2.11.2 Tendencia de las emisiones de GEI 139
3.2.11.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 140
3.2.11.3.1 Datos de actividad 140
3.2.11.3.2 Factores de emisión 141
3.2.11.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal 141
3.2.11.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada 142
3.2.11.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación 142
3.2.12 Navegación marítima y fluvial (1.A.3.d) 143
3.2.12.1 Descripción de la subcategoría 143
3.2.12.2 Tendencia de las emisiones de GEI 144
3.2.12.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 145
3.2.12.3.1 Datos de actividad 145
3.2.12.3.2 Factores de emisión 146
3.2.13 Transporte Todoterreno (1.A.3.e.ii) 148

3.2.13.1 Descripción de la subcategoría 148
3.2.13.2 Tendencia de las emisiones de GEI 148
3.2.13.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 150
3.2.13.3.1 Datos de actividad 150
3.2.13.3.2 Factores de emisión 151
3.2.13.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal 151
3.2.13.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada 152
3.2.13.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación 152
3.2.13.7 Plan de mejoramiento 153
3.2.14 Otros sectores (1.A.4) 153
3.2.14.1 Descripción de la subcategoría 153
3.2.14.2 Tendencia de las emisiones de GEI 153
3.2.14.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 155
3.2.14.3.1 Datos de actividad 156
3.2.14.3.2 Factores de emisión 156
3.2.14.4 Incertidumbre 156
3.2.14.5 Consistencia de la serie temporal 157
3.3 Emisiones fugitivas (1.B.2 Petróleo y gas natural) 157
3.3.1 Descripción de la categoría 157
3.3.1.2 Tendencia de las emisiones de GEI 158
3.3.1.3 Aspectos metodológicos de la categoría 160
3.3.1.4 Datos de actividad 160
3.3.1.5 Factores de emisión 160
3.3.1.6 Evaluación de la incertidumbre 161
3.3.1.7 Consistencia de la serie temporal 161
CAPÍTULO 4: SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU), (CRT 2) 162
*4.1. Panorama general del sector ..... **¡Error! Marcador no definido.***
*4.1.1 Descripción del sector ..... **¡Error! Marcador no definido.***
*4.1.2 Tendencia de las emisiones de GEI del sector ..... **¡Error! Marcador no definido.***
*4.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector ..... **¡Error! Marcador no definido.***
*4.1.4 Principales avances realizados respecto al Primer Informe Bienal de Actualización Serie 1990-2016 ..... **¡Error! Marcador no definido.***
*4.2. Industria de los minerales (2.A.) ..... **¡Error! Marcador no definido.***

4.2.1 Descripción de la categoría ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2.3 Aspectos metodológicos generales ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2.4. Producción de cemento (2. A.1.) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2.4.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.4.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.4.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.4.5 Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.4.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación**¡Error! Marcador no definido.**

4.2.4.7 Recálculos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.4.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5. Producción de cal (2. A.2.) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2.5.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5.4. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5.5. Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5.7 Recálculos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.5.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6. Producción de vidrio (2.A.3) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2.6.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6.4. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6.5. Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6.7 Recálculos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.6.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7. Otros usos de carbonatos en los procesos (2.A.4) ***¡Error! Marcador no definido.***

4.2.7.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7.4. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7.5. Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7.7 Recálculos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.2.7.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3. Industria Química (2.B.) **.....** ¡Error! Marcador no definido.

*4.3.1 Descripción de la categoría ..... **¡Error! Marcador no definido.***

*4.3.2 Tendencia de las emisiones de GEI ..... **¡Error! Marcador no definido.***

*4.3.3 Aspectos metodológicos generales ..... **¡Error! Marcador no definido.***

*4.3.4. Producción de amoníaco (2. B.1.) ..... **¡Error! Marcador no definido.***

4.3.4.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4.5 Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación**¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4.7 Recálculos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.4.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

*4.3.5. Producción de ácido nítrico (2.B.2.)..... **¡Error! Marcador no definido.***

4.3.5.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.5.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.5.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.5.5 Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.5.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación**¡Error! Marcador no definido.**

4.3.5.7 Recálculos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.5.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

*4.3.6. Producción de carburo (2.B.5.)..... **¡Error! Marcador no definido.***

4.3.6.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.6.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.6.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.6.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.6.5 Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.6.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación**¡Error! Marcador no definido.**

4.3.6.7 Recálculos..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.6.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4. Industria de los metales (2.C.) **.....** ¡Error! Marcador no definido.

4.4.1 Descripción de la categoría ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.4.2. Producción de Hierro y Acero (2.C.1.) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.4.2.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4.2.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4.2.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4.2.5 Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4.2.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación**¡Error! Marcador no definido.**

4.4.2.7 Recálculos..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4.2.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.5. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes (2.D.) **.....** ¡Error! Marcador no definido.

4.5.1 Descripción de la categoría ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.5.2. Uso de lubricantes (2.D.1.) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***

4.5.2.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.5.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.5.2.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.5.2.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.5.2.5 Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.5.2.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación**¡Error! Marcador no definido.**

4.5.2.7 Recálculos..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.5.2.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.6. Manufactura y utilización de otros productos (2.G.) ..... ¡Error! Marcador no definido.
4.6.1 Descripción de la categoría ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
4.6.2. N_2O del uso de productos (2.G.3.) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
4.6.2.1 Descripción de la subcategoría..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.6.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.6.2.3 Aspectos metodológicos ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.6.2.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.6.2.5 Incertidumbre ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.6.2.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación**¡Error! Marcador no definido.**
4.6.2.7 Recálculos..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.6.2.8 Plan de mejoramiento..... **¡Error! Marcador no definido.**
CAPÍTULO 5: SECTOR AGRICULTURA (CRT 3) **235**
5.1. Panorama del sector. *235*
5.1.1. Descripción general del sector. 235
5.1.2. Emisiones generales del sector. *236*
5.1.3 Aspectos metodológicos del sector. *240*
5.2. Fermentación entérica (3.A.) *241*
5.2.1. Descripción de la categoría *241*
5.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI. *242*
5.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría. *245*
5.2.3.1. Datos de actividad de la categoría. *246*
5.2.4 Ganado vacuno (3.A.1.). *248*
5.2.4.1 Descripción de la subcategoría. 248
5.2.4.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría. 250
5.2.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos 251
5.2.4.3.2. Factores de emisión. 260
5.2.5. Ovinos (3.A.2.). *261*
5.2.5.1. Descripción de la subcategoría. 261
5.2.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 261
5.2.5.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría. 262
5.2.5.3.1 Datos de actividad de la subcategoría. 262
5.2.5.3.2 Factores de emisión. 262
5.2.6. Porcinos (3.A.3.). *263*

5.2.6.1. Descripción de la subcategoría..... 263
5.2.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 263
5.2.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría. 264
5.2.6.3.1. Datos de actividad de la subcategoría. 265
5.2.6.3.2 Factores de emisión. 266
5.2.7 Otras especies (3.A.4.)..... 266
5.2.7.1 Descripción de la subcategoría..... 266
5.2.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 267
5.2.7.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría. 268
5.2.7.3.1. Datos de actividad de la subcategoría. 268
5.2.7.3.2. Factores de emisión. 269
5.2.8. Incertidumbre. 269
5.2.9. Consistencia de la serie temporal..... 270
5.2.10. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación..... 270
5.2.10.1 Control de la calidad..... 270
5.2.10.2 Garantía de la calidad. 270
5.2.10.3 Verificación..... 271
5.2.11. Recálculos..... 271
5.2.12. Plan de mejoramiento..... 272
5.3. Gestión del Estiércol (3.B.)..... 272
5.3.1. Descripción de la categoría. 272
5.3.2 Tendencia de las emisiones de GEI..... 273
5.3.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría. 275
5.3.3.1. Datos de actividad de la categoría. 280
5.3.3.2. Factores de emisión. 284
5.3.4 Ganado bovino (3.B.1.). 284
5.3.4.1 Descripción de la subcategoría..... 284
5.3.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI. 284
5.3.4.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría. 285
5.3.4.3.1 Datos de actividad estadísticos y paramétricos..... 285
5.3.4.3.2. Factores de emisión..... 286
5.3.5. Ovinos (3.B.2.)..... 287
5.3.5.1. Descripción de la subcategoría..... 287

5.3.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 288
5.3.5.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría. 288
5.3.5.3.1 Datos de actividad de la subcategoría. 289
5.3.5.3.2 Factores de emisión. 289
5.3.6. Porcinos (3.B.3.). 289
5.3.6.1. Descripción de la subcategoría. 289
5.3.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 290
5.3.6.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría. 291
5.3.6.3.1. Datos de actividad de la subcategoría. 292
5.3.6.3.2. Factores de emisión. 292
5.3.7. Otras especies (3.A.4.). 292
5.3.7.1. Descripción de la subcategoría. 292
5.3.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI 292
5.3.7.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría. 294
5.3.7.3.1 Datos de actividad de la subcategoría. 295
5.3.7.3.2. Factores de emisión. 296
5.3.8. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol (3.B.5.). . 297
5.3.8.1. Descripción de la subcategoría. 297
5.3.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 297
5.3.8.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría. 298
5.3.8.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos. 298
5.3.8.3.2. Factores de emisión. 299
5.3.9. Incertidumbre. 299
5.3.10. Consistencia de la serie temporal. 300
5.3.11. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación. 300
5.3.11.1. Control de la calidad. 300
5.3.11.2. Garantía de la calidad. 301
5.3.11.3. Verificación. 301
5.3.12. Recálculos 301
5.3.13. Plan de mejoramiento 302
5.4. Cultivo del arroz (3.C) 302
5.4.1. Descripción de la categoría. 302
5.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI 303

5.4.3. Aspectos metodológicos. 304
5.4.3.1. Datos de actividad de la categoría. 307
5.4.3.2. Factores de emisión. 308
5.4.4. Incertidumbre. 309
5.4.5. Consistencia de la serie temporal. 309
5.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación. 309
5.4.6.1 Control de la calidad. 309
5.4.6.2 Garantía de la calidad. 310
5.4.6.3 Verificación. 310
5.4.7. Recálculos. 310
5.4.8. Plan de mejoramiento. 311
5.5. Suelos agrícolas (3.D.) 311
5.5.1. Descripción de la categoría. 311
5.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 312
5.5.3. Aspectos metodológicos de la categoría. 314
5.5.4 Emisiones directas de N2O de suelos agrícolas (3.D.1.) 315
5.5.4.1 Descripción de la subcategoría 315
5.5.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI 315
5.5.4.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría 317
5.5.4.3.1 Datos de actividad y paramétricos de la categoría. 319
5.5.4.3.2 Factores de emisión. 325
5.5.5 Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas (3.D.2) 325
5.5.5.1 Descripción de la subcategoría 325
5.5.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI 325
5.5.5.3 Aspectos metodológicos de la categoría. 327
5.5.5.3.1 Datos de actividad estadísticos y paramétricos 329
5.5.5.3.2 Factores de emisión 329
5.5.4. Incertidumbre 329
5.5.5. Consistencia de la serie temporal. 330
5.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación. 330
5.5.6.1 Control de la calidad. 330
5.5.6.2 Garantía de la calidad. 330
5.5.6.3 Verificación. 330

5.5.7. Recálculos. 331
5.5.8. Plan de mejoramiento. 332
5.6. Quemas prescritas de sábanas (3.E.) 332
5.7. Quemas de residuos agrícolas (3.F.) 332
5.8. Encalado (3.G.) 332
5.8.1. Descripción de la categoría. 332
5.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 332
5.8.3. Aspectos metodológicos de la categoría. 334
5.8.3.1. Datos de actividad de la categoría. 335
5.8.3.2. Factores de emisión. 335
5.8.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal. 336
5.8.5. Consistencia de la serie temporal. 336
5.8.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación. 336
5.8.6.1. Control de la calidad. 336
5.8.6.2. Garantía de la calidad. 337
5.8.6.3. Verificación. 337
5.8.7. Recálculos 337
5.8.8. Plan de mejoramiento. 337
5.9. Aplicación de urea (3.H.) 337
5.9.1. Descripción de la categoría. 337
5.9.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 337
5.9.3 Aspectos metodológicos de la categoría. 339
5.9.3.1. Datos de actividad de la categoría 340
5.9.3.2. Factores de emisión. 341
5.9.4. Incertidumbre. 341
5.9.5. Consistencia de la serie temporal. 341
5.9.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación. 341
5.9.6.1. Control de la calidad. 341
5.9.6.2. Garantía de la calidad. 342
5.9.6.3. Verificación. 342
5.9.7. Recálculos. 342
5.9.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras. 342
5.9.8. Plan de mejoramiento. 342

5.10. Otros fertilizantes que contienen carbono (3.I.) *342*
5.11. Otros (3.J.) *342*
CAPÍTULO 6: SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (CRT 4) **343**
6.1. Panorama del sector. *343*
6.1.1. Descripción general del sector. 343
6.2. Tierras Forestales (4.A). *344*
6.2.1. Descripción de la categoría. 344
6.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI. 345
6.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría. 353
6.2.3.1. Datos de actividad de la categoría. 355
5.4.3.2. Factores de emisión. 362
5.4.4. Incertidumbre 363
5.4.5. Consistencia de la serie temporal. 364
5.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación. 364
5.4.6.1 Control de la calidad. 364
5.4.6.2 Garantía de la calidad. 365
5.4.6.3 Verificación. 365
5.4.7. Recálculos. 365
5.4.8. Plan de mejoramiento. 365
CAPÍTULO 7: SECTOR DESECHOS (CRT 5) **366**
7.1. Panorama del sector *366*
7.1.1. Descripción general del sector 366
7.1.2. Emisiones generales del sector y tendencia de las emisiones 366
7.1.3. Aspectos metodológicos del sector 368
7.2. Disposición en tierra de desechos sólidos (5.A) *369*
7.2.1. Descripción de la categoría 369
7.2.2. Aspectos metodológicos 372
7.2.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada 376
7.2.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal 377
7.2.5. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación 377
7.2.6. Recálculos 378
7.2.7. Plan de mejoramiento 378
7.3. Tratamiento biológico de desechos sólidos (5.B) *379*

7.3.1. Descripción de la categoría 379
7.3.2. Aspectos metodológicos 381
7.4. Incineración e Incineración abierta de desechos (5.C) 384
7.4.1. Descripción de la categoría 384
7.4.2. Incineración de desechos (5.C.1) 387
7.4.3. Incineración abierta de desechos (5.C.2) 391
7.5. Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D) 396
7.5.1. Descripción de la categoría 396
7.5.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (5.D.1) 398
7.5.3. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (5.D.2) 409
CAPÍTULO 8: OTROS SECTORES 419
CAPÍTULO 9: EMISIONES INDIRECTAS DE CO_2 Y N_2O 420
CAPÍTULO 10: RECÁLCULOS Y MEJORAS 421
10.1. Explicaciones y justificaciones de nuevos cálculos 421
10.2. Implicaciones para los niveles y tendencias de emisiones y absorciones 421
10.2.1. Nuevos cálculos del sector IPPU (CRT 2) 422
10.2.2 Nuevos cálculos del sector Agricultura (CRT3) 424
10.2.3 Nuevos cálculos del sector UTCUTS (CRT 4) 426
10.2.4. Nuevos cálculos del sector Desechos (CRT 5) 427
10.3. Áreas de mejora y/o creación de capacidades 429
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 451
ANEXOS 454
Anexo 1. Análisis de categorías principales 454
*Anexo 2. Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres ..... **¡Error! Marcador no definido.***
Anexo 3. Método de referencia: Consumo aparente 489
Anexo 4. Estado de aplicación de los hallazgos y recomendaciones para asegurar el control y la garantía de la calidad del inventario 490
Anexo 5. Sector IPPU. Producción de clinker y por ciento de CaO en el clinker por fábrica en Cuba. Serie 1990-2022 501
ANEXO 6. Descripción detallada de las metodologías e información adicional 504
ANEXO 6.1. Sector UTCUTS 504

ACRÓNIMOS

AEC- Anuario Estadístico de Cuba

AFOLU- Agricultura, forestales y otros usos de la tierra, siglas en inglés

AGR- Aduana General de la República

AIE- Agencia Internacional de Energía

AZCUBA- Grupo Azucarero

BCEF- Expansión de biomasa

BEN- Balance Energético Nacional

BNE- Balance Neto de Emisiones

BOD- *Demanda Bioquímica de Oxígeno,* siglas en inglés

C- Confidencial

CACSA- Corporación de la Aviación Cubana S.A

CECM- Consejo de Ministros del Consejo de Estado

CEINPET- Centro de Investigación del Petróleo

CENCOP- Centro Nacional de Control Pecuario

CGB- Cuerpo de Guardabosques

CH_4- Metano

CIBT-GSP- Iniciativa de Fomento de la Capacidad para la Transparencia y Programa de Apoyo Global, siglas en inglés

CIIQ- Centro de Investigaciones de la Industria Química

CKD- *Cement Kiln Dust*, siglas en inglés

CIMAB- Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (MITRANS)

CIMAGT- Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal en la Ganadería Tropical

CITMA- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

CMA- Conferencia de las Partes que actúa como reunión de las Partes del Acuerdo de París, siglas en inglés

CMNUCC- Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático

CND- Contribuciones Nacionalmente Determinadas

CO- Monóxido de carbono

CO_2- Dióxido de carbono

CO_2-eq- Dióxido de carbono equivalente

COD- Demanda Química de Oxígeno*,* siglas en inglés

COP- Conferencia de las Partes

COVDM- Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano

CRT- Tablas comunes de reporte, siglas en inglés

CUBAENERGIA- Centro de Gestión y Desarrollo de la Energía

CUBALUB- Empresa Cubana de Lubricantes

CUPET- Unión Cuba Petróleo

D- Valor por defecto para los factores de emisión

DCTIMA- Dirección de Ciencia, Técnica, Innovación y Medio Ambiente

DIN- Documento del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero

Dir. Agricultura- Dirección General de Agricultura

Dir. Forestal- Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestre

Dir. Ganadería- Dirección General de Ganadería

Dir. Suelos- Dirección de Suelos y Fertilizantes

DMA - Dirección de Medio Ambiente

DOC- *Carbono Orgánico Degradable,* siglas en inglés

DSEF- Dirección del Servicio Estatal Forestal

DSI- Desechos sólidos industriales

DSM- Desechos sólidos municipales

EE. UU- Estados Unidos de América

EEPFIH- Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey

EN- Entidades Nacionales

ENERGAS- Empresa Mixta Unión Cuba-petróleo, Unión Eléctrica y la Minera energética canadiense *Sherritt* Internacional

ETGEI- Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero

FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FE- Factor de Emisión

FOD- *First Order Decae,* siglas en inglés

FRE- Fuentes Renovables de Energía

GAF- Grupo Empresarial Agroforestal

GAG- Grupo Empresarial Agrícola

GECEM- Grupo Empresarial del Cemento

GEF- Fondo para el Medio Ambiente Mundial, siglas en inglés

GEFF- Grupo Empresarial de Flora y Fauna

GEGAN- Grupo Empresarial Ganadero GEI Gas de Efecto Invernadero

GEI- Gases de efecto invernadero

GEICON- Grupo Empresarial de Materiales de Construcción

GEIQ- Grupo Empresarial de la Industria Química

GEMAR- Grupo Empresarial Marítimo Portuario

GESIME- Grupo Empresarial de la Industria Sidero Mecánica

Gg- Giga gramos (Unidad de masa igual a 1,000,000,000.0 gramos)

GNCC- Grupo Nacional de Cambio Climático

GPOR- Grupo Empresarial de Producción y Comercialización Porcina

GW- Giga Watt (Unidad de potencia igual a 1,000,000,000.0 Watt)

GWh- Giga Watt hora (Unidad de energía igual a 1,000,000,000.0 Wh)

GWP- Potencial de Calentamiento Global

Ha- Hectárea

HFC- Hidrofluorocarbonos

IACC- Instituto de la Aeronáutica Civil de Cuba

IBA - Informe Bienal de Actualización

IBT- Informe Bienal de Transparencia

ICA- Instituto de Ciencia Animal

ICAT- Iniciativa para la Transparencia en la Acción Climática

IE- Incluido en otra parte

IE2 o AR2 - Segundo Informe de Evaluación del IPCC

IE5 o AR5- Quinto Informe de Evaluación del IPCC

IE6 o AR6- Sexto Informe de Evaluación del IPCC

IIG- Instituto de Investigaciones de Granos

IIP- Instituto de Investigaciones Porcinas

IIPF- Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes

IGT- Instituto de Geografía Tropical

INAF- Instituto de Investigaciones Agroforestales

INDC- Contribución Nacionalmente Prevista y Determinada

INGEI- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Cuba

INRH- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos

INSMET- Instituto de Meteorología

IPCC- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, siglas en inglés

IPPU- Procesos industriales y uso de productos (sector), siglas en inglés

ISuelos- Instituto de Suelos

km- kilómetro

kt- kilotonelada

kt_CO_2eq- Kilo tonelada de dióxido de carbono equivalente

ktcc- Miles de toneladas de combustible convencional

MCF- *Methane correction factor,* siglas en inglés

MEP- Ministerio de Economía y Planificación

MICONS- Ministerio de la Construcción

MINAG- Ministerio de la Agricultura

MINAL- Ministerio de la Industria Alimentaria

MINDUS- Ministerio de Industrias

MINEM- Ministerio de Energía y Minas

MITRANS- Ministerio del Transporte

MPD- Modalidades, procedimientos y directrices

MRV- Medición, Reporte y Verificación

Mt CO_2-eq- Megatoneladas o millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente

Mtcc- Millones de toneladas de combustible convencional

MTR- Marco de Transparencia Reforzado

MW- Mega Watt

MWh- Mega Watt hora

NH_3 Amoníaco

N_2O- Óxido nitroso

NA- No aplica

NE- No estimado

NIR- *National Inventory Report,* siglas en inglés

NO- No ocurre

NO_x- Óxidos de nitrógeno

OACE- Organismos de la Administración Central del Estado

ODS- Objetivos de Desarrollo Sostenible

OECD- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

OLADE- Organización Latinoamericana de la Energía

OMM- Organización Meteorológica Mundial

ONEI- Oficina Nacional de Estadística e Información

ONU- Organización de Naciones Unidas

ONURE- Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía

ORSA- Oficina de Regulación y Seguridad Ambiental

OSDE- Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial

OTOZ- Oficina Técnica del Ozono

PAEC- Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba

PATPA- Partnership on Transparency in the Paris Agreement, siglas en inglés

PCG o GWP- Potenciales de Calentamiento Global

PFC- Perfluorocarbonos

PIB- Producto Interno Bruto

PNDES 2030- Plan Nacional de Desarrollo al 2030

PNUD- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

QA/QC- Garantía de Calidad / Control de Calidad, siglas en inglés

SDDS- sitios de disposición de desechos sólidos

SEN- Sistema Nacional de Información y Estadística

SF_6 - Hexafluoruro de azufre

SGE- Sistema de gestión de estiércol

SGC- Sistema de gestión de calidad

SIEC- Sistema Estadístico Complementario de la Agricultura

SO_2- Dióxido de azufre

t- Tonelada métrica

T1- Método de Nivel 1

T2- Método de Nivel 2

T2a- Método de Nivel 2 a

TIER- Nivel metodológico

TOW- Total de materia orgánica, siglas en inglés

UFC- Unión de Ferrocarriles de Cuba

UH- Universidad de La Habana

UNE- Unión Eléctrica

USD- Dólares Estadounidenses

UTCUTS- Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (sector)

W- Watt (Unidad de potencia)

WBG- *World Bank Group,* siglas en inglés

Wh- Watt hora (Unidad de energía)

RESUMEN

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

En este capítulo se presenta sólo un resumen del Primer Documento del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero (DIN) de la República de Cuba, elaborado en correspondencia con el marco de transparencia reforzado del Acuerdo de París. El DIN se presenta como anexo a este informe formando parte integrante del Primer Informe Bienal de Transparencia de la República de Cuba.

El presente inventario nacional de gases de efecto invernadero para la serie 1990-2022 constituye el Cuarto Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Cuba presentado ante la CMNUCC. Abarca todo el territorio nacional e incluye las emisiones y absorciones de tres GEI: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O). Las estimaciones se realizaron siguiendo las *Directrices del IPCC 2006* y los principios de: transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud.

El reporte fue elaborado teniendo en consideración las modalidades, procedimientos y directrices (MPG) establecidos en la Decisión 18/CMA.1 adoptada en la COP de Katowice y la Decisión 5/CMA.3 adoptada en la COP de Glasgow.

Las emisiones y absorciones han sido expresadas en términos de CO_2 equivalente (CO_2-eq) en función de los potenciales de calentamiento atmosférico del Quinto Informe de evaluación del IPCC (AR5). Las cuales se agrupan en cinco grandes sectores: Energía; Procesos industriales y uso de productos (IPPU, *por sus siglas en inglés*); Agricultura; Uso de la tierra, Cambios en el uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) y Desechos.

2. Resumen de tendencias relacionadas con las emisiones y absorciones nacionales

En general, se observó a inicios de la década de 1990 un descenso notable de las emisiones de GEI debido a la crisis económica experimentada por el país en ese período. En los últimos años de la serie se muestra también una tendencia a la disminución. Debido a los efectos de las medidas sanitarias tomadas durante la pandemia COVID-19 y el recrudecimiento de las medidas del bloqueo financiero y económico impuesto por el gobierno de los Estados Unidos, que afecta todas las actividades económicas en el país.

El CO_2 se ha mantenido como el principal gas emitido en toda la serie excluyendo UTCUTS, en orden de importancia le siguen el CH_4 y el N_2O. En el último año 2022 se apreció un descenso en las emisiones de CO_2 de -19.48% respecto al año base 1990 y de -14.43% respecto al 2016, último año del inventario anterior reportado ante la CMNUCC (Figura 1.1).

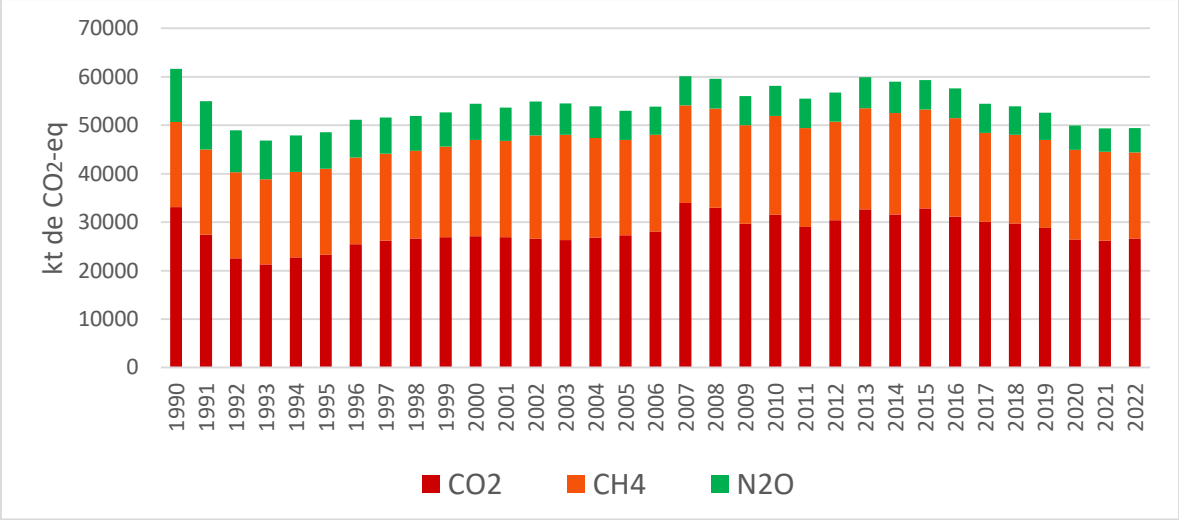


Figura 1.1 Emisiones brutas de GEI (kt de CO_2-eq) (excluye UTCUTS). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Cuando se incluye las remociones de CO_2 por la subcategoría *Tierras forestales que permanecen como tales*; el gas más emitido para toda la serie es el CH_4 exceptuando el año 1990, en el que las emisiones de CO_2 fueron superiores. El N_2O mantiene valores similares a lo largo de la serie (Figura 1.2). El balance de CO_2 muestra un descenso de -105.34% desde 1990 y un -124.65% respecto al 2016. El CH_4 aumentó en 0.94% desde 1990 y disminuyó en -12.55% respecto al 2016 mientras que el N_2O disminuyó en -54.40% desde 1990 y en -19.04% respecto al 2016.

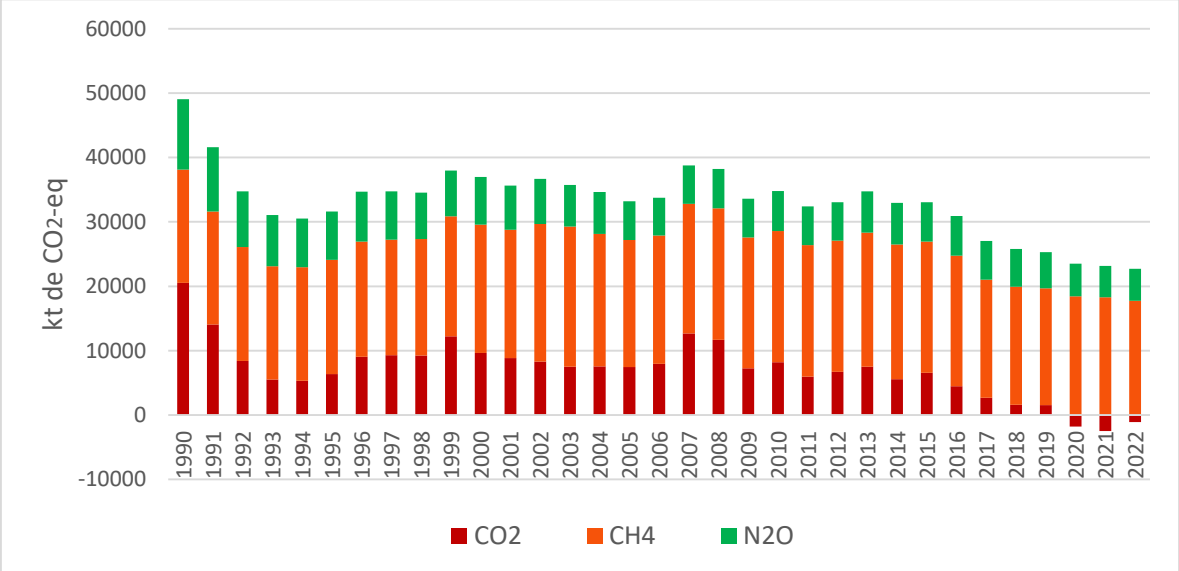


Figura 1.2. Emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) (incluye UTCUTS). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En la tabla 1.1, destaca que el balance de CO_2 fue negativo en los tres últimos años del INGEI. Las remociones de CO_2 por los bosques superaron las emisiones de este GEI, debido fundamentalmente a la disminución del consumo de combustibles fósiles en el país.

En el período 1990-2022 con relación a los sectores, el principal emisor de CO_2 es Energía; mientras que para el CH_4 los principales aportes provienen del sector Agricultura, seguido por los sectores Desechos y Energía. La mayor parte de las emisiones de N_2O ocurren en el sector Agricultura.

Tabla 1.1. Emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq). Serie 1990-2022

INGEI 2022	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CO_2 (Incluye UTCUTS)	20544.97	9625.71	8179.82	4453.25	2658.82	1592.01	1543.03	-1785.73	-2485.91	-1097.68
CO_2 (Excluye UTCUTS)	33121.45	27075.03	31526.31	31166.90	30083.35	29727.50	28839.25	26455.46	26212.88	26668.38
CH_4	17567.29	19936.55	20408.73	20278.22	18342.06	18314.03	18158.03	18463.55	18307.53	17732.38
N_2O	10955.35	7408.74	6207.45	6170.07	6051.65	5886.62	5572.73	5041.06	4836.04	4995.33
Emisiones netas (incluye UTCUTS)	**49067.61**	**36970.99**	**34796.00**	**30901.54**	**27052.53**	**25792.65**	**25273.79**	**21718.88**	**20657.67**	**21630.03**
Emisiones brutas (excluye UTCUTS)	**61644.09**	**54420.32**	**58142.49**	**57615.20**	**54477.06**	**53928.14**	**52570.01**	**49960.07**	**49356.46**	**49396.09**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

3. Panorama general de las estimaciones y tendencias de las emisiones de las categorías de fuentes y sumideros

La tendencia del balance de emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por sectores (incluye UTCUTS) para la serie temporal 1990-2022 se muestra en la Figura 1.3. En el 2022, las absorciones aumentaron un +120.78% respecto a las estimadas para el año 1990 y un +3.94% respecto al 2016, último año del INGEI presentado a la CMNUCC. Este importante incremento con respecto a 1990 se debe, fundamentalmente, al aumento en las áreas forestales del país desde inicios del período analizado.

El balance de GEI tuvo un incremento ligero durante los años del 2007 y 2008 debido a un convenio de colaboración (CUVENPETROL) con la República Bolivariana de Venezuela con el objetivo de refinar grandes cantidades de carburantes en la refinería de Cienfuegos, que incrementó las emisiones de GEI en el sector energía.

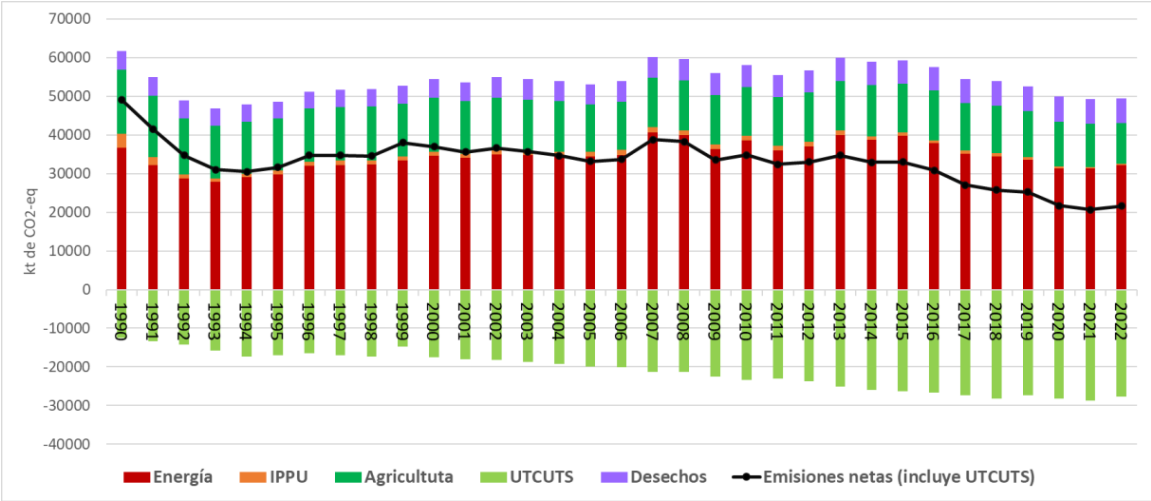


Figura 1.1. Balance de emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por sectores (incluye UTCUTS). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones totales brutas de GEI en Cuba estimadas para el año 2022 fueron 49396.09 kt de CO_2-eq (Tabla 1.2). Esto representa un descenso de -19.87% respecto a las emisiones estimadas para el año base 1990 y de -14.27% respecto al 2016. Mientras, las emisiones netas (balance de GEI) fueron 21630.03 kt de CO_2-eq, y disminuyeron respecto al año base en un -55.92% y un -30.00% respecto al año 2016.

Tabla 1. 1. Emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por sectores. Serie 1990-2022

Sector	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Energía	36675.60	34699.25	38654.63	37820.91	35135.88	34441.30	33526.97	31321.17	31314.47	32188.30
IPPU	3651.11	1005.75	1118.18	844.06	804.97	872.56	760.69	583.29	439.52	354.33
Agricultura	16588.66	13997.13	12696.51	12848.93	12381.85	12264.24	11835.28	11466.51	11128.49	10540.66
UTCUTS	-12576.48	-17449.33	-23346.49	-26713.65	-27424.53	-28135.49	-27296.22	-28241.19	-28698.79	-27766.06
Desechos	4728.72	4718.19	5673.18	6101.30	6154.36	6350.05	6447.07	6589.11	6473.98	6312.80
Emisiones netas (incluye UTCUTS)	**49067.61**	**36970.99**	**34796.00**	**30901.54**	**27052.54**	**25792.65**	**25273.78**	**21718.89**	**20657.66**	**21630.03**
Emisiones brutas (excluye UTCUTS)	**61644.09**	**54420.32**	**58142.49**	**57615.20**	**54477.07**	**53928.14**	**52570.00**	**49960.08**	**49356.45**	**49396.09**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones de GEI del sector Energía contabilizaron 32188.30 kt CO_2-eq, con un descenso de -12.24% desde 1990 y de -14.89% desde 2016. En general, la principal causa de la disminución del sector en los últimos años de la serie se debe a la disminución del consumo energético del país para la generación eléctrica; así como el consumo de combustibles líquidos para el transporte terrestre, mayormente diésel y gasolina para motor. No obstante, se debe destacar que este sector es el principal emisor con más del 65 % de las emisiones totales anuales (Tabla 1.2).

El sector IPPU en el 2022 contabilizó emisiones por 354.33 kt CO_2-eq, con una disminución de -90.30% desde 1990 y de -58.02% respecto al año 2016. Este sector representó menos del 1% de las emisiones totales del país en el último año de la serie, excluyendo UTCUTS. A lo largo de toda la serie se evidencia que el sector IPPU ha sido el más golpeado por las crisis económicas que ha sufrido el país.

En 2022, las emisiones de GEI del sector Agricultura, segundo emisor del INGEI, contabilizaron 10540.66 kt CO_2-eq, con un descenso de -36.46% desde 1990 y de -17.96% respecto al año 2016. En todas las categorías de este sector se produce una reducción en las emisiones desde los inicios de la serie temporal y resulta marcado en los últimos años por las causas antes explicadas. Las emisiones agregadas de los sectores Energía y Agricultura constituyeron alrededor del 86.50 % de las emisiones totales anuales durante toda la serie 1990-2022.

Las emisiones del sector Desechos contabilizaron 6312.80 kt de CO_2-eq con un incremento de +33.50% desde 1990 y un +3.47% respecto 2016. La principal causa se atribuye al aumento sostenido de la generación de desechos sólidos y su disposición final en rellenos sanitarios no categorizados.

En el año 2022 la mayoría de las fuentes experimentaron una disminución de las emisiones respecto al año 2016. Los principales descensos estuvieron relacionados con la producción

de hierro y acero (-93.07%), aplicación de fertilizantes inorgánicos (-81.81%), utilización de N_2O para otros productos (-77.86 %), aplicación de urea (-76.62%) y la industria química (-75.94%). Los incrementos principales estuvieron asociados con la aviación civil (+39.91%), industrias manufactureras y de la construcción-minería y cantería (+33.48%).

Con respecto al año base 1990, las disminuciones más notables fueron para la producción de hierro y acero (-99.74%), industria química (-99.21%), la aplicación de fertilizantes inorgánicos (-96.51%), piedra caliza cálcica (-93.43%), aplicación de la urea (-92.21%) y los residuos de cosechas (-81.23%) a los suelos, la producción de cemento, cal, vidrio y otros minerales (-81,29%), el consumo de combustibles disminuyó principalmente para el transporte terrestre (-77.40%) y el sector residencial (-72.18%). Los aumentos principales en las emisiones se observaron en las emisiones fugitivas de gas natural (+2908.66%), refinación de petróleo (+2122.98%), fermentación entérica y gestión del estiércol del ganado caprino (+1777.22%).

4. Información sobre otros gases

Los gases hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC), no fueron estimados en el INGEI, teniendo en cuenta que el país, en su condición de país en desarrollo y a la luz de sus capacidades, se acogió a la provisión 48 de las MPD (ver Capítulo VII de este documento y el epígrafe 1.9 del NID). Las emisiones de hexafluoruro de azufre (SF_6) y trifluoruro de nitrógeno (NF_3) no ocurren en el país.

Los gases precursores CO, NO_x y los COVDM, así como el SO_2 no fueron estimados en este INGEI. Las emisiones indirectas de N_2O derivadas de fuentes distintas del sector Agricultura y las emisiones indirectas de CO_2 resultantes de la oxidación atmosférica del CH_4, el CO y los COVDM tampoco fueron determinadas, ya que el país aún no ha desarrollado las capacidades para realizar estas estimaciones. Esto representa un aspecto a incorporar en los próximos INGEI.

5. Análisis de categorías principales

Se utilizó la metodología de las *Directrices del IPCC de 2006* para el análisis de categorías principales. Una categoría principal es toda aquella que influye significativamente sobre el INGEI de un país, en cuanto al nivel absoluto, la tendencia, o la incertidumbre de emisiones y absorciones. Su identificación permite priorizar los sectores o actividades a los que el país debe dedicar los mayores esfuerzos y recursos.

El análisis de categorías principales se realizó para el año base 1990 y para el último año 2022. Se aplicó el Método 1 que contempló una evaluación cuantitativa del nivel absoluto y de la tendencia de las emisiones y absorciones de GEI incluyendo y excluyendo el sector UTCUTS, por lo que en total se usaron 6 criterios de identificación. Las categorías principales se identificaron mediante un umbral de emisiones acumulativas del 95% del nivel total, tanto para la evaluación del nivel como para la evaluación de la tendencia.

La comparación de dichos criterios resaltó la importancia de la remoción de CO_2 de la categoría *Tierras forestales que permanecen como tales* del sector UTCUTS. Esta

categoría se destaca con la mayor contribución a las emisiones y absorciones del INGEI en el año base 1990 y en el último año de la serie 2022 y constituyó la segunda en importancia por la evaluación de la tendencia. Otras fuentes importantes identificadas fueron las emisiones de CO_2 en el sector Energía por las categorías: *Industrias de la energía, Industrias manufactureras y de construcción* y*Transporte terrestre.*

Las categorías claves por fuentes de CH_4 fueron principalmente: *Fermentación entérica* del ganado vacuno en el sector Agricultura; *Disposición de desechos sólidos, Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*, en el sector Desechos; *Emisiones Fugitivas e Industrias de la Energía-Biomasa* en el sector Energía.

En cuanto a las fuentes emisoras de N_2O destacaron los *Fertilizantes orgánicos, Orinas y éstiercol depositados en suelos gestionados, Residuos de cosechas y Emisiones indirectas* en el sector Agricultura; así como también *Industrias de la Energía-Biomasa*, en el sector Energía.

El análisis de nivel para el 2022, último año del inventario, arroja 22 categorías principales cuando se incluye UTCUTS (Tabla 1.3). La subcategoría 4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal, del sector UTCUTS continuó siendo la que en mayor nivel contribuyó a las emisiones y absorciones de GEI en ese año. El sector que más categorías principales contuvo fue Energía (10), seguido de Agricultura (8) y Desechos (3). El sector IPPU no reportó categorías principales debido a la depresión que sufrieron las actividades industriales en el país. El mayor número de categorías principales relativas a las fuentes de emisión correspondió al CH_4 (10), seguido de las fuentes/sumideros de CO_2 (7) y por último las fuentes de emisión de N_2O (5).

Tabla 1.3. Análisis de nivel de categorías principales, incluido UTCUTS (2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	-27766.06	27766.06	35.98%	35.98%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	15348.44	15348.44	19.89%	55.88%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	5920.51	5920.51	7.67%	63.55%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	4248.03	4248.03	5.51%	69.05%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	2985.68	2985.68	3.87%	72.92%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2265.28	2265.28	2.94%	75.86%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	1970.48	1970.48	2.55%	78.41%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	1658.02	1658.02	2.15%	80.56%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	1540.91	1540.91	2.00%	82.56%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1368.63	1368.63	1.77%	84.33%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1221.09	1221.09	1.58%	85.91%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	1195.71	1195.71	1.55%	87.46%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	1015.47	1015.47	1.32%	88.78%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	861.13	861.13	1.12%	89.90%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	770.19	770.19	1.00%	90.89%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	690.33	690.33	0.89%	91.79%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	579.37	579.37	0.75%	92.54%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	457.53	457.53	0.59%	93.13%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	440.35	440.35	0.57%	93.70%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	428.01	428.01	0.55%	94.26%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	363.88	363.88	0.47%	94.73%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	348.47	348.47	0.45%	95.18%

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En la Tabla 1.4 se observa que cuando en el año 2022 se excluye el sector UTCUTS el número de categorías principales por el análisis de nivel se incrementó a un total de 26. Los sectores que más categorías principales tuvieron fueron Energía y Agricultura con 12 y 10 respectivamente. El sector Desechos se mantuvo con 3 categorías y el sector IPPU reportó 1. El mayor número de categorías principales relativas a fuentes correspondió al CH_4 (11), seguido de CO_2 (8) y de N_2O (7).

Tabla 1.9. Análisis de nivel de categorías principales, excluido UTCUTS (2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	15348.44	15348.44	31.07%	31.07%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	5920.51	5920.51	11.99%	43.06%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	4248.03	4248.03	8.60%	51.66%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	2985.68	2985.68	6.04%	57.70%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2265.28	2265.28	4.59%	62.29%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	1970.48	1970.48	3.99%	66.28%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	1658.02	1658.02	3.36%	69.63%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	1540.91	1540.91	3.12%	72.75%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1368.63	1368.63	2.77%	75.52%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1221.09	1221.09	2.47%	78.00%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	1195.71	1195.71	2.42%	80.42%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	1015.47	1015.47	2.06%	82.47%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	861.13	861.13	1.74%	84.22%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	770.19	770.19	1.56%	85.78%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	690.33	690.33	1.40%	87.17%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	579.37	579.37	1.17%	88.35%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	457.53	457.53	0.93%	89.27%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	440.35	440.35	0.89%	90.16%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	428.01	428.01	0.87%	91.03%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	363.88	363.88	0.74%	91.77%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	348.47	348.47	0.71%	92.47%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	337.52	337.52	0.68%	93.16%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	294.85	294.85	0.60%	93.75%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	291.90	291.90	0.59%	94.34%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	283.55	283.55	0.57%	94.92%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	250.14	250.14	0.51%	95.42%

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

6. Mejoras introducidas

El INGEI fue elaborado totalmente siguiendo las *Directrices del IPCC de 2006*, a diferencia del anterior (serie 1990-2016). En este inventario la categoría *Tierras Forestales que permanecen como tales* adoptó las *Directrices del IPCC de 2006* y se mejoraron aspectos metodológicos de los sectores: IPPU, Agricultura y Desechos. En el sector IPPU se refinaron los factores de emisión específicos de país para la producción de cemento a partir de criterios de expertos y nuevos datos paramétricos del país. En el sector Agricultura se refinaron y obtuvieron nuevos factores de emisión para el CH_4 específicos de país.

Este INGEI incluye importantes mejoras transversales en aspectos relacionados con los arreglos institucionales que permiten la preparación del inventario, la transparencia en la realización de los cálculos necesarios, el análisis de incertidumbres y de las categorías principales, los procesos de control y garantía de calidad; así como el proceso de consideración y aprobación oficial del inventario.

Además, de las acciones internas, como parte del compromiso de Cuba con la mejora continua del INGEI, se han llevado a cabo colaboraciones externas voluntarias con países de la región como Chile y Panamá, mediante el apoyo de CBIT-GSP y PATPA. Estas actividades han generado recomendaciones para la mejora continua del inventario, las cuales han sido priorizadas según su importancia y la disponibilidad de recursos.

CAPÍTULO 1: CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL

En este reporte, se presenta el Primer Documento del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero (DIN) correspondiente al período 1990-2022 de la República de Cuba, el cual es un compromiso común de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y del Acuerdo de París. El mismo desempeña un papel clave para el seguimiento de las emisiones de GEI a nivel global, regional y local; así como, verificar el éxito o fracaso de las medidas implementadas para la mitigación de las emisiones.

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

1.1.1. Cambio climático

En 1988 se creó el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, del inglés *Intergovernental Panel on Climate Change*) por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el entonces denominado Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), hoy ONU-Ambiente. En 1990 se presentó el Primer Informe de Evaluación del IPCC, que abarcó la evaluación científica del cambio climático, los impactos que pudiera provocar en la sociedad, la economía y el medio ambiente y las estrategias de respuesta para enfrentarlo.

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida también como Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992, se presentó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). La Convención define que por cambio climático se entiende 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 periodos de tiempo comparables. La Convención distingue entre ‘cambio climático’ atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y ‘variabilidad climática’ atribuida a causas naturales.

Según el sexto Informe de Evaluación (IE6) publicado en 2023 (IPCC, 2023) las actividades humanas, principalmente a través de las emisiones de gases de efecto invernadero, han causado de forma inequívoca el calentamiento global con una temperatura en la superficie terrestre que alcanza 1.1ºC por encima de 1850-1900 entre el 2011 y el 2020. La temperatura superficial ha aumentado desde 1970 más rápido que en cualquier otro período de 50 años desde al menos los últimos 2000 años. Se espera que la temperatura se incremente en 1.5ºC durante la primera mitad de la década del 2030, y será muy difícil controlar el aumento de 2.0ºC hacia finales del siglo XXI. Todo aumento de la temperatura a nivel global intensificará los peligros múltiples ya existentes en todas las regiones del mundo.

El cambio climático ha provocado daños sustanciales, y pérdidas irreversibles crecientes en los ecosistemas de mar abierto, costeros, criosféricos, de agua dulce y terrestres. Ha ocurrido la pérdida de cientos de especies locales por la elevación de la magnitud del calor extremo, y se han reportado eventos de mortalidad masiva en la tierra y en el océano. En algunos ecosistemas los impactos están llegando a ser irreversibles, como los ocasionados por los cambios hidrológicos que provocan la disminución de los glaciales, o los cambios en ecosistemas del Ártico o en algunas montañas a causa del deshielo de la capa polar (IPCC, 2023).

En Cuba desde el año 1991, se han realizado investigaciones sobre el impacto del cambio climático en sectores fundamentales de la economía y la sociedad, particularmente, sobre el aumento del nivel medio del mar en el archipiélago. En la Tercera Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se facilita amplia información sobre el trabajo que lleva a cabo el gobierno tanto en materia de mitigación como de adaptación al cambio climático.

1.1.2. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Acuerdo de París

La CMNUCC entró en vigor el 21 de marzo de 1994. La firma de la Convención por la mayoría de los países del planeta, constituyó un importante paso de avance y permitió contar con un elemento para contabilizar periódicamente los niveles de emisiones de GEI, y promover la adopción de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.

Una de las conferencias más importantes de la CMNUCC fue la efectuada en Kioto, Japón en 1997. En ella se aprobó la ampliación de los compromisos para la disminución de las emisiones, tales compromisos se aprobaron en un documento conocido como el Protocolo de Kioto. El cual entró en vigor el 16 de febrero de 2005 (CMNUCC, 2007).

El Acuerdo de París, adoptado en el 2015, establece un marco global para evitar el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2ºC con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitarlo a 1.5ºC. El Acuerdo también, establece que todos los países deben comunicar las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND), que constituyen los planes de enfrentamiento ante el cambio climático, que deben incluir objetivos de reducción de emisiones de GEI.

El Acuerdo de París en su artículo 13.7 (a) establece que cada país debe presentar un informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero (NIR, del inglés *National Inventory Report*). La presentación del NIR incluye el Documento Nacional de Inventario (DIN) y las tablas comunes de notificación (CRT, del inglés *Common Reporting Tables*) para la notificación electrónica del informe nacional de inventario a la CMNUCC.

Los países signatarios del Acuerdo de París presentan el informe del inventario nacional de gases de efecto invernadero (NIR) teniendo en consideración las modalidades, procedimientos y directrices (MPD) establecidos en la Decisión 18/CMA.1 adoptada por la CMNUCC, celebrada en Katowice en el año 2018, y los modelos y directrices establecidos

para el Inventarios de Gases de Efecto Invernadero en la Decisión 5/CMA.3 de la Conferencia de las Parte No. 26 de Glasgow en el 2021.

Cuba es parte de la CMNUCC, desde el 5 de marzo de 1994 y es parte del Protocolo de Kioto desde julio de 2002. Firmó el acuerdo de París el 22 de abril de 2016 y lo ratificó en enero de 2017. Al ser parte de estos instrumentos internacionales, Cuba adquiere las responsabilidades que derivan de lo dispuesto en ellos.

Como parte del esfuerzo de Cuba ante estos compromisos en abril del 2017 se aprueba el Plan de Estado de Enfrentamiento al Cambio Climático, conocido también como Tarea Vida, que tiene como principal objetivo proteger la vida humana y su calidad, en condiciones de un clima cambiante; para ello involucra a todos los sectores de la economía y la sociedad y se aplica a nivel nacional y local para el logro de un desarrollo resiliente y más bajo en emisiones.

1.1.3. Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Un inventario nacional de GEI (INGEI) contabiliza los gases de efecto invernadero emitidos y absorbidos de la atmósfera como resultado de las actividades humanas durante un período de tiempo específico -en general un año calendario- para el territorio nacional.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2005), la elaboración y presentación de los INGEI pueden proporcionar una serie de 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.
- Sirven como herramienta interna de evaluación ambiental, desempeñando un papel clave en el seguimiento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) tanto a nivel global, regional y local.

Cuba ha presentado tres INGEI ante la CMNUCC desarrollados bajo un sistema centralizado. Los INGEI de Cuba han sido coordinados por expertos del Instituto de

Meteorología (INSMET) perteneciente al Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) (Tabla 1. 1).

Tabla 1.1. Inventarios Nacionales de GEI de Cuba presentados a la CMNUCC

Informe	Año de presentación	Años incluidos en el INGEI	Metodología utilizada
Primera Comunicación Nacional	2001	1990, 1994	Directrices Revisadas del IPCC de 1996
Segunda Comunicación Nacional	2015	Años pares serie 1990-2002 (Actualizaciones de 1990,1994)	Directrices Revisadas del IPCC de 1996 y las Directrices de Buenas Prácticas y Gestión de Incertidumbres del IPCC 2000
Tercera Comunicación Nacional y Primer Informe Bienal de Actualización	2020	1990-2016 (Actualizaciones de los años pares serie 1990-2002)	Directrices del IPCC de 2006 con excepción de la categoría *Tierras forestales que permanecen como tales*

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La implementación del Acuerdo de París y su Marco de Transparencia Reforzado (MTR), establece los Informes Bienales de Transparencia (IBT), que reemplazan a los Informes Bienales de Actualización (IBA). Cada IBT debe presentarse junto con un NIR, utilizando metodologías comparables, cada dos años.

El presente inventario nacional de GEI para la serie 1990-2022 constituye el cuarto INGEI de Cuba enviado a la CMNUCC. Abarca todo el territorio nacional e incluye las emisiones y absorciones de tres GEI: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O). Las estimaciones se realizaron siguiendo las directrices del panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (Directrices del IPCC 2006) y los principios de: transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud establecidos

Las emisiones han sido expresadas en términos de CO_2 equivalente (CO_2-eq) en función de los potenciales de calentamiento atmosférico del quinto informe de evaluación del IPCC (AR5) en cinco sectores: Energía; Procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés); Agricultura; Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) y Desechos. A su vez, el documento del inventario (DIN) se complementa con los datos de emisiones y absorciones para los años 1990-2022 reportados en las CRT.

1.2. Circunstancias nacionales y arreglos institucionales

En el ámbito normativo, la Ley No. 150, del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular en 14 de mayo de 2022, dispone en su Artículo 101 que el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente es el organismo responsable de proponer y controlar la política para enfrentar el cambio climático; y a estos efectos controla en inciso f) la coordinación y publicación sistemática del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y en inciso g) la administración del Sistema Nacional de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero.

En su artículo 109 remarca que, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero es un mecanismo bajo la coordinación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, desarrollado para contabilizar, compilar y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el país, de sus principales fuentes y sumideros existentes, con el fin de apoyar las acciones nacionales para la adaptación y la mitigación del cambio climático.

Esta ley dispone, como obligación de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE), en su artículo 103, inciso i) "aportar oportunamente, y con la calidad requerida, todas las informaciones que le sean requeridas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en cumplimiento de su función rectora". Este mandato se refuerza en las disposiciones del Decreto 86 del 2023 sobre el "Enfrentamiento al Cambio Climático", que en el artículo 4 inciso e) establece a los OACE: aportar los datos y la información, así como participar en la elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero.

1.2.1. Entidad nacional

El CITMA es el punto focal del país ante la CMNUCC. El Instituto de Meteorología (INSMET) que pertenece al CITMA, desde mediados de la década de 1990, es el coordinador general del INGEI, bajo la responsabilidad del Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero (ETGEI).

En los INGEI presentados anteriormente ante la CMNUCC el INSMET fue el responsable de la estimación de todas las categorías con excepción de *Tierras Forestales que permanecen como tales*, a cargo del Instituto de Investigaciones Agroforestales (INAF) perteneciente al Ministerio de la Agricultura (MINAG).

El ETGEI está integrado por personal del INSMET que tienen las funciones de: experto en control y garantía de la calidad (QA/QC), experto en incertidumbres, compilar el inventario, experto en archivo de la información, liderar los sectores de Energía, IPPU y Desechos y asesorar el equipo técnico de Agricultura-UTCUTS. Además, forman parte del grupo de trabajo en INGEI: los expertos temáticos de las instituciones colaboradoras de cada sector involucrado en el inventario y que proveen los datos del INGEI. Todo el grupo de trabajo INGEI es dirigido por el coordinador general del inventario que pertenece al INSMET.

El ETGEI responde por la planificación, preparación y gestión del INGEI para su inclusión en los informes de las comunicaciones nacionales, los entonces denominados IBA, hoy IBT y la información que requiera el Sistema Estadístico Nacional (SEN).

Las actividades principales de este grupo incluyen los siguientes aspectos:

- Elaborar el Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Cuba (NIR, por sus siglas en inglés), que incluye el DIN y las CRT.
- Elaborar y actualizar los procedimientos para la elaboración del INGEI de Cuba, teniendo en cuenta los insumos de información.

- Desarrollar reuniones de trabajo sistemáticas con los equipos técnicos sectoriales para constatar la evolución del trabajo.
- Recopilación de los datos de actividad, datos paramétricos y sus incertidumbres para los sectores de Energía, IPPU, y Desechos.
- Establecer y ajustar el plan de trabajo a realizar, la organización y la designación de roles y tareas.
- Mantener la asesoría al MINAG en la compilación de los Inventarios Sectoriales de GEI de Agricultura y UTCUTS para lograr la sostenibilidad de las capacidades creadas.
- Compilar los Inventarios Sectoriales de Energía, IPPU, y Desechos y elaborar sus informes Técnicos sectoriales.
- Elaborar e implementar un plan de control y garantía de la calidad y de archivo de la información
- Desarrollar los temas transversales del INGEI de Cuba (evaluación de incertidumbre, análisis de categorías claves, evaluación de la exhaustividad, categorías insignificantes, flexibilidades aplicadas).
- Colaborar con las instituciones de los equipos técnicos en el fomento, la creación y la mantención de sus capacidades técnicas para la elaboración de los inventarios sectoriales GEI.
- Coordinar la difusión pública de los resultados y las actividades del INGEI de Cuba.
- Identificar las principales necesidades y vacíos del INGEI y actualizar el plan de mejora
- Documentar y archivar todas las actividades y resultados del trabajo realizado en el marco del INGEI.

Las instituciones que participan en la elaboración del INGEI pertenecen a las OACE y están relacionadas con los sectores que generan las emisiones y las absorciones de GEI; también participan autoridades ambientales, instituciones públicas, académicas y productivas. Entre los participantes es relevante la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI), institución rectora en la compilación y certificación de los datos oficiales del país.

Estas instituciones proveen datos de actividad y paramétricos específicos necesarios para realizar las estimaciones; contribuyen con el juicio de expertos; la certificación de los datos de actividad y la revisión de informes, como parte del proceso de control y garantía de la calidad que permita cumplir con los indicadores de calidad del inventario.

Los arreglos institucionales del INGEI se muestran en la Figura 1.1.

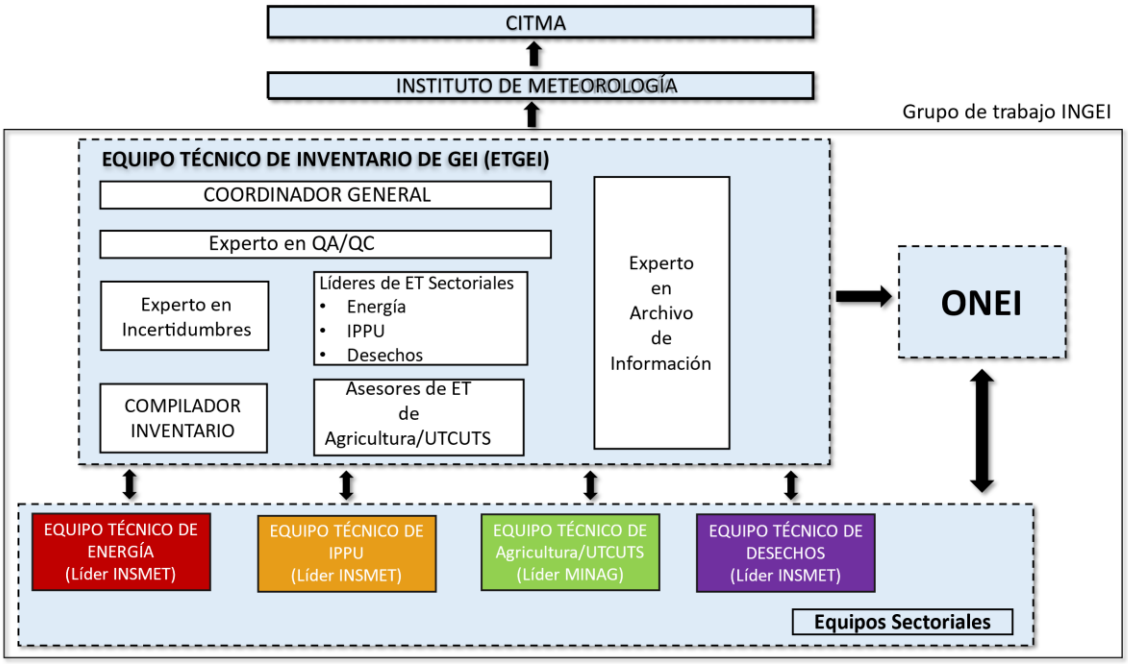


Figura 1. 1. Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI en Cuba. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Aunque en el ETGEI se trabaja de manera centralizada, existe una subdivisión en equipos sectoriales. Los equipos sectoriales de Energía, IPPU y Desechos son dirigidos por personal del INSMET y el Equipo de Agricultura-UTCUTS por personal del MINAG. Los equipos técnicos sectoriales están subdivididos de la siguiente manera:

- **Equipo Técnico de Energía:** Es coordinado desde el INSMET y es responsable de la elaboración del inventario sectorial de Energía. Está conformado además por instituciones colaboradoras del Ministerio de Transporte (MITRANS), la Dirección Regulación y Control del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), la Corporación de la Aviación Cubana S.A (CACSA), el Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba, el Grupo Empresarial Marítimo Portuario (GEMAR) y la ONEI, que son proveedores de datos y expertos temáticos del sector.

- **Equipo Técnico de IPPU:** Es coordinado desde el INSMET y es responsable de la elaboración del inventario sectorial de IPPU. Está conformado además por instituciones colaboradoras como GECEM y GEICON del Ministerio de la Construcción (MICONS); GEIQ, CIIQ, GESIME pertenecientes al Ministerio de Industrias (MINDUS), la ORSA (CITMA) y la ONEI, que son proveedores de datos y expertos temáticos del sector.

- **Equipo Técnico de Desechos** Es coordinado desde el INSMET y es responsable de la elaboración del inventario sectorial de Desechos. Está conformado además por instituciones colaboradoras como la Dirección de Medio Ambiente (DMA) del CITMA, el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), MINDUS, Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), MINEM, el Grupo Azucarero (AZCUBA), la

ORSA (CITMA) y la ONEI, que son proveedores de datos y expertos temáticos del sector.

- **Equipo Técnico de Agricultura y UTCUS:** La Dirección de Ciencia, Técnica, Innovación y Medio Ambiente del Ministerio de la Agricultura (MINAG) es la principal responsable de la coordinación de este Equipo Técnico Sectorial y de la ejecución de las actividades estipuladas en la planificación. Se encarga de la compilación del informe, su presentación a los niveles superiores del MINAG para su aprobación y entrega al ETGEI.

La solicitud de la información a los proveedores de datos de los sectores: Energía, IPPU y Desechos se realiza de manera formal a las instituciones a través de la Dirección General de Medio Ambiente, del CITMA, utilizando los formularios del Sistema de Información Estadística Complementaria (SIEC/CITMA); además, de la información que publica la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI).

El Ministerio de Agricultura (MINAG) asumió, por primera vez en este INGEI, la coordinación y conducción del proceso de elaboración del inventario en los sectores Agricultura y UTCUTS, con el apoyo de un proyecto CBIT, financiado por el GEF. Este proyecto creó las capacidades institucionales y técnicas en el MINAG para realizar los informes sectoriales de estos sectores.

En la Figura 1.2 se muestran los arreglos institucionales vinculados al Equipo Técnico Sectorial para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero en los sectores Agricultura y UTCUTS.

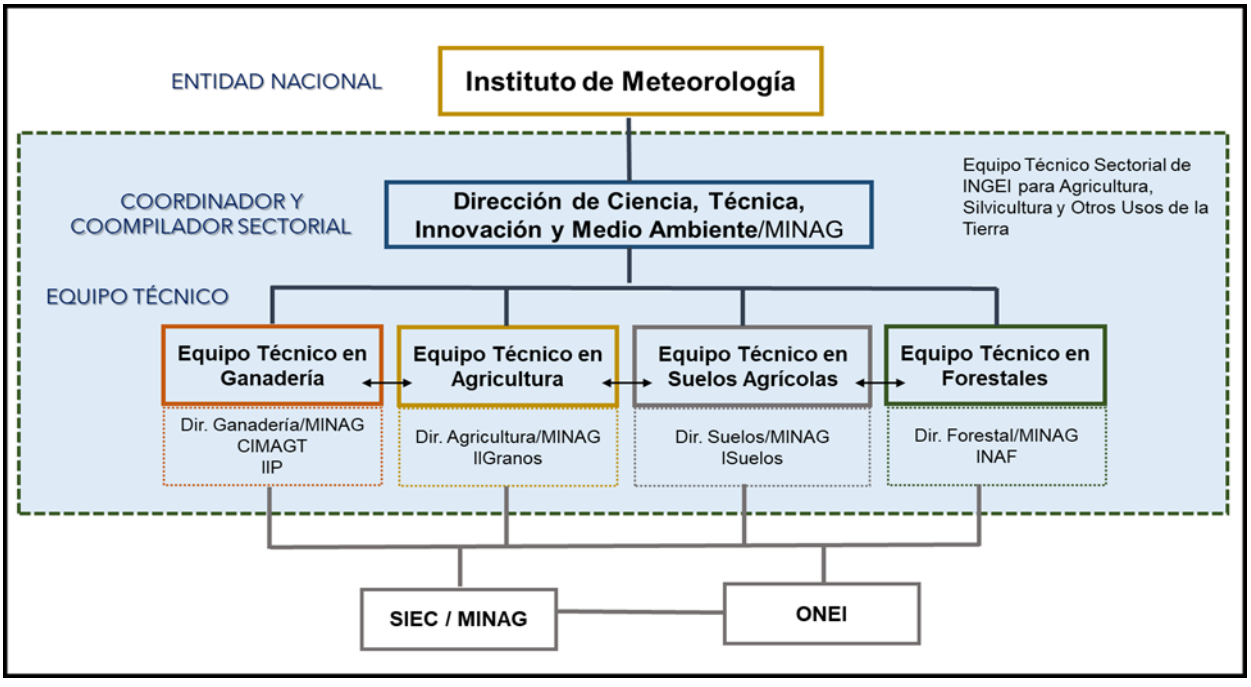


Figura 1.2. Arreglos institucionales para el Equipo técnico de los sectores Agricultura -UTCUTS.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial Agricultura-UTCUTS, MINAG

Este Equipo Técnico Sectorial está integrado por expertos temáticos de los subsectores ganadería, agricultura, suelos y forestales. En cada equipo por subsector se tiene un representante de la dirección estatal del MINAG, que asume el rol de proveer los datos de actividad y paramétricos, así como la información necesaria para las estimaciones de GEI, y otro miembro que procede de una institución científica, con la responsabilidad de recibir los datos, realizar los cálculos y elaborar el informe de la categoría (s) del subsector (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Equipos técnicos Agricultura-UTCUTS por subsectores y categorías a reportar

Equipo Técnico	Categorías a reportar
Equipo técnico en ganadería	3.A Fermentación entérica 3.B Gestión del estiércol
Equipo técnico en agricultura	3.C Cultivo del arroz 3.D.1.c Residuos agrícolas
Equipo técnico en suelos	3.D Suelos agrícolas 3.G Encalado 3.H Aplicación de urea
Equipo técnico en forestales	4.A Tierras forestales que permanecen como tal

Fuente: Equipo Técnico Sectorial Agricultura-UTCUTS, MINAG

Los datos proceden, en mayor parte, del sistema estadístico complementario de este ministerio (SIEC/MINAG) y, en una menor parte, de la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI). En algunas categorías se utilizaron factores de emisión propios de país, que son resultados de investigaciones o de criterios de expertos, aportados por las instituciones científicas. Los informes sectoriales de Agricultura y UTCUTS son revisados y validados por las direcciones estatales del MINAG involucradas y éstas últimas certifican los datos e información que se utilizaron en los cálculos como parte del proceso de control y garantía de la calidad.

En la actualidad no existen acuerdos institucionales vinculantes de trabajo entre las instituciones participantes del INGEI de Cuba. De ahí, que todo el esfuerzo realizado desde hace varios años en INGEI se ha desarrollado en el marco de un trabajo cooperativo y voluntario.

Expertos externos del ETGEI (puntos focales ministeriales) colaboran aportando sus criterios y valoraciones pertinentes en la revisión y garantía de la calidad del INGEI de Cuba. Los cuales no participan directamente en los equipos técnicos sectoriales.

En el marco del proyecto 1er-2do IBT / 4ta Comunicación Nacional del país se tiene prevista la contratación de Expertos Internacionales para la revisión de la serie INGEI 1990-2022 de Cuba presentada en estos documentos y a entregarse a la CMNUCC a finales de 2024. También, a través de la RedINGEI[1], de la cual Cuba forma parte, se realizará una acción

[1] La RedINGEI es una iniciativa de cooperación sur-sur y triangular entre países latinoamericanos de habla hispana y donantes internacionales, con el objetivo general de facilitar el desarrollo sostenible de capacidades técnicas e institucionales en materia de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero por medio del

de garantía de la calidad una vez culminado el reporte del INGEI 2024 con el apoyo de la Iniciativa de Fomento de la Capacidad para la Transparencia y Programa de Apoyo Global (CBIT-GSP). La RedINGEI ha permitido el fortalecimiento de las capacidades del ETGEI a través de sus actividades de cursos, talleres y reuniones *on line* (webinars) en materia de INGEI.

1.2.2. Proceso de preparación de inventario

La elaboración del INGEI contempla una serie de actividades que se realizan de manera cíclica con duración de 1 año por el ETGEI de Cuba, usualmente se corresponde con 1 año calendario; independientemente que el INGEI se presente ante la CMNUCC para los IBA, hoy IBT y las Comunicaciones Nacionales.

El diagrama del ciclo del inventario de Cuba comprende siete etapas de diferente duración en las cuales se exponen las actividades fundamentales y participantes para la elaboración del INGEI (Figura 1.3).

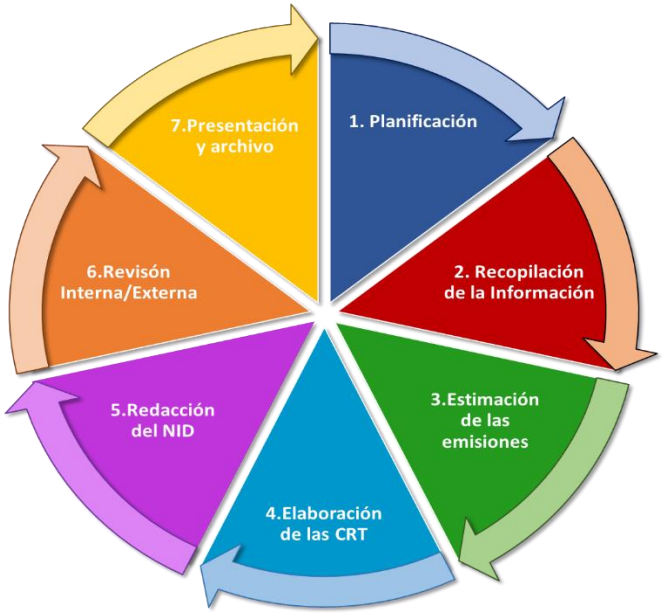


Figura 1.3. Ciclo de preparación del INGEI en Cuba. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Este ciclo presenta la información relevante que se consideró y adoptó con el fin de reflejar los arreglos institucionales en el proceso de preparación del inventario (Tabla 1.3).

intercambio de experiencias, lecciones aprendidas y la adopción de buenas prácticas entre los países miembros.

Tabla 1.3. Proceso de preparación del INGEI anual por etapas

Actividad	Participan
1. Planificación (1 mes)	
1-Reunión inicial de los miembros del ETGEI con los expertos temáticos y colaboradores de las diferentes instituciones que conforman cada equipo sectorial (Con el objetivo de asegurar la elaboración del primer DIN para el primer IBT antes del 31 de diciembre 2024, se inició la planificación: en diciembre del 2023)	ETGEI (Coordinador general, líderes de los grupos Técnicos sectoriales del INGEI, compilador del INGEI, experto en archivo de la información, experto en QA/QC, experto en incertidumbres) y expertos temáticos de las instituciones colaboradoras de los grupos sectoriales
2- Elaboración del plan de trabajo, cronograma de fechas de las principales actividades (Hitos y talleres); y designación de las tareas y roles del personal	
3- Determinación de las mejoras a implementar en este INGEI a partir del plan de mejoras del anterior inventario. En este INGEI las mejoras se priorizaron: en la categoría *Tierras Forestales que permanecen como tales* adoptará las Directrices del IPCC, 2006 (nivel de prioridad Alta) y en mejoras metodológicas de las categorías principales de los sectores: Agricultura, Desechos e IPPU (nivel de prioridad Alta) y la estimación de categorías no estimadas en el anterior INGEI, que por juicio de expertos con gran probabilidad no llegarían a ser categorías principales (nivel de prioridad Baja); teniendo en cuenta los recursos y capacidades disponibles.	
4- Selección de las metodologías del IPCC, nivel metodológico (TIER), supuestos, factores de emisión, datos de actividad y paramétricos a utilizar en cada categoría, para cada gas; y de las metodologías para el análisis de categorías principales e incertidumbres.	
5- Elaboración del plan de archivo de la información y del plan QA/QC.	
6- Talleres con cada equipo sectorial para ajustar los detalles específicos de cada sector en los anteriores ítems. Relatoría de los talleres, control de calidad y documentación y archivo.	
2. Recopilación de la información (3 meses)	
1- Solicitud, y recopilación de datos de actividad, datos paramétricos y su incertidumbre para el reporte de nuevas categorías o mejora y actualización de los datos de actividad. Verificación de los datos. Inicio en enero 2024	ETGEI (líderes de los grupos técnicos sectoriales, expertos en archivo de la información, experto en QA/QC), expertos temáticos de las instituciones colaboradoras de los grupos sectoriales (proveedores de datos)
2- Definición y ajuste de los factores de emisión (refinación de los FE específicos de país) a partir de la información captada	
3- Definición y ajuste de los métodos (Refinación de los métodos) a partir de los datos recopilados y los factores de emisión.	
4- Control y garantía de la calidad de los datos recopilados, factores de emisión, los métodos y supuestos a utilizar. Documentación de la información y archivo	
3. Estimación de las emisiones (2 meses)	
1- Cálculo de las emisiones y absorciones de GEI y recálculos de la serie temporal, si se producen cambios en los métodos/supuestos para no afectar a las tendencias de las emisiones. Análisis de tendencia y coherencia de la serie temporal. Inicio en abril 2024	ETGEI (líderes de grupos sectoriales, otros miembros de los equipos técnicos sectoriales GEI, expertos en archivo de la información, experto en QA/QC, experto en incertidumbres)
2- Generación del primer borrador tabulado de cada sector (tablas de reporte de emisiones y absorciones de GEI sectoriales)	
3- Cálculo de las incertidumbres de cada categoría de fuentes y sumideros, incertidumbre general del INGEI.	
4- Cálculo de las categorías principales	
5- Control y garantía de la calidad de las estimaciones de GEI (se aplicaron procedimientos específicos a categorías claves), incertidumbres y categorías principales. Documentación y archivo.	
4. Elaboración de las CRT (1 mes)	
1- Cálculo de las emisiones y absorciones de GEI y recálculos de la serie temporal, si se producen cambios en los métodos/supuestos; y cálculos de la incertidumbre de cada categoría mediante el uso del software del IPCC versión 2.93. Comparación entre las estimaciones de las hojas de cálculo y el software del IPCC. El inicio de esta etapa fue en septiembre 2024 después de recibir entrenamiento en el uso del software, generación de las CRT y culminar el primer borrador del DIN (Las CRT fueron liberadas por la CMNUCC a partir del 28 de junio).	ETGEI (compilador del inventario, líderes de grupos sectoriales y otros miembros de los equipos técnicos sectoriales GEI, experto en QA/QC)

Actividad	Participan
2 - Generación de las tablas común de reporte (CRT) a partir del software del IPCC versión 2.93 y Control de calidad de las CRT. Documentación y archivo.	
5-Redacción del DIN (3 meses)	
1- Reporte de los supuestos y métodos utilizados en cada categoría (TIER), datos de actividad, paramétricos, factores de emisión, Control y aseguramiento de la calidad y plan de mejora de la categoría. Inicio en junio 2024	ETGEI (Coordinador general del ETGEI, compilador del inventario, líderes de grupos técnicos sectoriales, experto en QA/QC, experto en incertidumbres) y expertos temáticos de las instituciones colaboradores de cada sector
2- Generación del primer reporte final por sector y Socialización con las instituciones que integran cada equipo sectorial para el análisis y validación de los informes sectoriales.	
3- Evaluación de la incertidumbre general del INGEI: descripción de las metodologías utilizadas y análisis cuantitativo	
4- Análisis de las categorías principales	
5- Redacción de otros aspectos transversales: Descripción de los procedimientos y disposiciones para recopilar datos e información sobre el papel de las instituciones implicadas, Evaluación general de exhaustividad, categorías insignificantes, flexibilidades aplicadas, Plan QA/QC, Plan de mejora del INGEI	
6- Redacción del Primer borrador del documento del INGEI (DIN). Control de calidad del DIN. Documentación y archivo.	
6-Revisión externa e interna (1 mes)	
1- Garantía de la calidad del DIN por los expertos temáticos de las instituciones que colaboran en el INGEI (expertos internos). Inicio en octubre 2024	ETGEI (Coordinador general, compilador del inventario, líderes de grupos técnicos sectoriales, experto en QA/QC, experto en archivo de la información) y revisores externos
2- Garantía de la calidad del DIN por expertos externos	
3- Talleres de socialización del DIN, como parte del proceso de validación del informe	
4- Resolver errores y comentarios de la revisión. Documentación y archivo.	
7-Plan de mejoras y sistema de archivo (1 mes)	
1- Actualización del plan de mejora del INGEI (teniendo en cuenta los principales vacíos, el análisis de la incertidumbre, las categorías principales, las prioridades de mitigación del país y los resultados del proceso de control/ aseguramiento de la calidad). Inicio en noviembre 2024. Redacción de la versión final del DIN y presentación a la CMNUCC	ETGEI (Coordinador general, compilador del inventario, líderes de grupos técnicos sectoriales, experto en archivo de la información, experto en incertidumbres y experto en QA/QC)
2- Correcto sistema de archivo de toda la documentación del proceso de elaboración del INGEI 2024, serie 1990-2022 (datos de actividad, factores de emisión, datos paramétricos, datos de las fuentes que proporcionaron la información, TIER utilizados en cada categoría y explicaciones, juicios de expertos, plan de archivo de información, plan QA/QC , plan de mejora, procedimientos de control de calidad, supuestos, referencias, cronogramas, CRT, DIN, hojas de cálculo de estimaciones de emisiones y absorciones, de cálculo de incertidumbres y categorías principales, base de datos 1990-2022 del software del IPCC versión 2.93, hallazgos del proceso de garantía de la calidad).	

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

El INGEI terminado se entrega todos los años en el mes de enero del siguiente año al CITMA y la ONEI para la divulgación de los resultados. En los meses de octubre-noviembre anterior a la entrega del DIN se exponen los resultados alcanzados en el consejo científico del Instituto de Meteorología de Cuba, ante los miembros del consejo científico y revisores que pertenecen a otras entidades.

En los meses de noviembre y diciembre antes de la entrega final, se ajustan las deficiencias detectadas en el proceso de validación, quedando listo el documento.

1.2.3. Sistema de archivo de la información

Un sistema de archivo es un paso crítico para la sostenibilidad del sistema de gestión del inventario nacional de GEI. Un sistema de archivo permite reproducir las estimaciones con facilidad, sirve de salvaguarda frente a la pérdida de datos e información, y permite la reproducibilidad de las estimaciones; además, permite introducir datos específicos de cada país y preparar planes de acuerdo con los siguientes pasos:

Paso 1: Describir el programa y los procedimientos de archivo existentes

Paso 2: Proporcionar el plan del sistema de archivo

Paso 3: Aportar mejoras al sistema de archivo del inventario.

Otros elementos a considerar son la necesidad de archivar toda la información utilizada en la planificación, preparación y gestión del inventario y puede ser electrónico o físico, y debería ubicarse en un único lugar.

Durante la elaboración del INGEI Serie 1990 - 2022 se desarrolló e implementó un sistema de archivo organizado de forma centralizada. Mediante el cual se registró la totalidad de la información del inventario: la fuente de los datos de actividad recopilados, los factores de emisión, datos paramétricos, nivel de metodología utilizado (TIER) y explicaciones de su empleo, supuestos utilizados, cálculos de las emisiones y absorciones GEI, juicios de expertos, referencias bibliográficas, aspectos transversales del INGEI, los reportes sectoriales, versiones del DIN, las CRT, plan de control y aseguramiento de la calidad y sus hallazgos.

El sistema consiste en un conjunto de carpetas y archivos estandarizados con una codificación única para cada GEI, subcategoría, categoría y sector. Lo cual facilita cumplir con los requerimientos establecidos en las modalidades, procedimientos y directrices (MPD) establecidos en la Decisión 18/CMA. El contenido del sistema de archivo se almacena por duplicado en disco duro y copia impresa. Los cuales son almacenados en el INSMET bajo la jurisdicción del coordinador del inventario.

El experto en archivo de la información es el responsable de la administración y funcionamiento del sistema de archivo. El archivo de la información se realiza a lo largo de todo el proceso de preparación del inventario y posterior a su envío a la CMNUCC, ya que

incluye toda la información de este INGEI, como revisiones, publicaciones. Antes de archivar la información que entró y la que se generó durante la preparación del INGEI, es obligatorio contar con el autorizo del experto en QA/QC. El experto en archivo de la información actualiza cada año la lista de documentos del archivo.

El Equipo Sectorial de Agricultura-UTCUTS empleó una plataforma digital para la gestión de los datos y el cálculo de las emisiones y remociones de GEI de estos sectores, que puede consultarse en el sitio: https://ingei.minag.code43w.net. La herramienta garantiza la gestión y resguardo de la información relacionada con el inventario de estos sectores, así como la comunicación y visibilidad de la misma, a modo de asegurar su acceso y transparencia.

La información de las emisiones y absorciones de GEI de cada sector del INGEI es publicada en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y forma parte de los IBA, hoy IBT y de las Comunicaciones Nacionales, así como es utilizada en la generación de indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

1.2.4. Proceso para la revisión y aprobación oficial del inventario

Los Equipos Sectoriales compilan el inventario siguiendo procesos de garantía y control de calidad bajo la coordinación y supervisión del INSMET. Cada equipo realiza un proceso de validación con expertos temáticos sectoriales antes de la compilación del inventario final. Una vez corregidos todos los aspectos señalados, se realiza la compilación total y se estructura el primer borrador del Informe del INGEI.

Este primer borrador del INGEI es enviado al CITMA para un proceso de revisión interna y retroalimentación con el INSMET. Posteriormente un segundo borrador es enviado a los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) y otras instituciones para repetir el proceso de consulta, revisión y validación. El tercer borrador es enviado por el CITMA al Consejo de Ministros del Consejo de Estado (CECM). Una vez recibidas las indicaciones del CECM se procede a la edición final del documento para su publicación y envío a la CMNUCC por el punto focal del país (Figura 1.4).

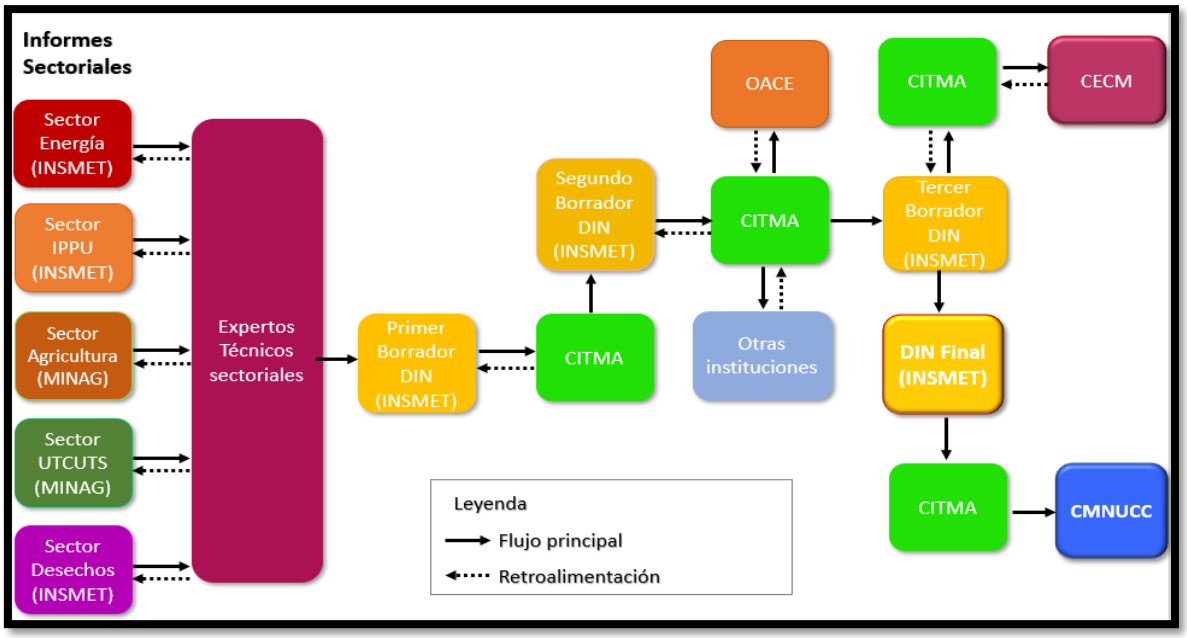


Figura 1. 4. Proceso de elaboración del INGEI de Cuba. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

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

1.3.1. Metodología y métodos

De acuerdo con las MPD del Acuerdo de París, en el presente DIN las emisiones de CO_2, CH_4, N_2O y absorciones de CO_2 fueron estimadas aplicando las *Directrices del IPCC de 2006*[2] para la serie de tiempo 1990-2022.

El INGEI presenta información desagregada en los siguientes sectores: Energía, Procesos industriales y uso de productos (IPPU por sus siglas en inglés), Agricultura, Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) y Desechos, de conformidad con las MPD[3].

Se realizó la estimación de las emisiones de CO_2, CH_4, N_2O y las absorciones de CO_2, a nivel nacional de acuerdo con la información disponible siguiendo los árboles de decisión y las buenas prácticas de las directrices del IPCC 2006 para cada categoría. Estos cálculos, el análisis de categorías principales y la evaluación de incertidumbre se realizó en libros de cálculos propios a partir de las Directrices del IPCC 2006 y el *software* del IPCC versión 2.93.

Las estimaciones de las emisiones se realizaron a partir de la ecuación base que se muestra a continuación:

[2] Ver párrafo 20 del anexo de la Decisión 18/CMA.1
[3] Ver párrafo 50 del anexo de la Decisión 18/CMA.1

Ecuación 2.1. Método de cálculo de las emisiones de GEI

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ GEI = Datos\ de\ Actividad\ (DA) * Factor\ de\ Emisión\ (FE)}$$

Fuente: Capítulo 1, Volumen 1, página 1.6, *Directrices IPCC de 2006*

Donde los datos de actividad comprenden el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana procedente de diferentes fuentes (producción, consumo, etc.) y los factores de emisión representan los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria.

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 de estimación.

- **Método de 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 específico. Si bien el método Nivel 1 permite hacer el cálculo, tiene el riesgo de que las circunstancias nacionales no sean debidamente reflejadas.

- **Método de Nivel 2:** Se basa en el mismo procedimiento metodológico del Nivel 1, pero con factores de emisión o datos de actividad y 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 adecuadas a la realidad nacional, por lo cual esta opción debiera aplicarse a las categorías principales.

- **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 revisadas por pares.

Con respecto a la metodología empleada, la mayor parte de las emisiones fueron estimadas con métodos de Nivel 1, considerado un método de estimación básico. Sin embargo, algunos GEI de categorías de los sectores de IPPU, Agricultura, UTCUTS y Desechos fueron estimados con métodos de nivel 2.

Los factores de emisión (magnitud de gas de efecto invernadero emitido por magnitud de actividad) es otro aspecto fundamental para la elaboración de los inventarios. En este INGEI fueron utilizados mayoritariamente los proporcionados por defecto de las Directrices del IPCC 2006.

En el sector IPPU se utilizaron factores de emisión propios de país en la subcategoría *2.A.1 Producción de cemento* para las emisiones de CO_2 de la producción de clínker. Se calculó un factor de emisión propio de país para cada año y para cada fábrica

En el sector Agricultura fueron empleados factores de emisión específicos del país para la estimación de las emisiones de CH_4 del ganado vacuno en las categorías *3.A Fermentación Entérica* y *3.B Gestión del estiércol*, calculados para cada año de la serie.

En la subcategoría *4. A.1Tierras forestales que permanecen como tales* también se utilizaron factores de emisión propios de país para algunas especies de plantas.

En aquellas categorías consideradas principales donde la aplicación de un método de nivel superior no fue posible, de acuerdo a los respectivos árboles de decisiones incluidos en las Directrices del IPCC 2006. Se documentó con claridad las causas y se utilizó el nivel metodológico 1. En el plan de mejora progresiva de estas categorías, yendo a enfoques más avanzados, fueron reflejadas las actividades necesarias: como el uso de factores de emisión específicos del país, datos de actividad más desagregados u otros para incrementar la exactitud de las estimaciones y disminuir sus incertidumbres.

En la Tabla 1.4 se presenta un resumen de los métodos y niveles aplicados en el INGEI de Cuba. Además, en los capítulos referentes a los sectores se explica, de manera más detallada, la metodología y los niveles utilizados por categoría y subcategoría de fuente.

Tabla 1.4. Métodos aplicados en el INGEI de Cuba, serie 1990-2022

Código del IPCC	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF6	
		MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE
1	**Energía**	**T1**	**D**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
1.A	**Actividades de la Quema de Combustibles**	**T1**	**D**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
1.A.1	**Industrias de la energía**	**T1**	**D**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
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	NO	NA	NO	NA	NO	NA						
1.A.1.a.iii	Centrales de calor	NO	NA	NO	NA	NO	NA						
1.A.1.b.	Refinación de petróleo	T1	D	T1	D	T1	D						
1. A.1.c	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	IE	NA	T1	D	T1	D						
1. A.1.c. i	Fabricación de combustibles sólidos	IE	NA	T1	D	T1	D						
1. A.1.c. ii	Otras industrias de la energía	NO	NA	NO	NA	NO	NA						
1.A.2	**Industrias Manufactureras y de la construcción**	**T1**	**D**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
1.A.2.a.	Hierro y acero	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.b.	Metales no ferrosos	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.c	Productos químicos	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.d	Pulpa, papel e imprenta	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (Industria Azucarera)	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.2.f	Minerales no metálicos	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.g	Equipos de transporte	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.h	Maquinaria	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
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 madera	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.k.	Construcción	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.2.l	Textiles y cuero	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.2.m.	No especificada	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.3	**Transporte**	**T1**	**D**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
1.A.3.a	Aviación civil	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.3.a.i	Aviación internacional	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.3.a.ii	Aviación de cabotaje	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.3.b.	Transporte terrestre total	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.3.b.i	Automóviles	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.3.b.ii	Camiones para servicios ligeros	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.3.b.iii	Camiones para servicio pesado y autobuses	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.3.b.iv	Motocicletas	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.3.b.v	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.3.b.vi.	Catalizadores en base a urea	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
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 marítima y fluvial internacional	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
1.A.3.d.ii	Navegación marítima y fluvial nacional (cabotaje)	T1	D	T1	D	T1	D						
1. A.3.e	Otro Tipo de transporte	T1	D	T1	D	T1	D						
1. A.3.e.i	Transporte por tuberías	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
1. A.3.e.ii	Todo terreno	T1	D	T1	D	T1	D						

Código del IPCC	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF6	
		MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE
1.A.4	**Otros sectores**	**T1**	**D**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
1.A.4.a	Comercial/Institucional	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.4.b	Residencial	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca Piscifactorías	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.4.c.i	Estacionarias	T1	D	T1	D	T1	D						
1.A.4.c.ii	Vehículos todoterreno y otra maquinaria	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.4.c.iii	Pesca combustión móvil	IE	NA	IE	NA	IE	NA						
1.A.5	No especificado	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
1.B	**Emisiones fugitivas**	**T1**	**D**	**T1**	**D**	**NA**	**NA**						
1.B.1	Combustibles sólidos	NO	NA	NO	NA	NO	NA						
1.B.2	Petróleo y Gas Natural	T1	D	T1	D	NA	NA						
1.B.2.a	Petróleo	**T1**	**D**	**T1**	**D**								
1.B.2.a.i	Exploración	NE	NA	NE	NA								
1.B.2.a.ii	Producción y refinación	T1	D	T1	D								
1.B.2.a.iii	Transporte	T1	D	T1	D								
1.B.2.a.iv	Refinación	NA	NA	T1	D	NA	NA						
1.B.2.a.v	Distribución de productos petrolíferos	NE	NA	NE	NA								
1.B.2.a.vi	Otros	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**								
1.B.2.b	Gas Natural	NE	NA	NE	NA								
1.B.2.b.iii	Todos los demás	T1	D	T1	D								
1.B.2.b.iii.1	Exploración	NE	NA	NE	NA								
1.B.2.b.iii.2	Producción y refinación	T1	D	T1	D								
1.B.2.b.iii.3	Procesamiento	T1	D	T1	D								
1.B.2.b.iii.4	Transmisión y procesamiento	T1	D	T1	D								
1.B.2.b.iii.5	Distribución	T1	D	T1	D								
1.B.2.b.iii.6	Otros	NO	NA	NO	NA								
1.B.2.c	Venteo y quema en antorcha	**T1**	**D**	**T1**	**D**								
1.B.2.c.i	venteo	T1	D	T1	D								
1.B.2.c.i.1	Petróleo	T1	D	T1	D								
1.B.2.c.i.2	Gas Natural	T1	D	T1	D								
1.B.2.c.i.3	Combinado	NO	NA	NO	NA								
1.B.2.c.ii	Quema en antorcha	NE	NA	NE	NA	NA	NA						
1.B.2.c.ii.1	Petróleo	NE	NA	NE	NA	NA	NA						
1.B.2.c.ii.2	Gas Natural	NE	NA	NE	NA	NA	NA						
1.B.2.c.ii.3	Combinado	NO	NA	NO	NA								
1.B.3	***Otras emisiones de producción de energía***	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**						
1.C	**Transporte y almacenamiento de CO_2**	**NO**	**NA**										
1.C.1	Transporte de CO_2	NO	NA										
1.C.2	Inyección y Almacenamiento	NO	NA										
1.C.3	Otros	NO	NA	NO	NA	NO	NA						
2	**IPPU**	**T1, T2**	**D, CS**			**T1, T2**	**D**						
2.A	**Industria de los Minerales**	**T1, T2**	**D, CS**										
2.A.1	Producción de cemento	T2	CS										

Código del IPCC	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF6	
		MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE
2.A.2	Producción de cal	T2	D										
2.A.3	Producción de vidrio	T2	D										
2.A.4	Otros usos de carbonatos	T1	D										
2.A.4.a	Cerámicas	T1	D										
2.A.4.b	Otros usos de ceniza de sosa	NE	NA										
2.A.4.c	Producción de magnesia no metalurgia	NE	NA										
2.A.4.d	Otros usos de carbonatos	NE	NA										
2.B	**Industria Química**	**T1**	**D**	**NO, NA**	**NA**	**T2**	**D**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**
2.B.1	Producción de Amoníaco	T1	D										
2.B.2	Producción de Ácido Nítrico					T2	D						
2.B.3	Producción de Ácido Adípico	NO	NA			NO	NA						
2.B.4	Producción de Caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	NA, NO	NA			NO	NA						
2.B.5	Producción de Carburo de Silicio y de Calcio	T1	D	NO, NA	NA								
2.B.6	Producción de Dióxido de Titanio	NO	NA										
2.B.7	Producción de Ceniza de Sosa	NO	NA										
2.B.8	Producción Petroquímica y de negro de humo	NO	NA	NO	NA								
2.B.9	Producción Fluoroquímica							NO	NA	NO	NA	NO	NA
2.B.10	Otros	NO	NA	NA, NO	NA	NA, NO	NA	NO	NA	NO	NA	NO	NA
2.C	**Industria de los Metales**	**T1**	**D**	**NA, NO**	**NA**			**NO**	**NA**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**
2.C.1	Producción de Hierro y Acero	T1	D	NA, NO	NA								
2.C.2	Producción de ferroaleaciones	NO	NA	NO	NA								
2.C.3	Producción primaria de Aluminio	NO	NA							NO	NA	NO	NA
2.C.4	Producción de Magnesio	NO	NA					NO	NA	NO	NA	NO	NA
2.C.5	Producción de Plomo	NO	NA										
2.C.6	Producción de Cinc	NO	NA										
2.D	**Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes**	**T2**	**D**										
2.D.1	Uso de lubricantes	T2	D										
2.D.2	Uso de la cera de parafina	NE	NA										
2.D.3	Uso de solventes												
2.E	**Industria electrónica**					**NO**	**NA**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**
2.E.1	Circuitos integrados o semiconductores					NO	NA	NO	NA	NO	NA	NO	NA
2.E.2	Pantalla plana tipo TFT					NO	NA	NO	NA	NO	NA	NO	NA
2.E.3	Células fotovoltaicas							NO	NA	NO	NA	NO	NA
2.E.4	Fluidos de transferencia térmica							NO	NA	NO	NA	NO	NA
2.F	**Uso de productos sustitutos de la SAO**							**FX**	**NA**	**FX**	**NA**	**NO**	**NA**
2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado							FX	NA	FX	NA	NO	NA
2.F.2	Agentes espumantes							FX	NA	FX	NA	NO	NA
2.F.3	Extinción de incendios							FX	NA	FX	NA	NO	NA
2.F.4	Aerosoles							FX	NA	FX	NA	NO	NA
2.F.5	Solventes							FX	NA	FX	NA	NO	NA
2.F.6	Otras aplicaciones							FX	NA	FX	NA	NO	NA
2.G	**Manufactura y utilización de otros productos**					**T1**	**D**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**	**NO**	**NA**
2.G.1	Equipos Eléctricos							NO	NA	NO	NA	NO	NA

Código del IPCC	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF6	
		MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE
2.G.2	SF_6 y PFC de otros usos de productos									NO	NA	NO	NA
2.G.3	N_2O del uso de productos					T1	D						
2.G.3.a	Aplicaciones médicas					T1	D						
2.G.3.b.i	Propulsor para productos presurizados y aerosoles					NO	NA						
2.G.3.b.ii	Otros					NO	NA						
2.H	Otros												
3	**Agricultura**	**T1**	**D**	**T1, T2**	**D, CS**	**T1, T2**	**D, CS**						
3.A	**Fermentación entérica**			**T1, T2**	**D, CS**								
3.A.1.	Ganado vacuno			T2	CS								
3.A.2.	Ovinos			T1	D								
3.A.3.	Porcinos			T1	D								
3.A.4.	Otras especies			T1	D								
3.B	**Gestión del estiércol**			**T1, T2**	**D, CS**	**T1, T2**	**D**						
3.B.1.	Ganado vacuno			T2	CS	T2	D						
3.B.2.	Ovinos			T1	D	T1	D						
3.B.3.	Porcinos			T1	D	T1	D						
3.B.4.	Otras especies			T1	D	T1	D						
3.B.5.	Emisiones indirectas de N_2O					T1	D						
3.C	Cultivo del arroz			T1	D								
3.D	**Suelos agrícolas**					**T1**	**D**						
3.D.1.	**Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas**					T1	D						
3.D.1.a	Fertilizantes inorgánicos					T1	D						
3.D.1.b	Fertilizantes orgánicos					T1	D						
3.D.1.c	Orina y estiércol depositado					T1	D						
3.D.1.d	Residuos de cosechas					T1	D						
3.D.1.e	Mineralización de la materia orgánica del suelo					NE	NA						
3.D.1.f	Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)					NO	NA						
3.D.2.	**Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas**					**T1**	**D**						
3.E	Quema prescrita de sabanas			NE	NA	NE	NA						
3.F	Quema de residuos agrícolas			NE	NA	NE	NA						
3.G	Encalado	T1	D										
3.H	Aplicación de urea	T1	D										
3.I	Otros fertilizantes que contienen carbono	NO	NA										
4	**UTCUTS**	**T1, T2**	**D, CS**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
4.A	**Tierras forestales**	**T1, T2**	**D, CS**	**NE**	**NA**	**NE**	**NA**						
4.A.1	Tierras forestales que permanecen como tales	T1, T2	D, CS	NE	NA	NE	NA						
4.A.2	Tierras convertidas a Tierras forestales	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
4.B	**Tierras de cultivo**	**NE**	**NA**	**NE**	**NA**	**NE**	**NA**						
4.B.1	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
4.B.2	Tierras convertidas a Tierras de cultivo	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
4.C	**Pastizales**	**NE**	**NA**	**NE**	**NA**	**NE**	**NA**						
4.C.1	Pastizales que permanecen como tales	NE	NA	NE	NA	NE	NA						

Código del IPCC	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2		CH_4		N_2O		HFC		PFC		SF6	
		MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE	MA	FE
4.C.2	Tierras convertidas a Pastizales	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
4.D	**Humedales**	**NE**	**NA**	**NE**	**NA**	**NE**	**NA**						
4.D.1	Humedales que permanecen como tales	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
4.D.2	Tierras convertidas a Humedales	NE	NA	NE	NA	NE	NA						
4.E	**Asentamientos**	**NE**	**NA**	**NO**	**NA**	**NE**	**NA**						
4.E.1	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NA	NO	NA	NE	NA						
4.E.2	Tierras convertidas a Asentamientos	NE	NA	NO	NA	NE	NA						
4.F	**Otras tierras**	**NE**	**NA**	**NO**	**NA**	**NE**	**NA**						
4.F.1	Otras tierras que permanecen como tales												
4.F.2	Tierras convertidas a Otras tierras	NE	NA	NO	NA	NE	NA						
4.G	**Productos de madera recolectada**	NE	NA										
5	**Desechos**	**T2a**	**D**	**T1, T2**	**D**	**T1**	**D**						
5.A	**Disposición de desechos sólidos**			**T2**	**D**								
5.A.1	Sitios gestionados de disposición de desechos			IE	NA								
5.A.2	Sitios no gestionados de disposición de desechos			IE	NA								
5.A.3	Sitios no categorizados de disposición de desechos			T2	D								
5.B	**Tratamiento biológico de desechos sólidos**			**T1**	**D**	**T1**	**D**						
5.C	**Incineración e incineración abierta de desechos**	**T2a**	**D**	**T1**	**D**	**T1**	**D**						
5.C.1	Incineración de desechos	T2a	D	NE	NA	NE	NA						
5.C.2	Incineración abierta de desechos	T2a	D	T1	D	T1	D						
5.D	**Tratamiento y eliminación de aguas residuales**			**T1**	**D**	**T1**	**D**						
5.D.1	Aguas residuales domésticas			T1	D	T1	D						
5.D.2	Aguas residuales industriales			T1	D								
Partidas informativas													
Bunkers internacionales		T1	D	T1	D	T1	D						
Aviación Internacional		T1	D	T1	D	T1	D						
Navegación Internacional		NE	NA	NE	NA	NE	NA						
Operaciones multilaterales		NE	NA	NE	NA	NE	NA						
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa		T1	D										
CO_2 capturado		NO	NA										
N_2O indirecto						NE	NA						
CO_2 indirecto		NE	NA										

MA: Método aplicado; FE: Factor de emisión; T1: Nivel 1, T2: Nivel 2; T2a: Nivel 2 a; T3: Nivel 3; CS: Específico de País; D: Por defecto; IE: Incluida en otro lugar; NA: No aplica; NE: No estimada; NO: No ocurre; FX: Flexibilidad. Fuente: Equipo Técnico de INGEI

1.3.2. Fuentes de Información

En este INGEI se ha avanzado respecto a reportes anteriores en el acceso a mejores fuentes de información, incluyendo estadísticas nacionales de datos de actividad y paramétricos; y criterio de expertos. Se pretende, en corto plazo, establecer arreglos institucionales robustos con los organismos proveedores de esta información para la sostenibilidad del sistema de gestión del inventario de gases de efecto invernadero.

En la Tabla 1.5 se resumen las principales fuentes de información (datos de actividad y paramétricos) utilizadas por cada sector en el INGEI de Cuba. En los capítulos correspondientes a los sectores se encuentran más detalles sobre cada fuente de información y las categorías asociadas.

Tabla 1.5. Principales fuentes de información para el INGEI de Cuba serie 1990-2022

Fuente de información	Información
Energía	
ONEI **MINEM**	- Balance Energético Nacional
MITRANS **GEMAR** **IACC, CACSA**	- Consumo de combustibles en el transporte terrestre - Consumo de combustibles en el transporte marítimo y fluvial - Consumo de combustibles de la aviación civil
IPPU	
ONEI	- Producción de cemento - Producción de cal - Producción de varios tipos de materiales para la construcción (cerámicas) - Producción de acero - Consumo de grasas y lubricantes
MICONS - GECEM - GEICON	- Producción de clinker y datos paramétricos - Datos paramétricos sobre la producción de cerámicas
MINDUS - CIIQ - GEIQ - GESIME - Fábrica de Vidrios “La Lisa”	- Producción de vidrio en la Fábrica de Vidrios “La Lisa” - Producción de amoníaco - Producción de ácido nítrico - Producción y consumo de Carburo de Calcio - Producción de N_2O - Datos paramétricos - Producción de acero por tipos de hornos
Agricultura	
ONEI	- Poblaciones de especies animales - Producción, rendimiento y superficie sembrada de diversos cultivos
MINAG - IIPF - CIMAGT - IIG - IS - GPOR - CENCOP - GAG - Dirección de Suelos y Fertilizantes - Dirección de Ganadería - Dirección de Agricultura	- Factores de ajustes de las poblaciones promedio del ganado vacuno - Distribución de los sistemas de gestión del estiércol por especie animal - Consumo de urea como fertilizante - Consumo de cal como fertilizante - Consumo de fertilizantes sintéticos nitrogenados - Datos paramétricos para el cálculo de factores de emisión específicos de país del ganado vacuno - Datos paramétricos sobre las tecnologías de manejo en el cultivo del arroz

MES - ICA - EEPFIH	- Datos paramétricos para el cálculo de factores de emisión CH_4 específicos de país
UTCUTS	
MINAG - INAF - DSEF - IIFT - GAF	- Dinámica Forestal de la DSEF - Superficie de frutales arbóreos - Estadísticas de producción forestal - Superficie de los diferentes tipos de bosques - Datos paramétricos como fracciones de carbono en la materia seca, volumen de madera por surtido
Desechos	
ONEI	- Datos de población urbana y rural - Desechos orgánicos sometidos a tratamiento biológico - Desechos sólidos municipales dispuestos en vertederos
ORSA	- Desechos incinerados sin recuperación de energía - Fracción de desechos incinerados por incendios accidentales en SDDS
INRH	- Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel nacional
MINDUS **MINAL** **MINEM** **AZCUBA** **Suchel Camacho S.A**	- Sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales a nivel nacional

Fuente: Equipo Técnico del INGEI

1.4. Análisis de categorías principales

Una categoría principal es toda aquella que influye significativamente sobre el INGEI de un país, en cuanto: al nivel absoluto, la tendencia, la incertidumbre de emisiones y absorciones. Son priorizadas dentro del sistema del inventario nacional y su identificación permite priorizar los sectores o actividades a los que el país debe dedicar los mayores esfuerzos y recursos.

En este informe se utilizó la metodología implementada en el Capítulo 4, Volumen 1 de las Directrices del IPCC (2006) para el análisis de categorías principales. Se aplicó el Método 1 que contempló una evaluación cuantitativa del nivel absoluto y de la tendencia de las emisiones y absorciones de GEI (Anexo 1). Las categorías incluidas en el análisis fueron desagregadas según el nivel de agregación y las consideraciones especiales sugeridos para el Método 1 (Cuadro 4.1, Capítulo 4, Volumen 1, página 4.8, IPCC, 2006).

Al usar el Método 1, se identificaron las categorías principales mediante un umbral de emisiones acumulativas del 95% del nivel total, tanto para la evaluación del nivel como para la evaluación de la tendencia. La evaluación de nivel se realizó para el año base 1990 y para el año de inventario 2022. Para ambos años se realizó el análisis incluyendo y excluyendo el sector UTCUTS, por lo que en total se usaron 6 criterios de identificación.

1.4.1. Resultados del análisis de categorías principales

En la Tabla 1.6 se muestran los resultados obtenidos de la determinación de categorías de fuentes/sumideros claves para el inventario en el año base de 1990. Cuando se incluye el sector UTCUTS se observaron 29 categorías principales según la evaluación de nivel. El

sector UTCUTS aportó solo una categoría principal (solo se contabiliza esta categoría en el país), sin embargo, fue la categoría que en mayor nivel contribuyó a las emisiones y absorciones del INGEI en ese año. El sector que más categorías principales presentó fue Energía (11). Le siguieron Agricultura (10), IPPU (4) y Desechos (3). El mayor número de categorías principales correspondió a fuentes de emisión de CH_4 y N_2O con 10 cada uno. Le siguieron las fuentes/sumideros de CO_2 con 9 categorías.

Tabla 1.6. Análisis de nivel para categorías principales, incluido UTCUTS (1990)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	-12576.48	12576.48	16.94%	16.94%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	12021.87	16.20%	33.14%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	9.50%	42.64%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	7.11%	49.75%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	3633.73	4.90%	54.65%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	4.67%	59.32%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	4.02%	63.34%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	3.72%	67.06%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	3.26%	70.31%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	3.16%	73.47%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	2.58%	76.05%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	1662.30	2.24%	78.29%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	2.03%	80.32%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	1097.28	1.48%	81.80%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1.46%	83.26%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	981.33	981.33	1.32%	84.59%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	1.28%	85.87%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	879.07	879.07	1.18%	87.05%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	758.58	1.02%	88.08%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	0.99%	89.06%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	713.20	713.20	0.96%	90.03%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	649.05	0.87%	90.90%
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	570.95	570.95	0.77%	91.67%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	513.29	0.69%	92.36%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	438.58	438.58	0.59%	92.95%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	0.57%	93.52%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	406.75	406.75	0.55%	94.07%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	0.54%	94.61%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	347.34	347.34	0.47%	95.07%

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Al excluir el sector UTCUTS en el año 1990, el número de categorías principales aumentó a 30 según la evaluación de nivel (Tabla 1.7). Las categorías de Agricultura aumentaron a

12 siendo el sector que más categorías principales aportó. El resto de los sectores mantuvieron el mismo comportamiento que se observó al incluir las emisiones y absorciones de UTCUTS. El mayor número de categorías principales correspondió a fuentes de emisión de N_2O y CH_4, las cuales reportaron 11 categorías cada una. Las fuentes de emisión de CO_2 reportaron 8 categorías principales.

Tabla 1.7. Análisis de nivel de categorías principales, excluido UTCUTS (1990)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	12021.87	19.50%	19.50%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	11.44%	30.94%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	8.56%	39.50%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	3633.73	5.89%	45.40%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	5.62%	51.02%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	4.84%	55.86%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	4.47%	60.33%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	3.92%	64.26%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	3.81%	68.06%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	3.11%	71.17%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	1662.30	2.70%	73.86%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	2.44%	76.31%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	1097.28	1.78%	78.09%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1.76%	79.85%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	981.33	981.33	1.59%	81.44%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	1.55%	82.99%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	879.07	879.07	1.43%	84.41%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	758.58	1.23%	85.64%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	1.19%	86.83%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	713.20	713.20	1.16%	87.99%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	649.05	1.05%	89.04%
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	570.95	570.95	0.93%	89.97%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	513.29	0.83%	90.80%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	438.58	438.58	0.71%	91.51%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	0.69%	92.20%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	406.75	406.75	0.66%	92.86%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	0.65%	93.51%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	347.34	347.34	0.56%	94.07%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	329.52	329.52	0.53%	94.60%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	300.64	300.64	0.49%	95.09%

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En el último año del inventario, 2022, se identificaron 22 categorías principales cuando se incluye UTCUTS (Tabla 1.8). Esto representa una disminución respecto al año base 1990.

La *subcategoría 4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal*, continuó siendo la que en mayor nivel contribuyó a las emisiones y absorciones de GEI en 2022. Al igual que en 1990, el sector que más categorías principales contuvo fue Energía (10). Le siguieron el sector Agricultura (8) y el sector Desechos (3). El sector IPPU no reportó categorías principales debido a la depresión que sufrieron las actividades industriales en el país. El mayor número de categorías principales correspondió a fuentes de emisión de CH_4 (10). Le siguieron las fuentes/sumideros de CO_2 (7), y las fuentes de emisión de N_2O (5).

Tabla 1.8. Análisis de nivel de categorías principales, incluido UTCUTS (2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	-27766.06	27766.06	35.98%	35.98%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	15348.44	15348.44	19.89%	55.88%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	5920.51	5920.51	7.67%	63.55%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	4248.03	4248.03	5.51%	69.05%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	2985.68	2985.68	3.87%	72.92%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2265.28	2265.28	2.94%	75.86%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	1970.48	1970.48	2.55%	78.41%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	1658.02	1658.02	2.15%	80.56%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	1540.91	1540.91	2.00%	82.56%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1368.63	1368.63	1.77%	84.33%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1221.09	1221.09	1.58%	85.91%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	1195.71	1195.71	1.55%	87.46%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	1015.47	1015.47	1.32%	88.78%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	861.13	861.13	1.12%	89.90%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	770.19	770.19	1.00%	90.89%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	690.33	690.33	0.89%	91.79%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	579.37	579.37	0.75%	92.54%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	457.53	457.53	0.59%	93.13%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	440.35	440.35	0.57%	93.70%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	428.01	428.01	0.55%	94.26%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	363.88	363.88	0.47%	94.73%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	348.47	348.47	0.45%	95.18%

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En la tabla 1.9 se puede observar que cuando en el año 2022 se excluye el sector UTCUTS el número de categorías principales por el análisis de nivel se incrementó a un total de 26, aunque esta cifra es menor con respecto al año 1990 con exclusión de UTCUTS. Los sectores que más categorías principales tuvieron fueron Energía y Agricultura con 12 y 10 categorías principales cada uno. El sector Desechos se mantuvo con 3 categorías y el sector IPPU reportó 1. El mayor número de categorías principales correspondió a fuentes de emisión de CH_4 (11). Las fuentes de emisión de CO_2 y de N_2O reportaron 8 y 7 categorías principales respectivamente.

Tabla 1.9. Análisis de nivel de categorías principales, excluido UTCUTS (2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO_2-eq	|Emisiones kt CO_2-eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	15348.44	15348.44	31.07%	31.07%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	5920.51	5920.51	11.99%	43.06%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	4248.03	4248.03	8.60%	51.66%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	2985.68	2985.68	6.04%	57.70%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2265.28	2265.28	4.59%	62.29%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	1970.48	1970.48	3.99%	66.28%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	1658.02	1658.02	3.36%	69.63%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	1540.91	1540.91	3.12%	72.75%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1368.63	1368.63	2.77%	75.52%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1221.09	1221.09	2.47%	78.00%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	1195.71	1195.71	2.42%	80.42%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	1015.47	1015.47	2.06%	82.47%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	861.13	861.13	1.74%	84.22%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	770.19	770.19	1.56%	85.78%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	690.33	690.33	1.40%	87.17%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	579.37	579.37	1.17%	88.35%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	457.53	457.53	0.93%	89.27%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	440.35	440.35	0.89%	90.16%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	428.01	428.01	0.87%	91.03%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	363.88	363.88	0.74%	91.77%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	348.47	348.47	0.71%	92.47%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	337.52	337.52	0.68%	93.16%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	294.85	294.85	0.60%	93.75%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	291.90	291.90	0.59%	94.34%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	283.55	283.55	0.57%	94.92%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	250.14	250.14	0.51%	95.42%

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Al analizar las categorías principales por la evaluación de tendencia incluyendo el sector UTCUTS se obtuvo un total de 25 (Tabla 1.10). A diferencia de la evaluación de nivel, la *subcategoría 1.A.1 Industria de la energía (combustibles líquidos)* fue la de mayor importancia, seguida de la *subcategoría 4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal*. Los sectores que más categorías principales aportaron fueron Energía (10) y Agricultura (8). Los sectores Desechos e IPPU aportaron 2 y 4 categorías respectivamente. El mayor número de categorías principales correspondió a fuentes de emisión de CH_4 y N_2O con 9 categorías cada uno. Le siguieron las fuentes/sumideros de CO_2 con 7 categorías.

Tabla 1.10. Análisis de tendencia de categorías principales, incluido UTCUTS (Serie 1990-2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	12.99	12.99	15348.44	15348.44	0.20671779	31.95%	31.95%
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	-12576.48	12576.48	-27766.06	27766.06	0.10990327	16.99%	48.94%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	12021.87	32.45	32.45	0.07096478	10.97%	59.91%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	4248.03	4248.03	0.04085598	6.31%	66.22%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	5920.51	5920.51	0.03789046	5.86%	72.08%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	1970.48	1970.48	0.02219189	3.43%	75.51%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	2985.68	2985.68	0.01963940	3.04%	78.55%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	1195.71	1195.71	0.01523478	2.35%	80.90%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	2265.28	2265.28	0.01279719	1.98%	82.88%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1368.63	1368.63	0.01198878	1.85%	84.73%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	440.35	440.35	0.00800067	1.24%	85.97%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	254.15	254.15	690.33	690.33	0.00779157	1.20%	87.17%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	1540.91	1540.91	0.00640531	0.99%	88.16%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	1097.28	38.30	38.30	0.00600108	0.93%	89.09%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	879.07	879.07	9.31	9.31	0.00509564	0.79%	89.88%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	1221.09	1221.09	0.00507591	0.78%	90.66%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	294.85	294.85	0.00496973	0.77%	91.43%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	770.19	770.19	0.00471794	0.73%	92.16%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	300.64	300.64	457.53	457.53	0.00437890	0.68%	92.84%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	9.42	9.42	283.55	283.55	0.00376439	0.58%	93.42%
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	570.95	570.95	NO	NO	0.00339104	0.52%	93.94%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	513.29	32.20	32.20	0.00261480	0.40%	94.35%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	438.58	438.58	1.14	1.14	0.00258958	0.40%	94.75%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	363.88	363.88	0.00239008	0.37%	95.12%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	337.52	337.52	0.00218127	0.34%	95.45%

NO: No ocurre. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Al excluir UTCUTS el número de categorías principales se mantuvo en 25 de acuerdo al análisis de tendencia (Tabla 1.11). El sector que más categorías principales contuvo fue Energía con un total de 11. Le siguió el sector Agricultura, el cual aumentó a 10 categorías respecto al análisis incluyendo UTCUTS. El sector desechos aumentó a 3 categorías principales y el sector IPPU a 1. El mayor número de categorías principales correspondió a fuentes de emisión de CH_4 (11). Las fuentes de emisión de CO_2 y e N_2O reportaron 7 categorías cada una.

Tabla 1.11. Análisis de tendencia de categorías principales, excluido UTCUTS (Serie 1990-2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	12.99	12.99	15348.44	15348.44	0.24898473	32.37%	32.37%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	5920.51	5920.51	0.09604339	12.48%	44.85%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	4248.03	4248.03	0.06891226	8.96%	53.81%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	2985.68	2985.68	0.04843413	6.30%	60.10%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	2265.28	2265.28	0.03674778	4.78%	64.88%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	1970.48	1970.48	0.03196545	4.16%	69.04%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	3633.73	1658.02	1658.02	0.02689669	3.50%	72.53%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	1540.91	1540.91	0.02499680	3.25%	75.78%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1368.63	1368.63	0.02220212	2.89%	78.67%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	1195.71	1195.71	0.01939707	2.52%	81.19%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	1662.30	861.13	861.13	0.01396933	1.82%	83.01%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	770.19	770.19	0.01249408	1.62%	84.63%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	254.15	254.15	690.33	690.33	0.01119863	1.46%	86.09%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	981.33	981.33	579.37	579.37	0.00939857	1.22%	87.31%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	300.64	300.64	457.53	457.53	0.00742214	0.96%	88.27%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	440.35	440.35	0.00714346	0.93%	89.20%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	713.20	713.20	428.01	428.01	0.00694327	0.90%	90.10%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	363.88	363.88	0.00590297	0.77%	90.87%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	649.05	348.47	348.47	0.00565296	0.73%	91.61%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	337.52	337.52	0.00547528	0.71%	92.32%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	1221.09	1221.09	0.00508977	0.66%	92.98%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	294.85	294.85	0.00478314	0.62%	93.60%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	758.58	291.90	291.90	0.00473530	0.62%	94.22%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	9.42	9.42	283.55	283.55	0.00459979	0.60%	94.81%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	329.52	329.52	250.14	250.14	0.00405778	0.53%	95.34%

NO: No ocurre. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En el Anexo 1 se presenta de forma detallada el análisis de categorías clave para todas las categorías estimadas para los años 1990 y 2022.

1.4.2. Resumen del análisis de categorías principales

En la Tabla 1.12 se muestra un resumen de los resultados obtenidos de la determinación de categorías clave para el INGEI utilizando 6 criterios. La comparación de dichos criterios resaltó la importancia de la remoción de CO_2 de la *subcategoría Tierras forestales que permanecen como tales del sector UTCUTS*. Esta categoría destacó con la mayor contribución a las emisiones y absorciones del INGEI en el año base 1990 y en el último

año de la serie 2022 y constituyó la segunda en importancia por la evaluación de la tendencia. Otras fuentes importantes identificadas fueron las emisiones de CO_2 en el sector Energía por las categorías: *Industrias de la energía, Industrias manufactureras y de construcción* y*Transporte terrestre.*

Las categorías claves por fuentes de CH_4 fueron principalmente: *Fermentación entérica* del ganado vacuno en el sector Agricultura; *Disposición de desechos sólidos, Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*, en el sector Desechos; *Emisiones Fugitivas e Industrias de la Energía-Biomasa* en el sector Energía.

En cuanto a las fuentes emisoras de N_2O destacaron los *Fertilizantes orgánicos, Orinas y éstiercol depositados en suelos gestionados, Residuos de cosechas y Emisiones indirectas* en el sector Agricultura; así como también *Industrias de la Energía-Biomasa*, en el sector Energía.

Tabla 1.12. Resumen del análisis de categorías principales por nivel y tendencia, Método 1 (Serie 1990-2022)

Categoría del IPCC	GEI	Año 1990 (con UTCUTS)	Año 1990 (sin UTCUTS)	Año 2022 (con UTCUTS)	Año 2022 (sin UTCUTS)
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	-	-	L1	L1
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	T1	T1	L1 ; T1	L1 ; T1
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	L1 ; T1	L1	T1	-
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	L1	L1	-	-
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	L1 ; T1	L1	T1	-
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	L1	L1 ; T1	L1	L1 ; T1
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	L1	L1 ; T1	-	L1 ; T1
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	L1	L1 ; T1	L1	L1 ; T1
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	T1	T1	T1	L1 ; T1
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	T1	T1	L1 ; T1	L1 ; T1
2.A.1 Producción de cemento	CO2	L1 ; T1	L1 ; T1	T1	L1 ; T1
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	L1 ; T1	L1	T1	-
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	L1 ; T1	L1	T1	-
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	L1 ; T1	L1	T1	-
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	L1	L1 ; T1	L1	L1 ; T1
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	L1	L1	-	-
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	-	L1 ; T1	-	L1 ; T1
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	L1 ; T1	T1	T1	L1 ; T1
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	L1 ; T1	L1	T1	-
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1

Categoría del IPCC	GEI	Año 1990 (con UTCUTS)	Año 1990 (sin UTCUTS)	Año 2022 (con UTCUTS)	Año 2022 (sin UTCUTS)
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agricolas	N2O	L1	L1 ; T1	L1	L1 ; T1
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	L1 ; T1	NA	L1 ; T1	NA
5.A.3 Sitios no categorizados de desechos solidos	CH4	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1	L1 ; T1
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	L1	L1 ; T1	L1	L1 ; T1

L1: Evaluación de nivel por el método 1; T1: evaluación de tendencia por el método 1; NA: No aplica
Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

1.5 Descripción general del plan de procedimiento de control y garantía de la calidad (QA/QC) y su implementación

El principal objetivo de este plan es contribuir al cumplimiento de los indicadores de calidad del INGEI según las orientaciones de las Directrices del IPCC de 2006:

- **Transparencia:** debe existir documentación clara y suficiente para que las personas o instituciones que no sean los elaboradores del inventario entiendan el proceso de compilación del inventario y puedan replicar los resultados.

Se incluye la información necesaria que garantiza la trazabilidad de los datos de actividad y paramétricos, factores de emisión, así como los criterios de expertos utilizados para realizar los cálculos. Esta información incluye además las metodologías utilizadas y las fuentes de información de los datos provenientes de fuentes oficiales y públicas para todas las categorías y subcategorías calculadas.

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

Se estiman las emisiones y absorciones para todas las fuentes y sumideros con información disponible para toda la serie temporal. En aquellas categorías que se declaran como “No estimadas” se documenta esta ausencia y las causas correspondientes. Se utilizan las claves de notación establecidas para el completamiento de las tablas comunes de reporte (CRT) para la presentación de la información.

- **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 la aplicación de metodologías diferentes.

Se realizan las estimaciones para la serie temporal de cada gas y categoría del inventario siguiendo la misma metodología y supuestos declarados. En los casos particulares donde se modificaron las condiciones de cálculo se justifican con claridad los cambios y se realizaron los recálculos de toda la serie.

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

Se presentaron los resultados en los formatos requeridos en las diferentes decisiones de la CMNUCC como las CRT y el esbozo del DIN, lo que permite su comparación con los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero correspondientes a otros países.

• **Exactitud:** no debe contener estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida en la que pueda juzgarse. Por lo tanto, se trabajó por disminuir el sesgo en las estimaciones del inventario a partir de los recursos disponibles.

El plan de GC/CC permite establecer y sostener en el tiempo todas las actividades necesarias que garanticen la calidad del inventario. Estos procesos se encuentran presentes en todas las etapas de elaboración del inventario y constituyen una pieza clave para la marcha correcta del plan de trabajo.

En Cuba este plan de GC/CC se encuentra en proceso de construcción y mejora continua, yendo a contar con un sistema de gestión de calidad (SGC) establecido. No obstante, para la elaboración del INGEI, serie 1990-2022 se han llevado a cabo acciones encaminadas a mejorar y establecer una ruta de trabajo que garantice la permanencia en el tiempo del control y garantía de la calidad del inventario. Este plan está disponible para todo el grupo de trabajo del INGEI. De esta forma se garantiza el conocimiento de estos procesos a todos los implicados en la elaboración del INGEI y facilita su permanencia en el tiempo.

Control de Calidad (CC)

Es un sistema de actividades técnicas sistemáticas, para medir y controlar la calidad del inventario. El sistema CC está diseñado para:

- Proporcionar chequeos sistemáticos y consistentes para asegurar la integridad de los datos, su corrección y exhaustividad.
- Identificar y subsanar los errores y omisiones.
- Documentar y archivar el material del inventario y registrar todas las actividades CC.

Las actividades CC incluyen métodos generales tales como chequeos de seguridad sobre la adquisición de datos y cálculos, así como el uso de procedimientos estandarizados aprobados para los cálculos de emisiones, estimación de incertidumbres, archivo de la información y reporte. Mayores “Niveles” para CC incluyen actividades de revisión técnica más complejas.

Aseguramiento/Garantía de la Calidad (AC)

Estas actividades incluyen un sistema planificado de procedimientos de revisión, conducido por personal no directamente involucrado en el proceso compilación/desarrollo del inventario. La revisión, preferiblemente por terceras partes independientes, deberá ser realizada después de finalizado el inventario y aplicados los procedimientos de CC.

La revisión verifica que los objetivos de calidad de los datos fueron cumplimentados, asegura que el inventario representa los mejores estimados posibles de emisiones y remociones de acuerdo al estado actual del conocimiento científico y la disponibilidad de datos y apoya la efectividad del programa de CC.

Elementos de un Sistema QA/QC

Los elementos principales a ser considerados en el desarrollo de un sistema QA/QC para la compilación del inventario son los siguientes:

- Una agencia de inventario responsable de coordinar las actividades QA/QC.
- Un plan QA/QC.
- Procedimientos generales de CC (Nivel 1).
- Procedimientos de CC específicos por categorías de fuentes (Nivel 2).
- Procedimientos AC para la revisión y verificación.
- Procedimientos para el reporte, archivo y documentación.

Agencia de Inventario

En este caso, actúa como Agencia del Inventario, el Equipo Técnico de Gases de Invernadero (ETGI), coordinado por el Instituto de Meteorología de Cuba. Este equipo, es el responsable de instrumentar, orientar y coordinar las actividades QA/QC para el inventario nacional.

Plan de QA/QC

Este, es un elemento fundamental del Sistema QA/QC y su preparación, constituye una *buena práctica*. El plan de QA/QC, es un documento interno para organizar, planear, e implementar las actividades QA/QC. El plan elaborado para este reporte del inventario sigue (donde resulta posible), las indicaciones de las Directrices del IPCC, 2006 para este objetivo.

Procedimientos de Control de Calidad

Procedimientos Generales de Control de Calidad (Nivel 1)

El nivel de las actividades de QA/QC que se implementan, debe ser compatible con los métodos o "niveles" utilizados para estimar las emisiones para categorías particulares de fuentes. Se recomienda que los mayores esfuerzos y recursos, en estas actividades, se destinen hacia las *categorías claves* y hacia aquellas categorías de fuentes donde han ocurrido, recientemente, cambios en los datos y las metodologías. Lo anterior no impide que, al menos, los procedimientos generales de Nivel 1 se apliquen a todas las categorías de fuentes tratadas en el inventario.

Estos procedimientos generales aparecen señalados en la Tabla 1.13 y se dirigen básicamente hacia las técnicas de CC para el procesamiento, manipulación, documentación, archivo, así como los procedimientos de reporte, que son comunes a todas las categorías de fuente del inventario. Los hallazgos de esas actividades de CC deberán documentarse (ver Anexo 4).

Tabla 1.13. Procedimientos de control de calidad a nivel general del inventario (Nivel 1)

Actividad CC	Acciones desarrolladas en la preparación de este reporte del Inventario
Verificar que las asunciones y criterios para la selección de datos de actividad y factores de emisión están documentados.	En cada categoría de fuente del inventario, se describen las asunciones y criterios utilizados para la selección de los datos de actividad y factores de emisión. Esta información se incluye en el reporte del inventario.
Verificar posibles errores de trascripción en los datos de entrada.	Se efectuaron chequeos de transcripciones de datos de entrada. Se enmendaron algunos errores detectados en reportes previos.
Verificar que las emisiones son calculadas correctamente.	Se chequearon todos los cálculos realizados por un miembro delequipo diferente al que realizó el cálculo original. Se enmendaron algunos errores detectados en reportes previos y se verificó que el software I P C C realizara apropiadamente todas las operaciones programadas comparando con los cálculos realizados en hojas Excel y la plataforma que utilizó el grupo sectorial Agricultura-UTCUTS.
Verificar que las diferentes unidades utilizadas están correctamente registradas y los factores apropiados de conversión son utilizados.	Se chequeó el uso de las unidades y los factores de conversión utilizados, especialmente en el trabajo previo a los cálculos, pues estos se realizan en las unidades típicas recomendadas por las Guías del IPCC, 2006. Asimismo, se revisaron las tablas, gráficos, hojas de trabajo y resúmenes, para que aparezcan en las unidades establecidas.
Verificar la integridad de los ficheros de la base de datos.	Los ficheros que se manejan en el inventario, básicamente corresponden a los del Software del IPCC versión 2.93 y la base de datos de actividad, y comprenden pasos de procesamiento estandarizado en plantillas EXCEL que fueron chequeados en detalle.
Verificar la consistencia en los datos entre las categorías de fuentes.	Se verificó el uso adecuado y consistencia de los datos de actividad que son comunes a varias categorías de fuentes.

Actividad CC	Acciones desarrolladas en la preparación de este reporte del Inventario
Verificar que el movimiento de los datos del inventario entre los pasos de procesamiento es correcto.	En el inventario, se chequeó que los datos de emisión son adecuadamente agregados desde los niveles inferiores de reporte a los mayores.
Verificar que las incertidumbres de las emisiones y remociones son estimadas o calculadas correctamente.	En el inventario, se chequearon los cálculos de incertidumbres realizados y los criterios utilizados para este objetivo. Se realizó una evaluación de incertidumbre para cada dato y factor utilizado, así como para las emisiones estimadas por categorías de fuentes y el inventario en general para los GEI: CO_2, CH_4 y N_2O.
Realizar revisión de la documentación interna.	En el inventario se chequeó la existencia y disponibilidad de la documentación interna que facilita su revisión.
Verificar la ocurrencia de cambios metodológicos y de datos que resulten en recálculos.	Para cada categoría de fuente donde se realizaron cambios metodológicos, de datos de actividad o parámetros de emisión se procedió al recálculo de las emisiones estimadas para la misma en todos los reportes previos del inventario. Con esto se garantizó la coherencia temporal de la serie de emisiones.
Realizar chequeos de exhaustividad.	Este chequeo verificó que se reportan las determinaciones para las mismas categorías de fuentes incluidas en los inventarios de todos los años evaluados. Además, en el reporte del inventario se incluye una valoración de exhaustividad para cada categoría de fuente – sumidero evaluado. Se utilizan las claves de notación establecidas para el completamiento de las tablas comunes de reporte (CRT) para la presentación de la información.
Compare los estimados con los previamente realizados	En el inventario, se compararon los resultados obtenidos en cada categoría de fuente, con los obtenidos en reportes previos y se analizaron las causas de las diferencias observadas. En el caso de variaciones aparentemente anómalas en la serie, se profundizó en su causa y se efectuaron correcciones en los casos que resultó necesario.

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Procedimientos Específicos de CC para Categorías de Fuentes (Nivel 2)

Al contrario de los procedimientos generales descritos en el epígrafe anterior, las técnicas de CC para categorías específicas de fuentes, se dirigen a tipos determinados de datos utilizados en los métodos de estimación, para categorías individuales de fuentes o sumideros. Esas técnicas, requieren conocimiento de la categoría de fuente o sumidero, los tipos de datos disponibles y los parámetros asociados con las emisiones (*IPCC, 2006)*. Es importante hacer notar, que estas actividades de Nivel 2 son adicionales a las generales de Nivel 1 mencionadas con anterioridad. Este análisis de Nivel 2, se realizó caso por caso, focalizando en las categorías principales y en otras categorías donde han tenido lugar revisiones significativas de métodos y datos en este reporte del inventario en comparación con los reportes previos.

Control de Calidad de los Datos de Emisión y los Datos de Actividad

Para el caso de los reportes del inventario de Cuba donde, hasta el momento, se utilizan en buena medida factores de emisión por defecto del IPCC, 2006 se considera como una *buena práctica* para la agencia de inventario, evaluar la aplicabilidad de esos factores a las circunstancias nacionales. Esta evaluación, puede incluir un análisis de las condiciones nacionales comparadas con el contexto de los estudios sobre los que están

basados los factores por defecto del IPCC. Sobre este aspecto, debe decirse que el ETGI no dispuso de la mayoría de los trabajos originales sobre los cuales están basados los factores de emisión por defecto del IPCC, por lo que el análisis se realizó básicamente a partir de la información disponible en las Directrices del IPCC, 2006.

Con relación a los datos de actividad, el grupo de trabajo en INGEI, está conformado por expertos en datos de los diferentes sectores abordados en el inventario. Estos expertos pertenecen a la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) que es la principal suministradora de datos de actividad para el inventario, también por expertos temáticos de Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) de los sectores Energía, IPPU, Desechos, Agricultura-UTCUTS. Los procedimientos de CC de la ONEI, satisfacen las actividades mínimas de CC establecidas. Para las categorías de fuentes en que se detectaron posibles problemas con la falta de representatividad de los datos, se instrumentaron acciones complementarias, incluyendo captaciones adicionales de información con los equipos sectoriales y juicios de expertos. Esta situación, se confrontó especialmente con las fuentes móviles, el ganado vacuno, tierras forestales y categorías del sector Desechos e IPPU en las que la información pública de la ONEI no satisfacía completamente los requerimientos del inventario. Los resultados generales de este control para las categorías principales, se presentan en la Tabla 1.14

Comparaciones de Emisiones

Es una práctica estándar de CC comparar las emisiones de cada categoría de fuente con estimados realizados previamente, tendencias históricas o cálculos referenciados en la bibliografía. En este reporte se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos para todos los años del período 1990 – 2022. Este análisis verificó que los valores de emisión obtenidos, están en concordancia con lo que debe esperarse, y el comportamiento de la serie de emisiones (incluyendo los cambios detectados), está en concordancia con la evolución de la economía cubana y otros datos claves para el período y sectores analizados.

Tabla 1.14. Control de calidad de los datos de emisión y datos de actividad procedentes de las categorías principales en el INGEI de Cuba

Categoría Clave	Comentario
Emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustibles fósiles	La información básica para esta estimación procede del balance nacional de energía preparado por la ONEI y que ha sido suministrado a organizaciones internacionales como la OLADE. Esta información se considera de calidad y adicionalmente, en los chequeos efectuados, no se detectaron diferencias estadísticas significativas en las series temporales. Las emisiones desde esta categoría de fuente se consideran con alta calidad y baja incertidumbre, un aspecto importante dado el alto peso de esta categoría sobre el total de emisiones de GEI en el país.
Emisiones de CH_4 procedentes de la fermentación entérica y gestión del estiércol.	En este reporte del inventario se utiliza un método de Nivel 2 en el cual los factores de emisión fueron calculados a partir de datos específicos del país. Se satisface también la indicación de las Directrices IPCC, 2006 de trabajar con TIER superiores la estimación de emisiones procedentes de las categorías claves. Para satisfacer esta indicación, los cálculos del INGEI se hicieron para una caracterización mejorada muy desagregada del ganado vacuno.

Categoría Clave	Comentario
Emisiones de N_2O procedentes de los suelos agrícolas	En el inventario se utilizan los factores de emisión por defecto de las Directrices IPCC, 2006. En el período se pudo avanzar en la mejora de las estimaciones en esta categoría a partir de una mayor exhaustividad en datos de actividad de las subcategorías no estimadas anteriormente. Se verificaron los datos utilizados, se subsanaron algunos errores y se intentó mejorar la información disponible sobre el uso de fertilizantes sintéticos del nitrógeno. Se comprobó y mejoró la información disponible sobre los animales en praderas y pastizales. Aún se requiere una revisión más exhaustiva de los fertilizantes orgánicos y de los residuos de cosecha. Para próximos reportes del inventario, esta es una categoría que requiere aún de mayor trabajo en el tema del control y aseguramiento de la calidad.
Emisiones de CH_4 procedentesde la disposición de desechos sólidos en la tierra.	Las emisiones fueron calculadas con el método de Descomposición de Primer Orden (que esel recomendado como buena práctica) utilizando la versión actual del IPCC 2006 Waste Model (IPCC, 2006) y software IPCC versión 2.93. En la determinación se utilizan datos específicos para el país que se consideran de calidad aceptable. La aplicación de este método conllevó la revisión y reconstrucción y mejora de los datos de actividad necesarios para los 50 años previos del año en curso. Las acciones realizadas con los datos de actividad, la introducción de parámetros de emisión más acordes a las circunstancias y características del país, se considera mejoraron la transparencia de la estimación con relación a reportes previos.
Emisiones de CO_2 procedentes de la producción de cemento.	Las emisiones se calculan, como es recomendado a partir de la producción de clinker, su contenido de CaO y la corrección por la pérdida del polvo de cemento. Los datos de actividad sobre la producción de clinker para todos los años del periodo fueron desagregados por fábricas, dato aportado por los expertos temáticos del equipo sectorial, así como la serie anual de contenido de óxido de calcio en el clinker. Esto posibilitó obtener un factor de emisión propio de país para cada año y para cada fábrica. Los datos utilizados fueron certificados y garantizan una alta calidad a la emisión estimada.
Emisiones de CH_4 procedentes del manejo de las aguas residuales.	No se pudo emplear un TIER superior, pero se le realizó control de calidad a los datos de actividad utilizados. Se utiliza también el valor por defecto del IPCC, 2006 de la DBO y DQO para determinar la capacidad máxima de producción de metano (Bo) en aguas domésticas y las industriales, respectivamente. Se utilizaron reportes del INRH y de las principales industrias que generan aguas residuales con alto potencial de producción de metano. Se confirmó la concordancia entre las unidades utilizadas para el carbono degradable en el desperdicio con las unidades para Bo. Se mejoró la calidad de la información utilizada con respecto a la distribución de las aguas residuales colectadas y no colectadas, así como las no tratadas y tratadas.
Emisiones de CH_4 de las Industrias del petróleo y el gas	Parte de los datos de actividad se consideran de calidad, pero otros se consideran con incertidumbre alta. Se realizaron acciones para mejorar estos últimos, especialmente con relación a los volúmenes medidos de gases venteados o quemados en antorchas. No resultó posible obtener información de mayor calidad sobre esos temas. Para próximos reportes del inventario, esta es una categoría que requiere aún de mayor trabajo en el tema del control y aseguramiento de la calidad.

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Control de Procedimientos de Documentación, Archivo y Reporte

El reporte fue elaborado teniendo en consideración las modalidades, procedimientos y directrices (MPD) establecidos en la Decisión 18/CMA.1 adoptada por la Conferencia de las Partes de la Convención de Naciones Unidas de Cambio Climático, celebrada en Katowice en el año 2018, y la Decisión 5/CMA.3 de la Conferencia de las Partes No. 26 de Glasgow en el 2021. Esto asegura la transparencia del inventario y permite su revisión. En el reporte del inventario que se presenta en este informe, se proporciona suficiente información acerca de los métodos, datos y otros supuestos utilizados de modo que este pueda ser reconstruido por terceros.

Se verificaron las asunciones y criterios utilizados para la selección de los datos de

actividad y los factores de emisión, así como los métodos de cálculo utilizados. Se comprobó la disponibilidad; en archivo, de las bases de datos electrónicas y el software IPCC versión 2.93 en la preparación del inventario.

La utilización de un formato estándar de tablas (CRT) con categorías de fuentes/sumideros comunes y categorías de combustibles comunes, garantiza la comparabilidad de los datos, así como su revisión. Las categorías utilizadas en el inventario incluyen las principales actividades antropogénicas que conducen a emisiones y absorciones de GEI en el país. Se realizaron acciones de control entre la información reportada en las CRT y el DIN para que no existieran inconsistencias.

Procedimientos de Aseguramiento de la Calidad

Las *buenas prácticas,* para los procedimientos de aseguramiento de la calidad, requieren de una revisión objetiva que permita evaluar la calidad del inventario, así como identificar aquellas áreas que requieran de mejoras. El objetivo de la implementación de estos procedimientos, es involucrar revisores que puedan conducir una revisión imparcial del inventario. Es una *buena práctica* utilizar revisores que no hayan estado involucrados en la preparación del inventario. Preferiblemente esos expertos deben provenir de otras instituciones (nacionales o extranjeras) no vinculados estrechamente con la compilación del inventario nacional.

Es una *buena práctica* para la Agencia de Inventario realizar una revisión detallada básica a nivel de expertos, antes de la entrega del inventario con el propósito de identificar problemas potenciales y efectuar las correcciones correspondientes donde resulte posible.

Entre las actividades de aseguramiento de la calidad acometidas, se encuentra el desarrollo de un proceso de revisión del DIN por terceras partes (expertos no vinculados directamente con la preparación del inventario). Como parte de este proceso de revisión, se desarrollan las siguientes actividades que proporcionan criterios y recomendaciones útiles que son incorporados al inventario o se detectan problemas potenciales que permitieron su corrección antes de su publicación y transmisión.

- Publicación del borrador del inventario y envío (para revisión por expertos), a los organismos e instituciones del país de mayor vínculo con la temática y los diferentes módulos y categorías de fuentes.
- Presentación y revisión (incluyendo oponencias) del inventario ante el Consejo Científico del Instituto de Meteorología.
- Presentación y revisión (incluyendo oponencias) del inventario ante el Consejo de Expertos del Programa Nacional de Adaptación y Mitigación del Cambio Climático.
- Circulación (para revisión) del borrador final del inventario entre los Organismos de la Administración Central del Estado Cubano de mayor vínculo con la temática.

Verificación

En este INGEI se propuso la verificación para las categorías y subcategorías claves que tienen alto impacto en las emisiones o absorciones dentro de INGEI y que pueden ser verificadas con los datos reportados por organismos internacionales.

La verificación del inventario es fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de la información sobre las emisiones de GEI. Algunas de las actividades más relevantes son:

• Comparación del método sectorial y el método de referencia para las estimaciones del sector energía

• Comparación de los resultados con datos internacionales de la Agencia Internacional de Energía (AIE) para el sector energía y de la FAO para el sector agricultura.

• Comparación de los GEI resultantes de la aplicación de métodos de Nivel 2 versus el método de Nivel 1 donde corresponda.

A continuación, se describe la comparación de los resultados de las estimaciones de las emisiones de CO_2-eq de la quema de combustibles fósiles por el método de referencia (de arriba – abajo) con datos internacionales de la Agencia Internacional de Energía (AIE).

Durante la realización del presente INGEI, solo resultó posible comparar las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles con las reportadas en esa categoría de fuente para Cuba por el OECD-IEA (2019). Aunque no es el método utilizado para calcular las emisiones del país, para facilitar la comparación con los resultados de la agencia internacional se emplearon los estimados de emisiones de CO_2 obtenidos por el método de referencia (Figura 1.5).

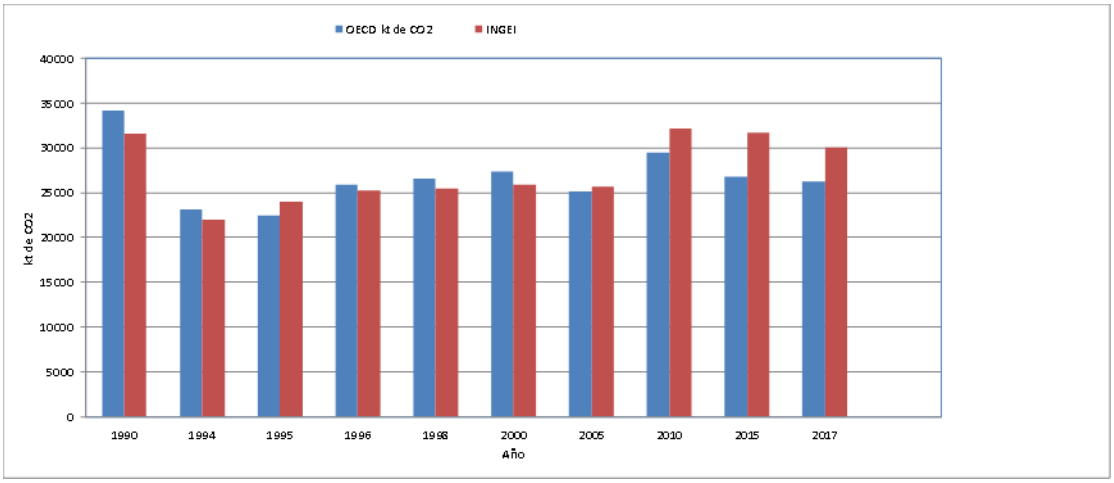


Figura 1.5. Comparación de las emisiones de CO_2 provenientes de la quema de combustibles fósiles obtenidas en los INGEI de Cuba por el método de referencia (arriba-abajo) con las estimaciones publicadas para Cuba en OECD-IEA, (2019). Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Las variaciones observadas entre ambas estimaciones pudieran ser por diferentes

factores: que la IEA calcula los totales nacionales utilizando valores caloríficos netos promedio para cada producto del petróleo, así como factores de emisión promedio. Además, por motivos de confidencialidad, en el cálculo de las emisiones de CO_2 del inventario de Cuba por el método de referencia, se ha confrontado la dificultad en los reportes de algunos años con parte de las informaciones que se requieren para la aplicación de ese método, especialmente los cambios en las existencias. Este aspecto introduce una incertidumbre adicional en el estimado de las emisiones de CO_2 efectuado por el método de referencia en el inventario e influye también en las diferencias observadas. No se dispone de información acerca de la forma en que se consideró el cambio de las existencias en el estimado realizado por la IEA. En la consulta realizada al respecto a los expertos del país en estadísticas de la energía plantean también como posible causa de las discrepancias observadas la utilización por la IEA de algunos consumos estimados para el país.

1.6. Evaluación general de la incertidumbre

El análisis de la incertidumbre del INGEI en Cuba se realizó usando el Método 1: Propagación del error de las Directrices del IPCC de 2006 (Anexo 2). Primero se combinaron las incertidumbres de los factores de emisión, datos de actividad y otros parámetros de estimación para cada categoría entre la información reportada en las CRT y el DIN.

Los siguientes pasos fueron: determinación de la incertidumbre general en las emisiones totales para el año 2022 y en la tendencia de las emisiones entre el año base, 1990 y el año 2022.

La evaluación realizada mostró una incertidumbre combinada como porcentaje del total nacional en el año 2022 entre - 375.06% y + 237.14%. Las incertidumbres de este INGEI estuvieron asociadas principalmente a los factores de emisión por defecto aplicados para cada fuente o sumidero y, en menor medida, a los datos de actividad. Por su parte, la incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones/absorciones nacionales fue del 34.59%.

Las remociones de CO_2 de *tierras forestales que permanecen como tales* fue el mayor contribuyente a la varianza, si bien, su incertidumbre combinada tuvo un valor aceptable (±0.36%), el hecho que esta categoría sea la que más contribuye al balance nacional de GEI (-2766.06 kt de CO_2-eq) hace que su aporte ponderado a la varianza sea el más importante. Otros contribuyentes relevantes a la varianza fueron las emisiones de CH_4 de *Emisiones fugitivas por la extracción de petróleo*, y las emisiones de CO_2 de las *industrias de la energía y manufactureras y de la construcción* (consumo de combustibles líquidos), respectivamente.

En el sector Energía, la incertidumbre combinada total fue de -21.97% y +61.99% en 2022. Las fuentes de incertidumbre que en mayor medida contribuyeron a la varianza fueron las *emisiones fugitivas de CH_4 en la extracción de petróleo*, seguidas de las emisiones de CO_2 en los combustibles líquidos *para las industrias de la energía* y las emisiones de CO_2 por el

consumo de combustibles líquidos en *Industrias Manufactureras y de la construcción.* La incertidumbre del sector se debió a los altos valores en el uso de factores de emisión por defecto, específicamente para el caso de las emisiones de CH_4 y N_2O en el *uso de la biomasa en industrias de la energía y en las emisiones fugitivas por petróleo y gas natural*.

El sector IPPU presentó una incertidumbre combinada de ± 1.26%. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyeron a la varianza son las emisiones de CO_2 *en el uso de lubricantes*, seguidas de las emisiones de CO_2 en la *producción de hierro y acero*. El principal elemento que influyó en las incertidumbres del sector fue el uso de factores de emisión por defecto, sobre todo en el caso de las emisiones de CO_2 *en el uso de lubricantes*.

En el sector Agricultura, según las subcategorías estimadas, la incertidumbre combinada total fue de ±11.84% para el año 2022. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyen a la varianza se encuentran las emisiones de CH_4 en la ganadería específicamente del ganado vacuno en crecimiento y maduro. La principal fuente de incertidumbre del sector se debe a los datos paramétricos, gran parte utilizados por defecto.

En el sector UTCUTS, la *categoría Tierras forestales que permanecen como tales* presentó una incertidumbre combinada de ±0.36%. Siendo la única subcategoría estimada en UTCUTS, las remociones de CO_2 de *tierras forestales que permanecen como tales,* la mayor contribuyente a la varianza del INGEI en el 2022. La mayor fuente de incertidumbre se debió al uso de factores de emisión por defecto.

En el sector Desechos, la incertidumbre combinada total fue de -6.67% y +7.40% en 2022. Las fuentes que más contribuyen a la varianza son las emisiones de CH_4 *Sitios de disposición de desechos sólidos no categorizados,* seguidas de las emisiones de CH_4 en el *tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales*. En general, la incertidumbre del sector se debió al uso de parámetros y factores de emisión por defecto.

1.7. Evaluación general de la exhaustividad

En este DIN se han reportado todas las categorías de fuentes y sumideros que ocurren en el país y para los cuales existe información disponible. Para aquellas categorías, subcategorías o componentes faltantes se ha documentado claramente su ausencia y las respectivas causas, según lo establecido en las MPD. En los cuadros comunes para la presentación de la información se utilizan las claves de notación establecidas en las MPD. Cabe destacar que los planes con las acciones específicas para estimar y reportar dichas categorías faltantes en futuros inventarios se pueden encontrar en las secciones de mejoras de cada sector.

1.7.1. Información sobre la exhaustividad

El INGEI de Cuba abarca todo el territorio nacional (la isla grande y cayos adyacentes) e incluye las emisiones y absorciones de CO_2, CH_4, N_2O para una serie de tiempo anual, del periodo 1990 a 2022. Las emisiones de HFC y PFC no se incluyeron porque no fue posible

la obtención de los datos de actividad necesarios para el cálculo. No ocurren emisiones de NH_3 y SF_6.

Los gases precursores CO, NO_x y los COVDM, así como el SO_2 no fueron estimados en este INGEI. Las emisiones indirectas de N_2O derivadas de fuentes distintas del sector Agricultura y las emisiones indirectas de CO_2 resultantes de la oxidación atmosférica del CH_4, el CO y los COVDM tampoco fueron determinadas, ya que el país aún no ha desarrollado las capacidades para realizar estas estimaciones.

En la actualización de este INGEI se incluyeron por primera vez emisiones de GEI de subcategorías que no fueron estimadas en el tercer INGEI presentado ante la CMNUCC (Tabla 1.15)

Tabla 1.15. Categorías incluidas por primera vez en el INGEI 1990-2022

Categoría	Subcategoría	GEI	Serie temporal	Observaciones
IPPU				
2.A Industria de los minerales	2.A.4.a.Cerámicas	CO_2	1990-2022	Solo para otros usos de carbonatos en procesos (cerámicas)
2.B. Industria Química	2.B.5.b Producción de carburo de calcio	CO_2	1990-2022	En Cuba solo se ha producido carburo de calcio hasta el 2011, posteriormente solo se ha importa para su consumo en el país
2.D Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	2.D.1 Uso de lubricantes	CO_2	1990-2022	
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	2.G.3.a Aplicaciones médicas	N_2O	1990-2022	Emisiones de óxido nitroso (solo por Aplicaciones médicas)
Agricultura				
3.D. Suelos agrícolas	3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N_2O	1990-2022	
3.D. Suelos agrícolas	3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	N_2O	1990-2022	
3.D. Suelos agrícolas	3.D.1.d Residuos de cosechas	N_2O	1990-2022	
Desechos				
5.B. Tratamiento biológico de los desechos sólidos		N_2O CH_4	2002-2022	No ocurría la actividad en el periodo 1990-2001
5.C. Incineración e incineración abierta de desechos	5.C.1 Incineración de desechos	CO_2	2010-2022	- Para el periodo 1990 -2009 esta categoría se reporta como No Estimada (NE) por ser insignificantes las emisiones de CO_2 En este INGEI se contabilizaron las emisiones de CO_2 a partir de la puesta en marcha de nuevas plantas de incineración en el 2010
	5.C.2 Incineración abierta de desechos	CO_2 N_2O	1990-2022	Se contabilizaron las emisiones por los incendios

Categoría	Subcategoría	GEI	Serie temporal	Observaciones
		CH_4		accidentales que ocurren en los SDDS no categorizados urbanos

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Las fuentes o sumideros de GEI no estimadas (NE), principalmente por falta de datos de actividad, y su explicación correspondiente, se encuentran en la Tabla 1.16.

Tabla 1.16. Fuente y sumideros de GEI no estimados en el INGEI 1990-2022

Categoría	Subcategoría	GEI	Serie temporal	Explicación
Energía				
1. A. Quema de combustibles	1.A.3.d.i Navegación marítima y fluvial internacional	CO_2 N_2O CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad sobre el consumo de combustibles. Aunque estas emisiones no se contabilizan en el INGEI. Se deben reportar en las Partidas Informativas *Anexo 1.b Navegación internacional*
1. A. Quema de combustibles	1.A.3.e.i. Transporte por tuberías	CO_2 N_2O CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad sobre el consumo de combustibles
1. A. Quema de combustibles	1. A.5. No especificado	CO_2 N_2O CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales.
1.B. Emisiones Fugitivas	1. B.2.a.iii.1. Exploración	CO_2 CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales.
1.B. Emisiones Fugitivas	1. B.2.a.v. Distribución de productos petrolíferos	CO_2 CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales.
1.B. Emisiones Fugitivas	1. B.2.b.iii.1 Exploración	CO_2 CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales.
1.B. Emisiones Fugitivas	1. B.2.c.ii. Quema en antorcha	CO_2 CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales.
1.B. Emisiones Fugitivas	1. B.2.c.ii.1 Petróleo	CO_2 CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales.
1.B. Emisiones Fugitivas	1. B.2.c.ii.2 Gas natural	CO_2 CH_4	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales.
IPPU				
2.A. Industria de los Minerales	2.A.4.b. Otros usos de ceniza de sosa	CO_2	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales
2.A. Industria de los Minerales	2.A.4.c. Producción de magnesia no metalurgia	CO_2	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales
2.A. Industria de los Minerales	2.A.4.d. Otros usos de carbonatos	CO_2	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad a partir de las estadísticas nacionales
2.D Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	2.D.2 Uso de la cera de parafina	CO_2	1990-2022	No fue posible obtener los datos de actividad sobre el consumo nacional.

Categoría	Subcategoría	GEI	Serie temporal	Explicación
Agricultura				
3.D. Suelos agrícolas	3.D.1.e Mineralización de la materia orgánica del suelo	N_2O	1990-2022	No se dispone de los datos de actividad requeridos
3.E. Quemas prescritas de sabanas		N_2O CH_4	1990-2022	No se dispone de los datos de actividad requeridos
3.F. Quemas de residuos agrícolas		N_2O CH_4	1990-2022	No se dispone de los datos de actividad requeridos
UTCUTS				
4.A. Tierras forestales	4.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	N_2O CH_4	1990-2022	No existe disponibilidad de datos de actividad en relación al uso y cambio de uso de la tierra en la estadística nacional, incluyendo la complementaria del Ministerio de la Agricultura. No hay estadísticas robustas sobre los incendios que ocurren en tierras forestales, de cultivos y pastizales
	4.A.2 Tierras convertidas a Tierras forestales	CO_2 N_2O CH_4	1990-2022	
4.B. Tierras de cultivo	4.B.1 Tierras de cultivo que permanecen como tales 4.B.2 Tierras convertidas a Tierras de cultivo	CO_2 N_2O CH_4	1990-2022	
4.C. Pastizales	4.C.1 Pastizales que permanecen como tales 4.C.2 Tierras convertidas a Pastizales	CO_2 N_2O CH_4	1990-2022	
4.D. Humedales	4.D.1 Humedales que permanecen como tales 4.D.2 Tierras convertidas Humedales	CO_2 N_2O CH_4	1990-2022	
4.E. Asentamientos	4.E.1 Asentamintos que permanecen como tales 4.E.2 Tierras convertidas a Asentamientos	CO_2 N_2O	1990-2022	
4.F Otras tierras	4.F.2 Tierras convertidas a Otras tierras	CO_2 N_2O	1990-2022	
4.G Productos de madera recolectada		CO_2	1990-2022	No se estiman las emisiones/absorciones de Productos de Madera Recolectada por falta de datos de actividad y capacidades para realizar las estimaciones.
Desechos				
5.C. Incineración e incineración abierta de desechos	5.C.1 Incineración de desechos	CH_4 N_2O	1990-2022	Para el periodo 1990-2022 se reportan las emisiones cómo No Estimadas (NE) por falta de información del tipo de incinerador y las características técnicas del proceso de incineración.

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En los Anexos de las Partidas Informativas no fueron estimadas las emisiones de CO_2, CH_4, N_2O *de Anexo 2 Operaciones multilaterales* por no disponibilidad del dato de actividad.

En la tabla 1.17 se observan las categorías que fueron incluidas en otro lugar (IE) y la explicación correspondiente.

Tabla 1.17. Fuentes de GEI informados como incluidos en otra parte en el INGEI 1990-2022

Categoría	Subcategoría	GEI	Asignación de Cuba	Explicación
Energía				
1.A. Quema de combustibles	1. A.1.c.i. Fabricación de combustibles sólidos	CO_2	Anexo 3 Emisiones de CO_2 por quema de biomasa.	Los componentes de CO_2 de la combustión de la biomasa no se incluyen en el INGEI (Se informa en las Partidas informativas)
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.a.Hierro y acero	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.b. Metales no ferrosos	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.c. Productos químicos	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.f. Minerales no metálicos	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.g. Equipos de trasporte	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.h. Maquinaria	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.j. Madera y Productos de madera	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.2.l. Textiles y cuero	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.2.m. Industria no especificada	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.3.a.i Aviación internacional	CO_2 CH_4 N_2O	Partidas informativas Bunkers	No se contabilizan las emisiones dentro del INGEI
1.A. Quema de combustibles	1.A.3.b.i. Automóviles	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.3.b. ii. Camiones para servicio ligero	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	CO_2 CH_4	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada

Categoría	Subcategoría	GEI	Asignación de Cuba	Explicación
		N_2O		
1.A. Quema de combustibles	1.A.3.b. iv. Motocicletas	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.3.b.v. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.3.b.vi. Catalizadores en base a urea	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.4.c. ii. Vehículos todo terreno y otra maquinaria	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada
1.A. Quema de combustibles	1.A.4.c.iii. Pesca (combustión móvil)	CO_2 CH_4 N_2O	1.A.3.b. Transporte terrestre	No disponibilidad de la información desagregada
Desechos				
5.A. Disposición de Desechos sólidos	5.A.1 Sitios gestionados de disposición de desechos	CH_4	5.A.3 Sitios no categorizados de disposición de desechos	Debido a la falta de información sobre las condiciones operativas particulares del manejo de los desechos en los vertederos a lo largo de la serie 1950-2022
5.A. Disposición de Desechos sólidos	5.A.2 Sitios no gestionados de disposición de desechos	CH4	5.A.3 Sitios no categorizados de disposición de desechos	Debido a la falta de información sobre las condiciones operativas particulares del manejo de los desechos en los vertederos a lo largo de la serie 1950-2022

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

1.7.2. Descripción de las categorías insignificantes

La subcategoría *5.C.1 Incineración de desechos* se reportó como insignificante para el período 1990-2009. En este caso se utilizó la notación NE en conformidad con las MPD. El equipo técnico del INGEI pudo recopilar la cantidad de desechos hospitalarios que fueron incinerados en el ámbito nacional durante los años 2000 y 2002 (López *et al*., 2009b). Las emisiones de CO_2, reportadas por López *et al*. (2009b) como insignificantes, fueron recalculadas en esta edición. Como resultado se obtuvieron emisiones de 6.01 kt y 6.15 kt respectivamente, valores que representaron el 0.01% de las emisiones brutas del país.

La actividad de incineración antes de 2010 estaba muy deprimida y los equipos empleados no cumplían con las características propias de un incinerador. A partir de 2010 se pusieron en marcha nuevas plantas de incineración de desechos hospitalarios. En este informe se contabilizaron, por tanto, las emisiones de CO_2 correspondiente a la serie 2010-2022.

1.8. Sistemas de medición

De acuerdo con lo establecido en las MPD para el reporte agregado de las emisiones y absorciones de GEI expresadas en CO_2_eq, fueron empleados los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años (Tabla 1.18), incluidos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5, por sus siglas en inglés).

Tabla 1.18. Potenciales de calentamiento global usados en el INGEI de Cuba. Serie 1990-2022

GEI	Fórmula química	PCA
Dióxido de Carbono	CO_2	1
Metano	CH_4	28
Óxido Nitroso	N_2O	265

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

En el documento, anexos y hojas de cálculo empleadas se utilizaron las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI). Para facilitar la comparación y entendimiento de los resultados del inventario, se toma como unidad de masa representativa de los GEI la kilotonelada (kt). Con respecto a los GEI los números positivos representan emisiones de GEI por las fuentes, mientras que los números negativos representan absorciones de CO_2 por los sumideros.

1.9. Resumen de cualquier flexibilidad aplicada

Con el objetivo de cumplir adecuadamente con las obligaciones de presentación de los informes bajo el Acuerdo de París, se ha utilizado la flexibilidad del MRT para ciertas disposiciones, las cuales se detallan a continuación en la Tabla 1.19.

Tabla 1.19. Flexibilidades aplicadas en el INGEI de Cuba, serie 1990-2022

Disposición de flexibilidad	Años incluidos	Sector	Categoría	GEI	Descripción de la aplicación	Motivos para la aplicación	Plazo para la mejora	Avances realizados
48	1990-2022	IPPU	2.F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	HFC PFC	No se reportan las emisiones de los HFC y PFC	Falta de datos de actividad sobre el consumo nacional de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	3er BTR previsto a presentar en 2028	Encuentros técnicos con la ORSA y CUBAENERGIA para el establecimiento de arreglos institucionales que permitan la obtención de los datos de actividad/búsqueda de la información.

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

CAPÍTULO 2: TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CUBA

En este capítulo se presentan las emisiones y absorciones de GEI a nivel nacional para el año 2022 y los aspectos más relevantes de las tendencias observadas en la estimación de las emisiones y absorciones del INGEI para la serie 1990-2022.

2.1 Descripción de las emisiones y absorciones de GEI para el año 2022

En la Tabla 2.1 se muestran las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero por categorías de fuentes a nivel nacional para el año 2022. El balance de las emisiones y absorciones (incluye UTCUTS) resultó en: -1097.68 kt de CO_2, 633.30 kt de CH_4 y 18.85 kt de N_2O.

Tabla 2. 2. Emisiones y Absorciones de GEI (kt). Cuba, año 2022

Nomenclatura	Sector/Categoría/Subcategoría/fuente de emisión	CO2	CH4	CO2-eq	N2O	CO2-eq	Total CO2-eq
	Emisiones brutas (excluyen UTCUTS)	**26668.38**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**49396.09**
	Absorciones	**-27766.06**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**-27766.06**
	Emisiones netas (incluyen UTCUTS)	**-1097.68**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**21630.03**
CRF 1	**Energía**	**26280.20**	**151.04**	**4229.00**	**6.34**	**1679.10**	**32188.30**
1.A	**Quema de combustibles**	**26270.02**	**45.88**	**1284.64**	**6.34**	**1679.10**	**29233.76**
1.A.1	***Industrias de la energía***	***16363.90***	***44.24***	***1238.74***	***5.94***	***1573.83***	**19176.48**
1.A.1.a	Producción de electricidad y calor	12001.04	0.46	12.84	0.09	23.82	12037.71
1.A.1.a.i	Generación de electricidad	12001.04	0.46	12.84	0.09	23.82	12037.71
1.A.1.a.ii	Generación combinada de calor y energía (CHP)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.a.iii	Centrales de calor	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.b	Refinación de petróleo	4362.86	0.17	4.81	0.03	9.10	4376.77
1.A.1.c	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	IE	43.61	1221.09	5.81	1540.91	2762.00
1.A.1.c.i	Fabricación de combustibles sólidos	IE	43.61	1221.09	5.81	1540.91	2762.00
1.A.1.c.ii	Otras industrias de la energía	NO	NO	NO	NO	NO	0.00
1.A.2	***Industria manufacturera y construcción***	***5927.57***	***1.15***	***32.09***	***0.17***	***44.61***	***6004.27***
1.A.2.a	Hierro y acero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.b	Metales no ferrosos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.c	Productos químicos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.d	Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	590.58	0.05	1.37	0.008	2.14	594.08
1.A.2.f	Minerales no metálicos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.g	Equipos de trasporte	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	2350.13	0.09	2.61	0.02	4.93	2357.66
1.A.2.j	Madera y productos de madera	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.k	Construcción	655.85	0.03	0.74	0.005	1.40	657.99

Nomenclatura	Sector/Categoría/Subcategoría/fuente de emisión	CO2	CH4	CO2-eq	N2O	CO2-eq	Total CO2-eq
	Emisiones brutas (excluyen UTCUTS)	**26668.38**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**49396.09**
	Absorciones	**-27766.06**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**-27766.06**
	Emisiones netas (incluyen UTCUTS)	**-1097.68**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**21630.03**
1.A.2.l	Textiles y cuero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.m	Industria no especificada	2331.02	0.98	27.37	0.14	36.14	2394.54
1.A.3	***Transporte***	***2178.90***	***0.20***	***5.52***	***0.22***	***57.39***	***2241.81***
1.A.3.a	Aviación Civil	579.37	0.004	0.11	0.02	4.30	583.78
1.A.3.a.i	Aviación internacional	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.a.ii	Aviación de cabotaje	579.37	0.004	0.11	0.02	4.30	583.78
1.A.3.b	Transporte Terrestre	1195.71	0.16	4.51	0.06	16.28	1216.51
1.A.3.b.i	Automóviles	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.ii	Camiones para servicio ligero	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.iii	Camiones para servicio pesado y autobuses	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.iv	Motocicletas	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.b.v	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.c	Ferrocarriles	71.69	0.004	0.11	0.03	7.33	79.14
1.A.3.d	Navegación Marítima y Fluvial	40.22	0.004	0.11	0.001	0.29	40.62
1.A.3.d.i	Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.A.3.d.ii	Navegación marítima y fluvial de cabotaje	40.22	0.004	0.11	0.001	0.29	40.62
1.A.3.e	Otro tipo de Transporte	291.90	0.02	0.67	0.11	29.19	321.77
1.A.3.e.i	Transporte por tuberías	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.A.3.e.ii	Todo terreno	291.90	0.02	0.67	0.11	29.19	321.77
1.A.4	***Otros sectores***	***1799.64***	***0.30***	***8.29***	***0.01***	***3.27***	***1811.20***
1.A.4.a	Comercial/Institucional	942.38	0.15	4.10	0.007	1.86	948.34
1.A.4.b	Residencial	617.75	0.10	2.69	0.003	0.85	621.29
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura y Pesca estacionaria	239.51	0.05	1.50	0.002	0.56	241.57
1.A.4.c.i	Estacionarias	239.51	0.05	1.50	0.002	0.56	241.57
1.A.4.c.ii	Vehículos todo terreno y otra maquinaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.4.c.iii	Pesca (combustión móvil)	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.5	***No especificado***	***NE***	***NE***	***NE***	***NE***	***NE***	***NE***
1.B	**Emisiones fugitivas**	**10.19**	**105.16**	**2944.36**	**NA**	**NA**	**2954.55**
1.B.1	***Combustibles sólidos***	***NO***	***NO***	***NO***	***NA***	***NA***	***NO***
1.B.2	***Petróleo y gas natural***	***10.19***	***105.16***	***2944.36***	***NA***	***NA***	**2954.55**
1.B.2.a	Petróleo	5.04	70.37	1970.48	NA	NA	1975.52
1.B.2.a.i	Exploración	NE	NE	NE	NA	NA	NE
1.B.2.a.ii	Producción y refinación	5.03	70.25	1967.03	NA	NA	1972.07
1.B.2.a.iii	Transporte	0.002	0.02	0.68	NA	NA	0.69
1.B.2.a.iv	Refinación	NA	0.10	2.76	NA	NA	2.76
1.B.2.a.v	Distribución de productos petrolíferos	NE	NE	NE	NA	NA	NE
1.B.2.a.vi	Otros	NO	NO	NO	NA	NA	NO
1.B.2.b	Gas Natural	0.11	10.13	283.55	NA	NA	283.66
1.B.2.b.iii	Todos los demás	0.11	10.13	283.55	NA	NA	283.66

Nomenclatura	Sector/Categoría/Subcategoría/fuente de emisión	CO2	CH4	CO2-eq	N2O	CO2-eq	Total CO2-eq
	Emisiones brutas (excluyen UTCUTS)	**26668.38**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**49396.09**
	Absorciones	**-27766.06**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**-27766.06**
	Emisiones netas (incluyen UTCUTS)	**-1097.68**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**21630.03**
1.B.2.b.iii.1	Exploración	NE	NE	NE	NA	NA	NE
1.B.2.b.iii.2	Producción y refinación	0.07	9.36	262.00	NA	NA	262.07
1.B.2.b.iii.3	Procesamiento	0.02	0.19	5.37	NA	NA	5.39
1.B.2.b.iii.4	Transmisión y procesamiento	0.0003	0.15	4.21	NA	NA	4.21
1.B.2.b.iii.5	Distribución	0.02	0.43	11.97	NA	NA	11.99
1.B.2.b.iii.6	Otros	NO	NO	NO	NA	NA	NO
1.B.2.c	Venteo y quema en antorcha	5.04	24.65	690.33	NA	NA	695.37
1.B.2.c.i	Venteo	5.04	24.65	690.33	NA	NA	695.37
1.B.2.c.i.1	Petróleo	5.03	24.35	681.90	NA	NA	686.94
1.B.2.c.i.2	Gas Natural	0.004	0.30	8.43	NA	NA	8.43
1.B.2.c.i.3	Combinado	NO	NO	NO	NA	NA	NO
1.B.3	***Otras emisiones de producción de energía***	***NO***	***NO***	***NO***	***NA***	***NA***	***NO***
1.C	**Transporte y almacenamiento de Dióxido de Carbono**	**NO**	**NO**	**NO**	**NA**	**NA**	**NO**
CRF 2	**Procesos industriales y usos de productos**	**336.46**	**NA, NE**	**NA, NE**	**0.07**	**17.87**	**345.33**
2.A	**Industria de los minerales**	**313.22**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	***313.22***
2.A.1	***Producción de cemento***	***294.85***	**NA**	**NA**	***NA***	***NA***	***294.85***
2.A.2	***Producción de cal***	***15.97***	**NA**	**NA**	***NA***	***NA***	***15.97***
2.A.3	***Producción de vidrio***	***0.02***	**NA**	**NA**	***NA***	***NA***	***0.02***
2.A.4	***Otros usos de carbonatos en los procesos***	***2.38***	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	***2.38***
2.A.4.a	Cerámicas	2.38	NA	NA	NA	NA	2.38
2.A.4.b	Otros usos de ceniza de sosa	NE	NA	NA	NA	NA	NE
2.A.4.c	Producción de magnesia no metalurgia	NE	NA	NA	NA	NA	NE
2.A.4.d	Otros	NE	NA	NA	NA	NA	NE
2.B	**Industria Química**	**2.30**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	***2.30***
2.B.1	***Producción de Amoníaco***	***NO***	**NA**	**NA**	***NA***	***NA***	***NO***
2.B.2	***Producción de Ácido Nítrico***	***NA***	**NA**	**NA**	***0.04***	***9.31***	***9.31***
2.B.3	***Producción de Ácido Adípico***	***NO***	**NA**	**NA**	***NO***	***NO***	***NO***
2.B.4	***Producción de Caprolactama, glioxal y ácido glioxílico***	***NA, NO***	**NA**	**NA**	***NO***	***NO***	***NO***
2.B.5	***Producción de Carburo de Silicio y Calcio***	***2.30***	**NO, NA**	**NO, NA**	***NA***	***NA***	***2.30***
2.B.6	***Producción de Dióxido de Titanio***	***NO***	**NA**	**NA**	***NA***	***NA***	***NO***
2.B.7	***Producción de Ceniza de Sosa (Carbonato de Sodio)***	***NO***	**NA**	**NA**	***NA***	***NA***	***NO***
2.B.8	***Producción Petroquímica y de negro de humo***	***NO***	**NO**	**NO**	**NA**	**NA**	***NO***
2.B.9	***Producción fluoroquímica***	***NA***	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
2.B.10	***Otros***	***NO***	**NA, NO**	**NA, NO**	**NA, NO**	**NA, NO**	**NO**
2.C	**Industria de los Metales**	**1.14**	**NA, NO**	**NA, NO**	**NA**	**NA**	**1.14**
2.C.1	***Producción de Hierro y Acero***	***1.14***	***NA, NO***	***NA, NO***	***NA***	***NA***	***1.14***
2.C.2	***Producción de ferroaleaciones***	***NO***	***NO***	***NO***	***NA***	***NA***	***NO***

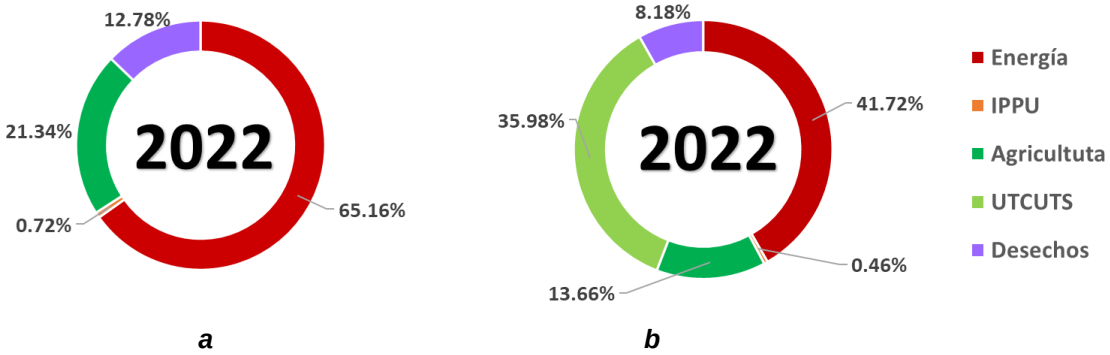
Nomenclatura	Sector/Categoría/Subcategoría/fuente de emisión	CO2	CH4	CO2-eq	N2O	CO2-eq	Total CO2-eq
	Emisiones brutas (excluyen UTCUTS)	**26668.38**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**49396.09**
	Absorciones	**-27766.06**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**-27766.06**
	Emisiones netas (incluyen UTCUTS)	**-1097.68**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**21630.03**
2.C.3	***Producción primaria de Aluminio***	***NO***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NO***
2.C.4	***Producción de Magnesio***	***NO***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NO***
2.C.5	***Producción de Plomo***	***NO***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NO***
2.C.6	***Producción de Cinc***	***NO***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NO***
2.D	**Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes**	**19.80**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**19.80**
2.D.1	***Uso de lubricantes***	***19.80***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***19.80***
2.D.2	***Uso de la cera de parafina***	***NE***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NE***
2.D.3	***Uso de solventes***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***
2.E	**Industria electrónica**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA, NO**	**NA, NO**	**NO**
2.F	**Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
2.G	**Manufactura y utilización de otros productos**	**NA**	**NA**	**NA**	**0.03**	**8.56**	**8.56**
2.G.1	***Equipos eléctricos***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***
2.G.2	***SF6 y PFC de otros usos de productos***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***
2.G.3	***N2O de usos de productos***	***NA***	***NA***	***NA***	***0.03***	***8.56***	**8.56**
2.G.3.a	Aplicaciones médicas	NA	NA	NA	0.03	8.56	8.56
2.G.3.b.i	Propulsor para productos presurizados y aerosoles	NA	NA	NA	NO	NO	NO
2.G.3.b.ii	Otros	NA	NA	NA	NO	NO	NO
2.H	**Otros**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
CRF 3	**Agricultura**	**13.60**	**263.89**	**7389.04**	**11.84**	**3138.01**	**10540.66**
3.A	**Fermentación entérica**	**NA**	**248.93**	**6969.93**	**NA**	**NA**	***6969.93***
3.A.1	***Ganado vacuno***	***NA***	***218.29***	***6112.09***	***NA***	***NA***	***6112.09***
3.A.1.a	Vacas lecheras maduras	NA	30.75	861.13	NA	NA	861.13
3.A.1.b	Otro ganado vacuno maduro	NA	80.90	2265.28	NA	NA	2265.28
3.A.1.c	Ganado vacuno en crecimiento	NA	106.63	2985.68	NA	NA	2985.68
3.A.2	***Ovinos***	***NA***	***7.06***	***197.65***	***NA***	***NA***	**197.65**
3.A.3	***Porcinos***	***NA***	***0.97***	***27.21***	***NA***	***NA***	**27.21**
3.A.4	***Otros ganados***	***NA***	***22.61***	***632.98***	***NA***	***NA***	**632.98**
3.A.4.a	Búfalos	NA	2.70	75.61	NA	NA	75.61
3.A.4.b	Caprinos	NA	3.17	88.83	NA	NA	88.83
3.A.4.c	Mulas y asnos	NA	0.39	11.00	NA	NA	11.00
3.A.4.d	Equinos	NA	16.34	457.53	NA	NA	457.53
3.B	**Gestión del estiércol**	**NA**	**12.09**	**338.52**	**4.44**	**1176.82**	**1515.34**
3.B.1	***Ganado vacuno***	***NA***	***7.34***	***205.39***	***2.55***	***675.42***	**880.80**
3.B.1.a	Vacas lecheras maduras	NA	1.28	35.86	0.33	87.76	123.62
3.B.1.b	Otro ganado vacuno maduro	NA	2.63	73.59	0.94	250.14	323.73
3.B.1.c	Ganado vacuno en crecimiento	NA	3.43	95.94	1.27	337.52	433.45

Nomenclatura	Sector/Categoría/Subcategoría/fuente de emisión	CO2	CH4	CO2-eq	N2O	CO2-eq	Total CO2-eq
	Emisiones brutas (excluyen UTCUTS)	**26668.38**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**49396.09**
	Absorciones	**-27766.06**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**-27766.06**
	Emisiones netas (incluyen UTCUTS)	**-1097.68**	**633.30**	**17732.38**	**18.85**	**4995.33**	**21630.03**
3.B.2	***Ovinos***	***NA***	***0.28***	***7.91***	***0.27***	***70.30***	**78.21**
3.B.3	***Porcinos***	***NA***	***1.94***	***54.42***	***NA***	***NA***	**54.42**
3.B.4	***Otras especies***	***0.00***	***2.53***	***70.81***	***1.01***	***268.07***	**338.88**
3.B.4.a	Búfalos	NA	0.10	2.75	0.03	9.08	11.82
3.B.4.b	Caprinos	NA	0.14	3.91	0.15	39.64	43.55
3.B.4.c	Mulas y asnos	NA	0.05	1.32	0.02	5.00	6.32
3.B.4.d	Equinos	NA	1.99	55.67	0.80	211.49	267.15
3.B.4.e	Aves	NA	0.26	7.16	0.01	2.87	10.03
3.B.5	***Emisiones indirectas***	***NA***	***NA***	***NA***	***0.62***	***163.03***	163.03
3.C	**Cultivo de arroz**	**NA**	**2.88**	**80.59**	**IE, NO**	**IE, NO**	**80.59**
3.C.1	Irrigadas	NA	2.88	80.59	IE	IE	80.59
3.C.2	Alimentadas a lluvia	NA	NO	NO	NO	NO	NO
3.C.3	Aguas profundas	NA	NO	NO	NO	NO	NO
3.C.4	Otros	NA	NO	NO	NO	NO	NO
3.D	**Suelos agrícolas**	**NA**	**NA**	**NA**	**7.40**	**1961.20**	**1961.20**
3.D.1	***Emisiones directas de N2O***	***NA***	***NA***	***NA***	***6.09***	***1612.72***	**1612.72**
3.D.1.a	Fertilizantes N inorgánicos	NA	NA	NA	0.14	38.30	38.30
3.D.1.b	Fertilizantes N orgánicos	NA	NA	NA	1.37	363.88	363.88
3.D.1.c	Orina y estiércol depositado	NA	NA	NA	2.91	770.19	770.19
3.D.1.d	Residuos de cosechas	NA	NA	NA	1.66	440.35	440.35
3.D.2	***Emisiones indirectas de N2O***	***NA***	***NA***	***NA***	***1.31***	***348.47***	**348.47**
3.E	**Quemas prescritas de sabanas**	***NA***	***NE***	***NE***	***NE***	***NE***	***NE***
3.F	**Quemas de residuos agrícolas**	***NA***	***NE***	***NE***	***NE***	***NE***	***NE***
3.G	**Encalado**	**3.08**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**3.08**
3.G.1	***Cantidad anual de piedra caliza cálcica usada***	***3.08***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***3.08***
3.G.2	***Cantidad anual de piedra dolomita usada***	***NO***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NO***
3.H	**Aplicación de urea**	**10.52**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**10.52**
3.I	**Fertilizantes que contienen carbono**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**
CRF 4	**Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra silvicultura**	**-27766.06**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**-27766.06**
4.A	**Tierras forestales**	***-27766.06***	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**-27766.06**
4.A.1	***Tierras forestales que permanecen como tales***	***-27766.06***	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**-27766.06**
4.A.2	***Tierras convertidas a tierras forestales***	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**
4.B	**Tierras de cultivo**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**
4.C	**Pastizales**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**
4.D	**Humedales**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**
4.E	**Asentamientos**	**NE**	**NO**	**NO**	**NE**	**NE**	**NE**
4.F	**Otras Tierras**	**NA, NE**	**NA, NO**	**NA, NO**	**NA, NE**	**NA, NE**	**NE**
4.F.1	***Otras Tierras que permanecen como tales***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***	***NA***

Nomenclatura	Sector/Categoría/Subcategoría/fuente de emisión	CO2	CH4	CO2-eq	N2O	CO2-eq	Total CO2-eq
	Emisiones brutas (excluyen UTCUTS)	26668.38	633.30	17732.38	18.85	4995.33	49396.09
	Absorciones	-27766.06	NA	NA	NA	NA	-27766.06
	Emisiones netas (incluyen UTCUTS)	-1097.68	633.30	17732.38	18.85	4995.33	21630.03
4.F2	*Tierras convertidas a Otras Tierras*	*NE*	*NO*	*NO*	*NE*	*NE*	*NE*
4.G	Productos de madera recolectados	NE	NA	NA	NA	NA	NE
CRF 5	Desechos	38.11	218.37	6114.33	0.61	160.35	6312.80
4.A	Disposición de desechos sólidos	NA	151.72	4248.03	NA	NA	4248.03
4.A.1	*Sitios gestionados*	*NA*	*IE*	*IE*	*NA*	*NA*	IE
4.A.2	*Sitios no gestionados*	*NA*	*IE*	*IE*	*NA*	*NA*	IE
4.A.3	*Sitios no categorizados*	*NA*	*151.72*	*4248.03*	*NA*	*NA*	4248.03
4.B	Tratamiento biológico de desechos sólidos	NA	0.95	26.66	0.06	15.14	41.79
4.C	Incineración e incineración abierta de desechos	38.11	1.54	43.00	*0.02*	5.34	86.45
4.C.1	*Incineración*	*0.73*	*NE*	*NE*	*NE*	*NE*	0.73
4.C.2	*Incineración abierta*	*37.39*	*1.54*	*43.00*	*0.02*	*5.34*	85.73
4.D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	NA	64.17	1796.64	0.53	139.88	1936.52
4.D.1	*Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*	*NA*	*48.88*	*1368.63*	*0.53*	*139.88*	1508.50
4.D.2	*Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales*	*NA*	*15.29*	*428.01*	*NA*	*NA*	428.01
4.E	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		CO_2	CH_4	$CO_{2\,eq}$	N_2O	$CO_{2\,eq}$	Total CO_2 eq
	Partidas Informativas	166156.58	0.00006	0.002	0.00003	0.01	166156.58
	Bunkers	251.42	0.00006	0.002	0.00003	0.01	251.43
	Aviación Internacional	251.42	0.00006	0.002	0.00003	0.01	251.43
	Navegación Internacional	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Emisiones de CO2 por quema de biomasa	165905.16	NA	NA	NA	NA	165905.16

NA: No Aplica, NE: No Estimado, NO: No Ocurre, IE: Incluido en otra parte
Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

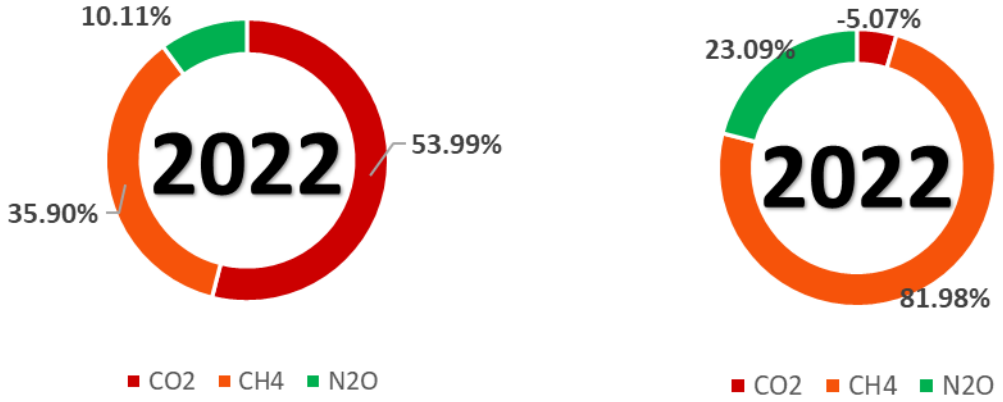
El sector con mayor nivel de emisiones fue Energía (65.16%), seguido de Agricultura (21.34%). Ambos sectores suman el 86.50% de las emisiones del país excluyendo el sector UTCUTS. Cuando se incorporan las absorciones de CO_2 de la categoría Tierras forestales que permanecen como tales, el sector Energía continúa siendo el emisor principal con un 41.72%; sin embargo, la contribución de los sectores UTCUTS y Agricultura juntos es de un 49.64% (Figura 2.1).



a ***b***

Figura 2. 2. Valores porcentuales de la participación sectorial en las emisiones y absorciones de GEI, año 2022, kt CO_2-eq. a) Excluye UTCUTS b) Incluye UTCUTS. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

El CO_2 fue el gas de efecto invernadero más emitido a la atmósfera en 2022, seguido del CH_4, excluyendo el sector UTCUTS. Sin embargo, cuando se incluye UTCUTS se observa que las remociones de CO_2 de las Tierras Forestales del sector UTCUTS fueron superiores a las emisiones de CO_2. Además, los valores porcentuales cambian y el gas más emitido es el CH_4, seguido del N_2O (Figura 2.2).



a) b)

Figura 2. 3. Valores porcentuales de las emisiones de GEI por tipo de gas, año 2022. a) Excluye UTCUTS. b) Incluye UTCUTS. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En 2022, la categoría *generación de electricidad* contabilizó el 37.40% de las emisiones de GEI del sector Energía, seguida por *refinación de petróleo* (13.60%) y *emisiones fugitivas de petróleo* (6.14%). En el sector IPPU, *la producción de cemento* contabilizó el 83.21%; en Agricultura el 57.99% pertenecieron a la categoría *fermentación entérica ganado bovino* y en Desechos, el 67.29% fue para la *disposición en tierra de desechos en sitios no categorizados* y el 23.96% para el *tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*. Las absorciones derivadas de las actividades del sector UTCUTS para *tierras*

forestales que permanecen como tales se estimaron en -27766.06 kt de CO_2-eq. Estas absorciones suponen el 56.21% de las emisiones brutas totales nacionales.

2.2. Descripción de las tendencias de emisiones y absorciones por sector

La tendencia del balance de emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por sectores (incluye UTCUTS) para la serie temporal 1990-2022 se muestra en la Figura 2.3. En el 2022, las absorciones aumentaron un +120.78% respecto a las estimadas para el año 1990 y un +3.94% respecto al 2016, último año del INGEI presentado a la CMNUCC. Este importante incremento con respecto a 1990 se debe, fundamentalmente, al aumento en las áreas forestales del país desde inicios del período analizado.

En general, se observó a inicios de la década de 1990 un descenso notable del balance de emisiones de GEI debido a la crisis económica experimentada por el país en ese período. En los últimos años de la serie se aprecia también una tendencia a la disminución. Debido a los efectos de las medidas sanitarias tomadas durante la pandemia COVID-19 y el recrudecimiento de las medidas del bloqueo financiero y económico impuesto por el gobierno de los Estados Unidos, que afecta todas las actividades económicas en el país.

El balance de GEI se incrementó ligeramente durante los años del 2007 y 2008. Debido a un convenio de colaboración (CUVENPETROL) con la República Bolivariana de Venezuela para refinar grandes cantidades de carburantes en la refinería de Cienfuegos, que incrementó las emisiones de GEI en el sector Energía.

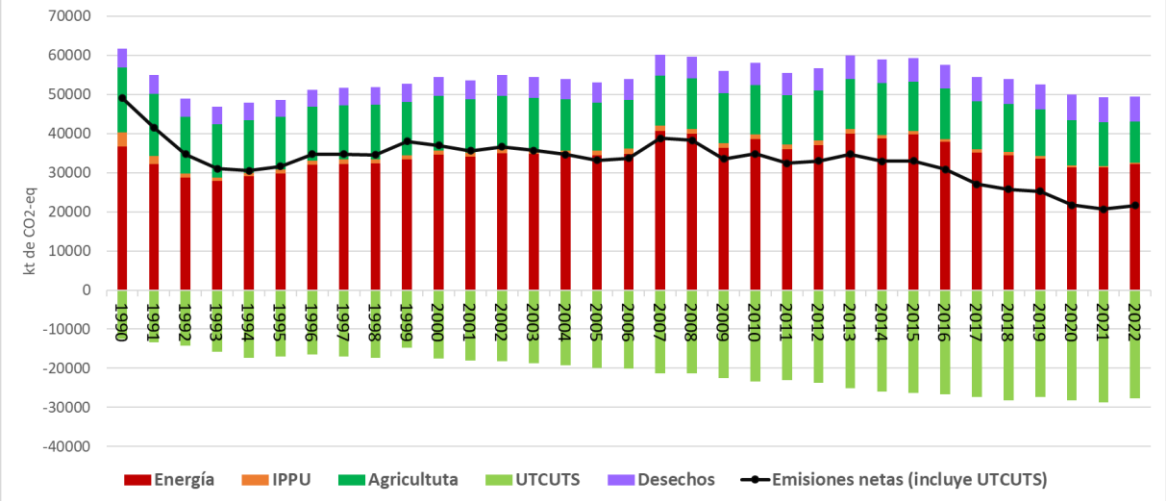


Figura 2. 4. Balance de emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por sectores (incluye UTCUTS). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones totales brutas de gases de efecto invernadero en Cuba estimadas para el año 2022 fueron 49396.09 kt de CO_2-eq (Figura 2.4). Esto representa un descenso en -19.87% respecto a las emisiones estimadas para el año base 1990 y de -14.27% respecto al 2016. Mientras, las emisiones netas (balance de GEI) fueron 21630.03 kt de CO_2-eq, y disminuyeron respecto al año base en un -55.92% y un -30.00% respecto al año 2016.

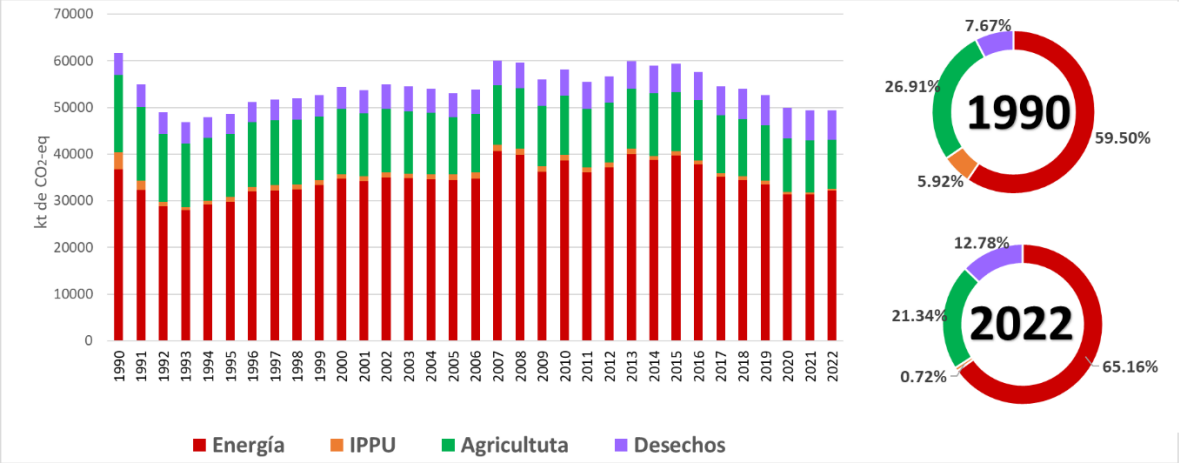


Figura 2. 5. Tendencia de las emisiones brutas GEI (kt de CO_2-eq) por sectores (excluye UTCUTS). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones de GEI del sector Energía contabilizaron 32188.30 kt CO_2-eq, con un descenso de -12.24% desde 1990 y de -14.89% desde 2016. En general, la principal causa de la disminución del sector en los últimos años de la serie se debe a la disminución del consumo energético del país para la generación eléctrica; así como el consumo de combustibles líquidos para transporte terrestre, mayormente diésel y gasolina para motor. No obstante, se debe destacar que este sector es el principal emisor con más del 65 % de las emisiones totales anuales (Tabla 2.2).

El sector IPPU en el 2022 contabilizó emisiones por 354.33 kt CO_2-eq, con una disminución de -90.30% desde 1990 y de -58.02% respecto al año 2016. Este sector representó menos del 1% de las emisiones totales del país en el último año de la serie, excluyendo UTCUTS. A lo largo de toda la serie se evidencia que el sector IPPU ha sido el más golpeado por las crisis económicas que ha sufrido el país.

En 2022, las emisiones de GEI del sector Agricultura, segundo emisor del INGEI, contabilizaron 10540.66 kt CO_2-eq, con un descenso de -36.46% desde 1990 y de -17.96% respecto al año 2016. En todas las categorías de este sector se produce una reducción en las emisiones desde los inicios de la serie temporal y resulta marcado en los últimos años por las causas antes explicadas. Las emisiones agregadas de los sectores Energía y Agricultura constituyeron alrededor del 86.50 % de las emisiones totales anuales durante toda la serie 1990-2022.

Las emisiones del sector Desechos contabilizaron 6312.80 kt de CO_2-eq con un incremento de 33.50% desde 1990 y un 3.47% respecto 2016. La principal causa se atribuye al aumento sostenido de la generación de desechos sólidos y su disposición final en rellenos sanitarios no categorizados.

Tabla 2. 3. Emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por sectores. Serie 1990-2022

Sector	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Energía	36675.60	34699.25	38654.63	37820.91	35135.88	34441.30	33526.97	31321.17	31314.47	32188.30
IPPU	3651.11	1005.75	1118.18	844.06	804.97	872.56	760.69	583.29	439.52	354.33
Agricultura	16588.66	13997.13	12696.51	12848.93	12381.85	12264.24	11835.28	11466.51	11128.49	10540.66
UTCUTS	-12576.48	-17449.33	-23346.49	-26713.65	-27424.53	-28135.49	-27296.22	-28241.19	-28698.79	-27766.06
Desechos	4728.72	4718.19	5673.18	6101.30	6154.36	6350.05	6447.07	6589.11	6473.98	6312.80
Emisiones netas (incluye UTCUTS)	**49067.61**	**36970.99**	**34796.00**	**30901.54**	**27052.54**	**25792.65**	**25273.78**	**21718.89**	**20657.66**	**21630.03**
Emisiones brutas (excluye UTCUTS)	**61644.09**	**54420.32**	**58142.49**	**57615.20**	**54477.07**	**53928.14**	**52570.00**	**49960.08**	**49356.45**	**49396.09**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En el año 2022 la mayoría de las fuentes experimentaron una disminución de las emisiones respecto al año 2016. Los principales descensos estuvieron relacionados con la industria de los metales (-93.07%), aplicación de fertilizantes inorgánicos (-81.81%), utilización de N_2O para otros productos (-77.86 %), aplicación de urea (-76.62%) y la industria química (-75.94%). Los incrementos principales estuvieron asociados con la aviación civil (+39.91%), industrias manufactureras y de la construcción-minería y cantería (+33.45%).

Con respecto al año base 1990, las disminuciones más notables fueron para la producción de hierro y acero (-99.74%), industria química (-99.21%), la aplicación de fertilizantes inorgánicos (-96.51%), piedra caliza cálcica (-93.43%), urea (-92.21%) y los residuos de cosechas (-81.23) a los suelos, la producción de cemento, cal, vidrio y otros minerales (-81.29%), el consumo de combustibles disminuyó principalmente para el transporte terrestre (-77.40%) y el sector residencial (-72.18%). Los aumentos en las emisiones se observaron en las emisiones fugitivas de gas natural (+2908.66%), refinación de petróleo (+2122.98%), fermentación entérica y gestión del estiércol del ganado caprino (1777.22%).

2.3. Descripción de las tendencias de emisiones y absorciones por gases

El CO_2 se ha mantenido como el principal gas emitido en toda la serie excluyendo UTCUTS, en orden de importancia le siguen el CH_4 y el N_2O. En el último año 2022 se apreció un descenso en las emisiones de CO_2 de -19.48% respecto al año base 1990 y de -14.43% respecto al 2016, último año del inventario anterior reportado ante la CMNUCC (Figura 2.5).

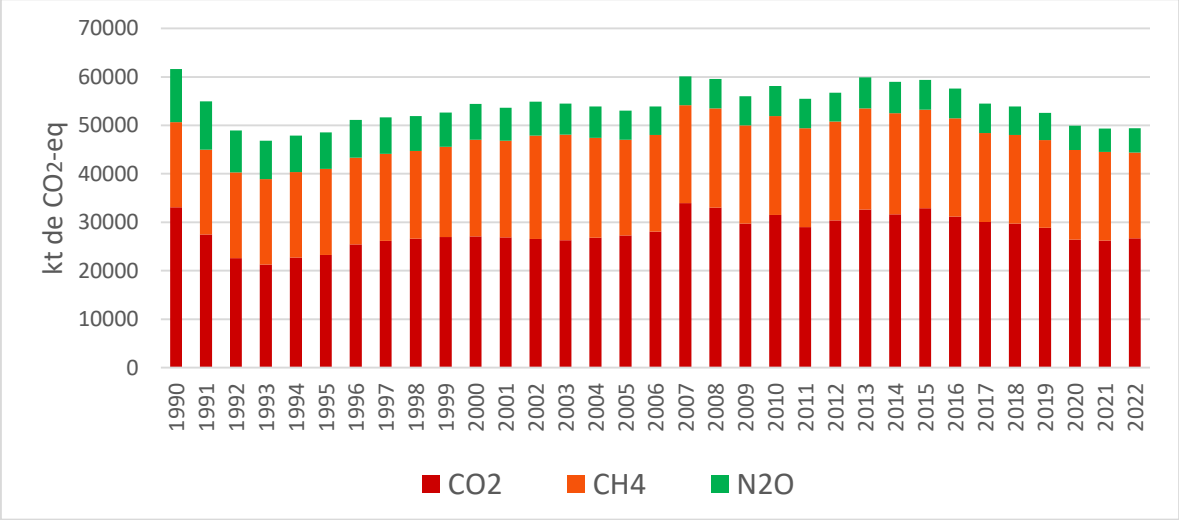


Figura 2. 6. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) por gases (excluye UTCUTS). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Cuando se incluye las absorciones de CO_2 el gas más emitido para toda la serie es el CH_4 exceptuando el año 1990, en el que las emisiones de CO_2 fueron superiores, el N_2O mantiene valores similares a lo largo de la serie (Figura 2.6).

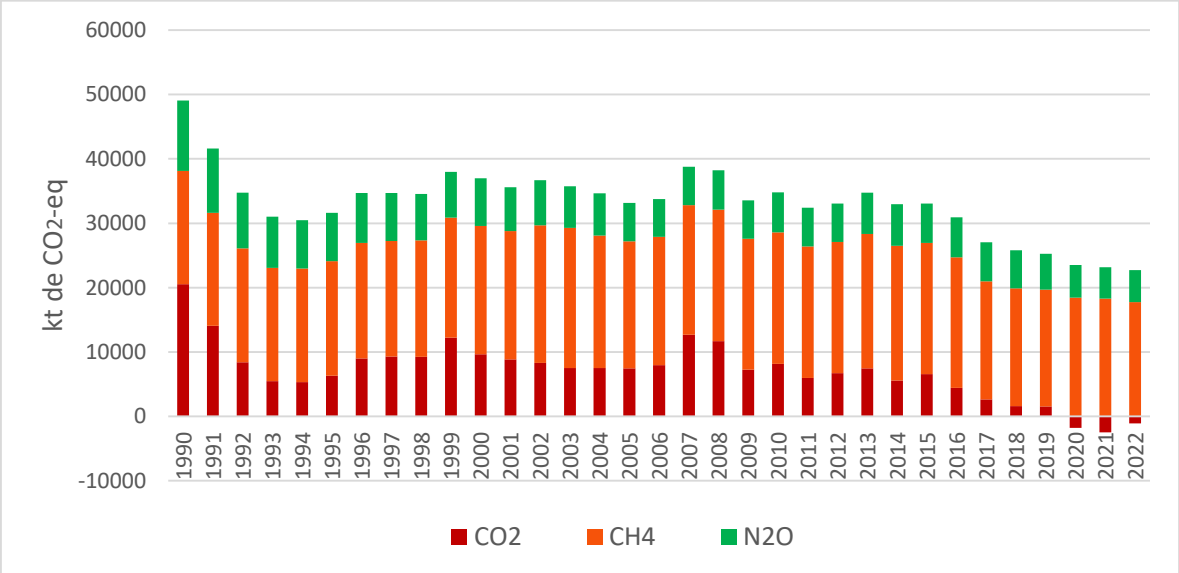


Figura 2. 7. Emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por gases (incluye UTCUTS). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

El balance de CO_2 mostró un descenso de -105.34% desde 1990 y un -124.65% respecto al 2016. El CH_4 aumentó en 0.94% desde 1990 y disminuyó en -12.55% respecto al 2016; el N_2O disminuyó en -54.40% desde 1990 y en -19.04% respecto al 2016. En los tres últimos años de la serie, destacó que el balance de CO_2 fue negativo. Las remociones de CO_2 por los bosques superaron las emisiones de este GEI, debido fundamentalmente a la disminución del consumo de combustibles fósiles en el país (Tabla 2.3).

Tabla 2. 4. Emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por gases. Serie 1990-2022

INGEI 2022	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CO_2 (Incluye UTCUTS)	20544.97	9625.71	8179.82	4453.25	2658.82	1592.01	1543.03	-1785.73	-2485.91	-1097.68
CO_2 (Excluye UTCUTS)	33121.45	27075.03	31526.31	31166.90	30083.35	29727.50	28839.25	26455.46	26212.88	26668.38
CH_4	17567.29	19936.55	20408.73	20278.22	18342.06	18314.03	18158.03	18463.55	18307.53	17732.38
N_2O	10955.35	7408.74	6207.45	6170.07	6051.65	5886.62	5572.73	5041.06	4836.04	4995.33
Emisiones netas (incluye UTCUTS)	**49067.61**	**36970.99**	**34796.00**	**30901.54**	**27052.53**	**25792.65**	**25273.79**	**21718.88**	**20657.67**	**21630.03**
Emisiones brutas (excluye UTCUTS)	**61644.09**	**54420.32**	**58142.49**	**57615.20**	**54477.06**	**53928.14**	**52570.01**	**49960.07**	**49356.46**	**49396.09**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En el período 1990-2022 con relación a los sectores, el principal emisor de CO_2 fue Energía y las remociones de CO_2 por la categoría *Tierras forestales que permanecen como tales*, del sector UTCUTS; mientras que para el CH_4 los principales aportes provinieron del sector Agricultura, seguido por los sectores Desechos y Energía. La mayor parte de las emisiones de N_2O ocurrieron en el sector Agricultura (Tabla 2.4).

Tabla 2. 5. Emisiones y absorciones de GEI (kt de CO_2-eq) por gases y por sectores. Serie 1990-2022

GEI	Sector	1990	2000	2010	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CO_2	Energía	30150.38	26006.17	30426.83	30317.92	29229.49	28832.42	28056.00	25857.76	25727.48	26280.20
	IPPU	2772.05	965.94	1026.39	762.00	736.02	810.25	714.43	531.70	408.19	336.46
	Agricultura	181.90	89.98	39.25	49.32	73.65	39.90	23.96	21.00	39.21	13.60
	UTCUTS	-12576.48	-17449.33	-23346.49	-26713.65	-27424.53	-28135.49	-27296.22	-28241.19	-28698.79	-27766.06
	Desechos	17.12	12.94	33.84	37.66	44.20	44.92	44.86	45.00	38.01	38.11
CH_4	Energía	3404.35	6113.04	6266.03	5630.14	3942.93	3772.62	3729.35	4084.42	4264.85	4229.00
	IPPU	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
	Agricultura	9568.85	9241.83	8656.06	8762.11	8462.36	8405.93	8187.40	7996.70	7764.91	7389.04
	UTCUTS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Desechos	4594.09	4581.68	5486.64	5885.98	5936.77	6135.47	6241.28	6382.43	6277.77	6114.33
N_2O	Energía	3120.86	2580.04	1961.77	1872.85	1963.47	1836.25	1741.63	1379.00	1322.14	1679.10
	IPPU	879.07	39.81	91.79	82.06	68.95	62.31	46.26	51.59	31.33	17.87
	Agricultura	6837.91	4665.32	4001.20	4037.50	3845.84	3818.40	3623.91	3448.80	3324.37	3138.01
	UTCUTS	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Desechos	117.52	123.57	152.69	177.66	173.39	169.65	160.92	161.68	158.20	160.35
Emisiones netas (incluyen UTCUTS)		**49067.61**	**36970.99**	**34796.00**	**30901.54**	**27052.53**	**25792.65**	**25273.79**	**21718.88**	**20657.67**	**21630.03**
Emisiones brutas (excluyen UTCUTS)		**61644.09**	**54420.32**	**58142.49**	**57615.20**	**54477.06**	**53928.14**	**52570.01**	**49960.07**	**49356.46**	**49396.09**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

CAPITULO 3: SECTOR ENERGÍA (CRT 1)

3.1 Panorama general

3.1.1 Descripción general del sector

El sector energía es transversal a todo el desarrollo económico y social del país. En términos de emisiones a este sector corresponde el 65.16% de las emisiones totales del país, por lo que es clave para la mitigación. Aborda la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las actividades energéticas. Está subdividido en dos categorías principales, quema de combustibles y las emisiones fugitivas. Estas dos se subdividen, además, en subcategorías tomando otros criterios metodológicos. De éstas, la más importante en Cuba es el uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles.

Durante la combustión, el carbono y el hidrógeno de los combustibles fósiles se convierten en dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O), que liberan la energía química del combustible en forma de calor. Este calor es usado directamente (con cierta pérdida por conversión) para producir energía mecánica, la cual se utiliza por lo general en la generación de electricidad o para algún sistema de transporte.

La exploración y explotación de fuentes primarias ocurre de manera muy significativa ya que la mayoría de los combustibles fósiles que se utilizan en Cuba no son importados; gran parte de éste es en forma de fuente primaria por lo que es necesario transformarlo. Por último, en Cuba actualmente no se realiza almacenamiento ni transporte de dióxido de carbono.

A continuación, se muestran las categorías y subcategorías del sector Energía, de acuerdo a las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, del inglés *Intergovernmental Panel on Climate Change*) de 2006 (IPCC, 2006) para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Tabla 3-1).

Tabla 3-1. Categorías y subcategorías del sector energía (CRT 1)

ID Categoría	Categoría	ID Subcategoría	Subcategoría	GEI estimados
1.A	Actividades de quema de combustible	**1.A.1**	Industrias de la energía	CH_4, N_2O, CO_2
		1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción	CH_4, N_2O, CO_2
		1.A.3	Transporte	CH_4, N_2O, CO_2
		1.A.4	Otros sectores	CH_4, N_2O, CO_2
1.B	Emisiones fugitivas	**1.B.2**	Petróleo y Gas natural	CH_4, CO_2
				CH_4, CO_2

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

El sector Energía, según el IPCC, está comprendido por las siguientes temáticas:

- 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.

3.1.2 Emisiones generales del sector y tendencia de las emisiones

En 2022, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 32,188.304 kt de CO_2 eq, disminuyéndose en un 0.122 % desde 1990 y en un 0.149 % desde 2016, respectivamente (Tabla 3-2 y Figura 3-1). En general, la principal causa del decrecimiento sostenido del sector en los últimos 4 años, se debe a la disminución del consumo energético del país, en donde destaca el consumo de petróleo y de gas natural para la generación eléctrica (mayor detalle en 3.2.4. Industrias de la energía), así como el consumo de combustibles líquidos para transporte terrestre, mayormente diésel y gasolina para motor (mayor detalle en 3.2.8 Transporte).

En cuanto a las categorías generales del sector, en 2022, el 90.8 % de las emisiones de GEI correspondieron a la categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles registrando 29,233.755 kt de CO_2-eq y el 9.2 % a la categoría 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles la cual emitió 2,954.549 kt de CO_2-eq (Tabla 3-2).

La tendencia de las emisiones ocasionadas por las actividades de quema de combustibles ha experimentado un comportamiento similar a lo largo de la serie de años analizada, disminuyendo las emisiones a inicios de la década del 90. Como resultado de la crisis económica sufrida por el país, se registraron los valores más bajos hacia 1998, y en los últimos años debido al periodo de la pandemia COVID-19 y el recrudecimiento de las medidas del boqueo financiero y económico impuesto por el gobierno de los Estados unidos hacia Cuba.

Las emisiones fugitivas por petróleo y gas natural, han experimentado un crecimiento continuo en todo el periodo. El aumento de las emisiones es significativo a partir de 1997, cuando se comienza a explotar yacimientos petrolíferos en la costa norte occidental del país, y se crea la empresa ENERGAS con capital nacional y canadiense (Figura 3-1).

Tabla 3-2. Emisiones de GEI (kt de CO_2 eq) por categorías para años de la serie 1990-2022

Categorías	1990	2000	2010	2016	2020	2022
1.A. Quema de combustibles	35674.7	30562.8	33887.6	33619.4	28295.8	29233.8
1.B. Emisiones fugitivas	1000.9	4136.4	4767.0	4201.5	3025.3	2954.5
Total	**36675.6**	**34699.3**	**38654.6**	**37820.9**	**31321.2**	**32188.3**

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

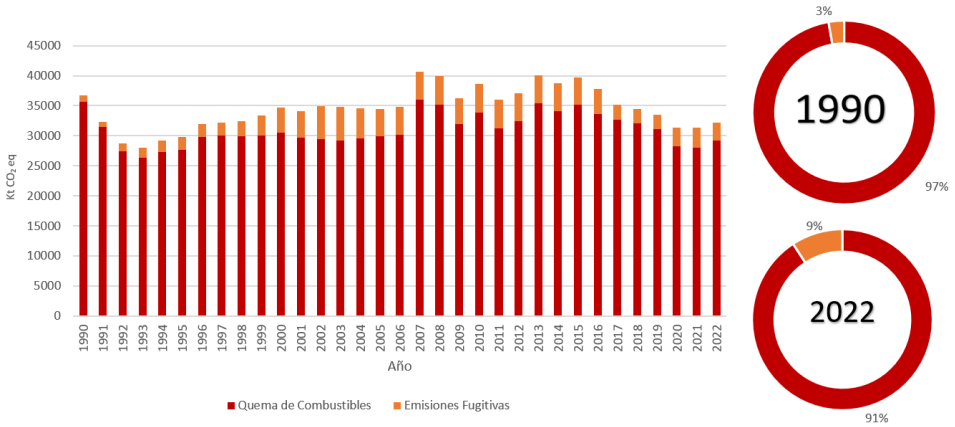


Figura 3-1.Sector Energía: Emisiones de GEI (kt de CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones por subcategorías se muestran en la tabla 3-3 y la figura 3-2. La categoría 1.A.1. Industrias de la energía es la principal emisora, representando el 59.6% de las emisiones del sector y la componente Generación de electricidad como actividad principal representa el 37.4% de las emisiones entre todas las componentes y subcategorías, considerándose como la más importante en la serie 1990-2022, porque en el país prácticamente toda la electricidad se genera en centrales termoeléctricas, baterías de motores que consumen diésel, fuel oíl y motores de emergencias en base a diésel. A partir de 2006, el país llevo a cabo un proceso conocido como Revolución Energética en el que se llevaron a cabo varias acciones en aras de mejorar el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), con la entrada de una mayor cantidad de plantas generadoras y nuevas tecnologías de generación en algunas de las termoeléctricas del país.

Tabla 3-3. Emisiones de GEI (kt CO_2-eq) por subcategorías para años de la serie 1990-2022

Subcategorías	1990	2000	2010	2016	2020	2022
1.A.1 Industrias de la energía	16391.9	16987.0	22759.0	23921.6	20531.5	19176.5
1.A.2 Industria manufacturera y construcción	*8268.6*	*6805.8*	*5916.7*	*5669.3*	*4423.4*	*6004.3*
1.A.3 Transporte	*7267.6*	*4310.1*	*2849.5*	*2188.1*	*1855.8*	*2241.8*
1.A.4 Otros sectores	*3746.6*	*2460.0*	*2362.4*	*1840.4*	*1485.1*	*1811.1*
1.B.2 Petróleo y gas natural	1001.0	772.2	1306.0	1639.0	1919.5	2172.1
Total	**36675.6**	**32274.9**	**28762.0**	**27970.7**	**29160.5**	**29775.6**

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

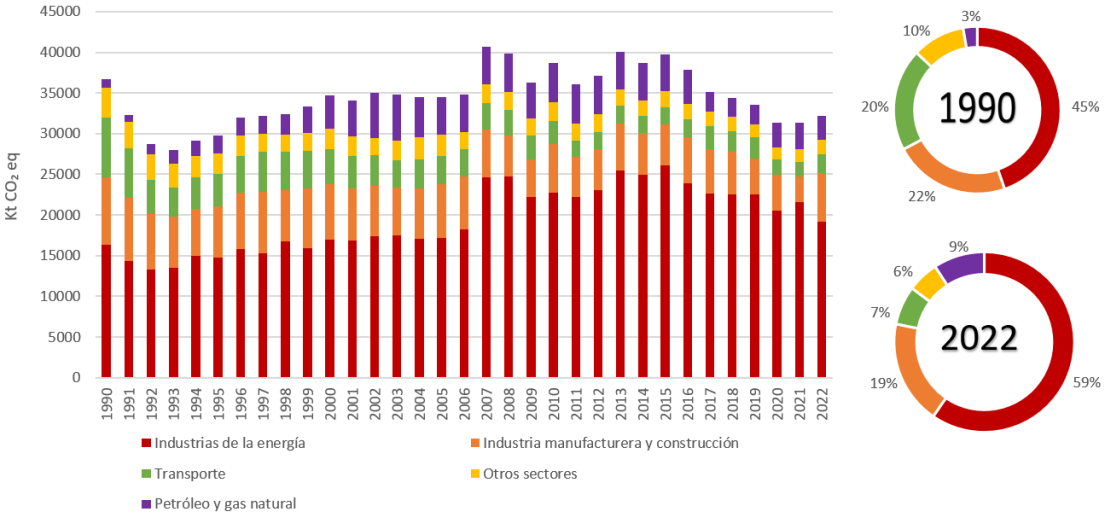


Figura 3-2.Emisiones de GEI (kt CO_2-eq) por subcategorías, serie 1990-2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones de las 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción representaron el 18.7% (Figura 3-2). Si bien la esfera industrial en el país ha sufrido un decrecimiento a inicios del periodo analizado, en la actualidad se encuentra en un segundo lugar en cuanto a emisiones del sector se refiere.

En el transporte 1.A.3. Transporte (principalmente el transporte terrestre) emitió el 7%. Este es uno de los sectores que más ha reducido las emisiones desde 1990.

Por último, el sector denominado 1.A.4. Otros sectores (principalmente Residencial) representó 5.6% de las emisiones totales. Dentro de este sector también se han registrado descenso en las emisiones, sobre todo en el residencial que representaba en 1990. Este marcado decrecimiento es debido a la reducción en los consumos de combustibles líquidos en los hogares, como el queroseno y la sustitución de este por el GLP y la introducción de las cocinas de inducción que utilizan electricidad.

Los componentes Comercial/Institucional y Agricultura/Silvicultura y Pesca, mantuvieron un comportamiento similar en toda la serie. Las emisiones fugitivas de la subcategoría 1.B.2 Petróleo y gas natural alcanzaron el 9.2%.

En 2022, el principal GEI emitido por el sector fue el CO_2, representando un 82 % de las emisiones totales de GEI del sector. Lo sigue el CH_4 con un 13 % y el N_2O con un 5 % (Tabla 3-4 y Figura 3-3).

Tabla 3-4. Emisiones por GEI (kt CO_2-eq) para años seleccionados de la serie 1990-2022

Gases	1990	2000	2010	2016	2020	2022
CO_2	30150.38	26006.17	30426.83	30317.92	25857.76	26280.20
CH_4	3404.35	6113.04	6266.03	5630.14	4084.42	4229.00
N_2O	3120.86	2580.04	1961.77	1872.85	1379.00	1679.10
Total	**36675.598**	**34699.251**	**38654.627**	**37820.906**	**31321.174**	**32188.304**

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

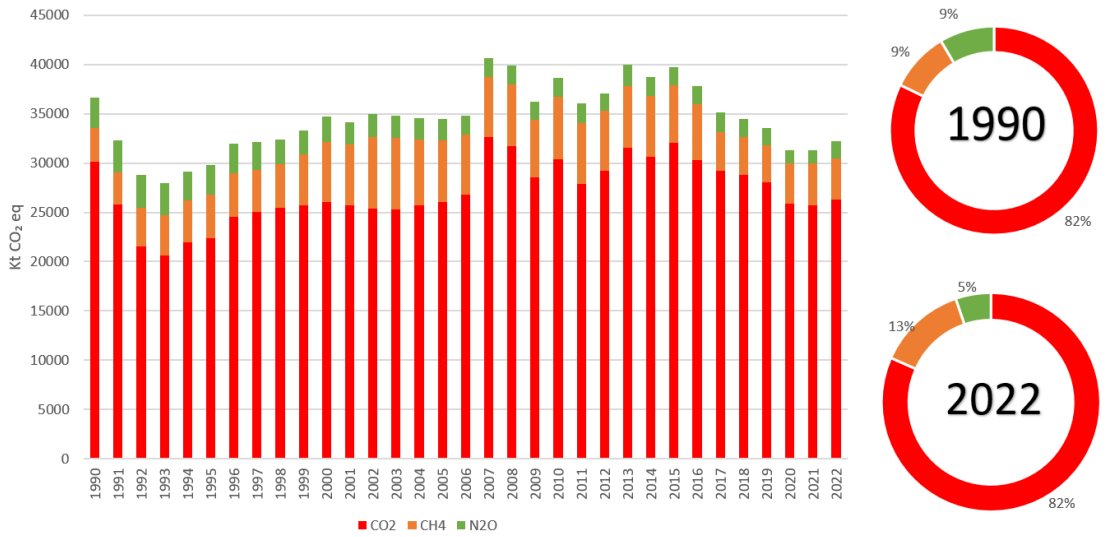


Figura 3-3.Sector Energía: Emisiones por GEI (kt CO_2-eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

3.1.3. Tendencia del consumo de energéticos en el país

La necesidad de ser energéticamente independiente puede ser comprendida realizando una mirada retrospectiva a los últimos 30 años vividos, desde el punto de vista energético, donde el bloqueo ha tenido un impacto significativo en los consumos energéticos, y con ello su impacto sobre la economía del país. La problemática cubana puede comprenderse un poco más partiendo del análisis de la producción de energía primaria en Cuba desde 1990 hasta 2022.

En esta serie se significan varios hitos que pueden indicar la lógica a seguir para alcanzar la independencia energética del país:

- La producción de energía primaria decayó en el quinquenio 1990 a 1995 en más de 2.2 millones de toneladas de combustible convencional (Mtcc), cayendo desde 6.5 Mtcc en 1990 hasta 4.3 Mtcc en 1995, mostrando su mayor impacto en el período especial.

- El 1996 vio la mejor producción propia de energía en los años más crudos del período especial, con 4,935 miles de toneladas de combustible convencional (ktcc).
- En 1997 se crea el Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba (PAEC), precursor de la Revolución Energética.
- Se logra la mayor producción histórica de energía primaria en 2002, con 6.836,4 ktcc.
- Entre 2004 y 2007 se desarrollan los cambios tecnológicos de la Revolución Energética.
- El 2006 se declara como año de la Revolución Energética en Cuba.
- El promedio de participación de la producción energética propia en el período 2008 y 2015 resultó igual a 48%. El 2016 se caracterizó por las señales de obsolescencia de las tecnologías de la Revolución Energética, crisis de suministro externo, con gran depresión en los meses de junio y julio; y caída de la producción nacional a 4,921.5 ktcc, inferior a lo logrado en 1996 año de período especial.
- El 2019 se caracterizó por la crisis coyuntural del mes de septiembre, cayendo la producción propia hasta 4,765.2 ktcc, manteniéndose en iguales cantidades a las logradas en el período especial.
- El 2022, reportó una energía primaria de 3,990.2 ktcc que supera al año 1992 en 6.8%, reportando en la actualidad, la más baja producción de energía primaria desde la época del período especial.

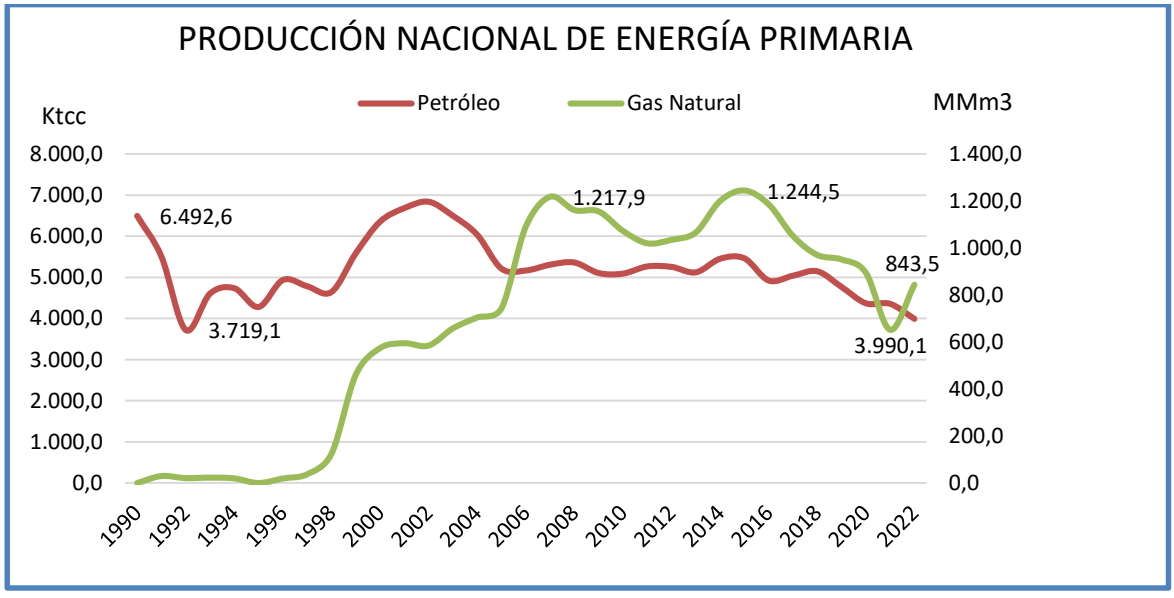


Figura 3-4.Sector Energía: Consumo bruto de energéticos primarios por energético, serie 1990-2022.
Fuente: ONEI (2022), Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La producción de energía primaria se muestra en la Figura 3-4, donde se aprecia que la producción de gas natural (en este caso es gas acompañante del petróleo) disminuye ligeramente en el período.

Los portadores energéticos que se producen en Cuba y de los cuales se dispone de información estadística recopilada y sistemática son: petróleo; gas natural; hidroenergía; Leña; y derivados de la caña de azúcar (fundamentalmente bagazo).

En el caso particular de la hidroenergía, sus niveles de producción están estimados a partir de la energía eléctrica producida por las centrales hidroeléctricas del país, operadas en la actualidad por la Unión Eléctrica (UNE). Con relación a la leña, se incluyen solamente los flujos comerciales de este portador, estando ausentes los volúmenes que por aprobación irregular y sin control se originan en la práctica (ONEI, 2022).

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 todas las estimaciones. En la Tabla 3-5 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 3-5. Sector Energía: métodos aplicados por categoría

ID Categoría	Fuente de emisión	Metodología aplicada
1.A.1.a	Producción de electricidad y calor como actividad principal	T1
1.A.1.a.i	Generación de electricidad	T1
1.A.1.a.ii	Generación combinada de calor y energía (CHP)	NO
1.A.1.a.iii	Centrales de calor	NO
1.A.1.b	Refinación de petróleo	T1
1.A.1.c	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	T1
1.A.1.c.i	Fabricación de combustibles sólidos	T1
1.A.1.c.ii	Otras industrias de la energía	NO
1.A.2.a	Hierro y Acero	IE
1.A.2.b	Metales no ferrosos	IE
1.A.2.c	Productos químicos	IE
1.A.2.d	Pulpa, papel e imprenta	IE
1.A.2.e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (Industria Azucarera)	T1
1.A.2.f	Minerales no metálicos	IE
1.A.2.g	Equipos de transporte	IE
1.A.2.h	Maquinaria	IE
1.A.2.i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	T1
1.A.2.j	Madera y productos de madera	IE
1.A.2.k	Construcción	T1
1.A.2.l	Textiles y cueros	IE

ID Categoría	Fuente de emisión	Metodología aplicada
1.A.2.m	No especificada	T1
1.A.3.a.i	Aviación internacional (Tanques de combustible internacional)	T1
1.A.3.a.ii	Aviación de cabotaje	T1
1.A.3.b	Transporte terrestre	T1
1.A.3.b.i	Automóviles	IE
1.A.3.b.i.1	Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	IE
1.A.3.b.i.2	Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	IE
1.A.3.b.ii	Camiones para servicio ligero	IE
1.A.3.b.ii.1	Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	IE
1.A.3.b.ii.2	Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	IE
1.A.3.b.iii	Camiones para servicio pesado y autobuses	IE
1.A.3.b.iv	Motocicletas	IE
1.A.3.b.v	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	IE
1.A.3.b.vi	Catalizadores en base a urea	IE
1.A.3.c	Ferrocarriles	T1
1.A.3.d.i	Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	NE
1.A.3.d.ii	Navegación marítima y fluvial de cabotaje	T1
1.A.3.e.i	Transporte por tuberías	NE
1.A.3.e.ii	Todo terreno	T1
1.A.4.a	Comercial / Institucional	T1
1.A.4.b	Residencial	T1
1.A.4.c	Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías	T1
1.A.4.c.i	Estacionarias	T1
1.A.4.c.ii	Vehículos todo terreno y otra maquinaria	IE
1.A.4.c.iii	Pesca (combustión móvil)	IE
1.A.5	No especificado	NE
1.B.1	Combustibles sólidos	NO
1.B.1.a	Minería carbonífera y manejo de carbón	NO
1.B.1.a.i	Minas subterráneas	NO
1.B.1.a.i.1	Minería	NO
1.B.1.a.i.2	Emisiones de gas por grietas después de la extracción	NO
1.B.1.a.i.3	Minas subterráneas abandonadas	NO
1.B.1.a.i.4	Quema en antorcha de metano drenado o conversión de metano en CO_2	NO
1.B.1.a.ii	Minas terrestres	NO

ID Categoría	Fuente de emisión	Metodología aplicada
1.B.1.a.ii.1	Minería	NO
1.B.1.a.ii.2	Emisiones de gas por grietas después de la extracción	NO
1.B.1.b	Combustión no controlada y vertederos de carbón quemados	NO
1.B.2.a	Petróleo	T1
1.B.2.a.i	Venteo	T1
1.B.2.a.ii	Quema en antorcha	NE
1.B.2.a.iii	Todos los demás	T1
1.B.2.a.iii.1	Exploración	NE
1.B.2.a.iii.2	Producción y refinación	T1
1.B.2.a.iii.3	Transporte	T1
1.B.2.a.iii.4	Refinación	T1
1.B.2.a.iii.5	Distribución de productos petrolíferos	NE
1.B.2.a.iii.6	Otros	NE
1.B.2.b.i	Venteo	T1
1.B.2.b.ii	Quema en antorcha	NE
1.B.2.b.iii	Todos los demás	T1
1.B.2.b.iii.1	Exploración	NE
1.B.2.b.iii.2	Producción y refinación	T1
1.B.2.b.iii.3	Procesamiento	T1
1.B.2.b.iii.4	Transmisión y procesamiento	T1
1.B.2.b.iii.5	Distribución	T1
1.B.2.b.iii.6	Otros	NE
1.B.3	Otras emisiones de producción de energía	NO
1.C	Transporte y almacenamiento de CO_2	NO

Leyenda: T1-método nivel 1, NO-No ocurre, NA-No aplica, IE- estimado en otro sector, NE-No estimado.
Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Al igual que en la actualización pasada (IBA, 2020), el cálculo de las emisiones para este sector se realizó en su totalidad mediante planillas de cálculo Excel.

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 suele ser recopilada, analizada y publicada bajo el nombre de estadísticas de energía o balances de energía. En el caso de Cuba estos datos son recopilados en el Balance Energético Nacional (BEN), el que se describe a continuación.

3.1.5.1 Balance Energético Nacional

El Balance Energético Nacional (BEN) es un producto estadístico de recopilación de flujos de energía que tiene por objeto contabilizar la oferta total de energía disponible en el país en un año calendario, y cuantificar cómo esta oferta fue consumida por los principales sectores de la economía nacional.

En Cuba el balance energético se realiza a nivel país mediante la metodología de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), donde la matriz energética cubana se sustenta en el 95,7 % de combustibles fósiles requiriendo un cambio en su estructura con una mayor penetración de las Fuentes Renovables de Energía (FRE).

El contexto cubano favorece esta transición porque con la proyección de la actualización del Modelo Económico y Social en el 2011; se inicia un cambio de enfoque hacia la energía sostenible. En el 2014 se aprueba la Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía con énfasis en elevar la eficiencia energética, un cambio de la estructura de la matriz energética actual y su relación con la competitividad de la economía nacional; disminuyendo la dependencia de estos combustibles importados, sus costos energéticos y el impacto medioambiental.

En el año 2017 se aprueban las bases del Plan de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas para ese periodo. Con la declaración de la protección de los recursos y el medioambiente como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos en el Plan de desarrollo económico y social hasta el 2030, así como la actualización de los lineamientos de la Política Económica y Social referentes a los territorios con el lineamiento 17, la política energética a través de los lineamientos 204, 205, 207 y 208, el Decreto-Ley No. 345/ 2017 “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, así como la instrucción y resoluciones complementarias al respecto rectorado por la Constitución de la República de Cuba que en su artículo 169 reconoce la autonomía del municipio y en el artículo 75, la responsabilidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales con estrecha vinculación al desarrollo sostenible de la economía y la sociedad.

3.1.6 Factores de emisión

Para el cálculo de las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O para las subcategorías del grupo *1.A. Quema de combustibles* y las subcategorías del grupo *1.B. Emisiones Fugitivas* se emplearon los factores de emisión por defecto tomados de las Directrices del IPCC de 2006.

3.2 Actividades de quema de combustibles (1.A)

3.2.1 Descripción de la categoría

Las emisiones de CO_2 procedentes de las fuentes de combustión estacionarias resultan de la expulsión del carbono en los combustibles durante la combustión. Estas emisiones dependen del contenido de carbono del combustible. Cuando los combustibles son quemados, la mayor parte del carbono es emitido inmediatamente como CO_2 durante el proceso de combustión. Otra parte menor es liberada como CO, CH_4 o hidrocarburos distintos del metano que se oxidan a CO_2 en la atmósfera dentro de un período desde unos pocos días hasta cerca de 12 días.

La categoría Actividades de quema de combustibles agrupa a las emisiones de la oxidación intencional dentro de un aparato diseñado para proporcionar calor a un proceso como calor o trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del aparato.

La categoría incluye las siguientes subcategorías:

- ✓ 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.
- ✓ Depósitos (Bunkers) Internacionales (solo como partida informativa)

Adicionalmente se llevan a cabo dos verificaciones para tener un control de la calidad y manejo sobre los resultados. Primero, con el método de referencia que utiliza los datos del BEN con una metodología (*top-down*), y segundo una verificación con las emisiones de energía publicadas por la Agencia Internacional de Energía (AIE).

3.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

3.2.2.1 Método sectorial

En el método sectorial se aborda el cálculo de las emisiones a partir del contenido de carbono en los combustibles suministrados a las principales actividades de combustión (categorías de fuente). El desglose por sectores responde a la necesidad de disponer de esta información para la vigilancia y la formulación de políticas de reducción de emisiones. El procedimiento a seguir para los cálculos es en esencia similar, en contenido, al descrito en el epígrafe anterior para el método de referencia. Se calculan aquí las emisiones para los diferentes combustibles y para cada una de las principales categorías de fuente según IPCC (2006). Ecuación 3-2. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de GEI procedentes de la combustión estacionaria Nivel 1.

$$Emisión = Consumo\ de\ combustible_{tipo\ de\ combustible} * Factor\ de\ emisión_{GEI,tipo\ de\ combustible}$$

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

Donde:

$\boldsymbol{Emisión\ GEI}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI).
$\boldsymbol{Consumo\ combustible\ tipo\ combustible}$ = cantidad de combustible quemado (TJ).

$\boldsymbol{Factor\ de\ emisión\_GEI}$, $\boldsymbol{tipo\ de\ combustible}$ = 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 asumen en 1 por defecto. El cálculo de las emisiones para esta subcategoría se realizó a través de planillas Excel.

3.2.2.2 Método de referencia

Para el año 2022 se realizó la estimación de emisiones de CO_2 por quema de combustibles utilizando el método de referencia según las Guías de Buenas Prácticas (GBP) recomendadas en las directrices del IPCC de 2006. Esto garantizó la comparabilidad de la serie.

El método de referencia es un método de arriba hacia abajo *(top-down*) que utiliza los datos de las estadísticas de energía del país para calcular las emisiones de CO_2 provenientes de la quema de combustibles fósiles principalmente, y permite obtener una segunda estimación independiente de las emisiones de CO_2 por la quema de combustible real en los diferentes sectores, con una exigencia limitada en cuanto al esfuerzo adicional y a los requisitos de datos. Se le puede considerar una verificación cruzada y forma parte del proceso de control de la calidad y exhaustividad necesario para el sector energético (IPCC, 2006).

El método de referencia se basa en la hipótesis de 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. Además, no establece ninguna distinción entre las diferentes categorías de fuente del sector energía y solo estima el total de emisiones de CO_2 de la categoría: 1.A. Quema de combustibles. Las emisiones son el resultado de la combustión del sector energía, en el que se utiliza el combustible como fuente de calor para refinar o producir energía y de la combustión en el consumo final del combustible o de sus productos secundarios por las restantes categorías y componentes del sector.

3.2.2.2.1 Elección del método

Fue utilizada la ecuación expuesta en las Directrices del IPCC de 2006, Ecuación 2.2, Estimación de las emisiones de CO_2 por el método de referencia:

$$\boldsymbol{Emisiones\ CO2} = \sum_{\boldsymbol{todos\ los\ combustibles}} [(\boldsymbol{Consumo\ aparente}_{\boldsymbol{combustibles}} * \boldsymbol{Factor\ de\ conv}_{\boldsymbol{combustible}} * \boldsymbol{CC}_{\boldsymbol{combustible}}) * \mathbf{10^{-3}} - \boldsymbol{Carbono\ excluido}_{\boldsymbol{Combustible}}) * \boldsymbol{FOC}_{\boldsymbol{combustible}} * {}^{\mathbf{44}}/_{\mathbf{12}}]$$

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, Ecuación Volumen 2, Capitulo 6, página 6.5 Donde:

Emisiones de CO_2: Emisiones de CO_2 (kt de CO_2)

$$\boldsymbol{Consumo\ aparente}_{\boldsymbol{combustibles}} = \boldsymbol{Produccion} + \boldsymbol{Importaciones} - \boldsymbol{Exportaciones} - \boldsymbol{tanques\ de\ combustible\ internacionales} - \boldsymbol{Cambios\ en\ existencia}$$

Factor de conv $_{combustible}$: Factor de conversión para el combustible en unidades de energía (TJ) sobre la base del valor calórico neto.

CC $_{combustible}$: Contenido de carbono (tonelada de C/TJ)

FOC $_{combustible}$ (Factor de Oxidación del Carbono): Fracción de carbono que se oxida normalmente el valor es 1, lo que refleja la oxidación completa. Se usan los valores inferiores únicamente para justificar el carbono que queda retenido en forma indefinida en la ceniza o en el hollín.

Carbono excluido $_{combustible}$: Carbono en alimentación a procesos y uso no energético excluido del combustible en las emisiones de la quema (kt C)

3.2.2.2.2 Datos de actividad

Los datos de actividad para la estimación de las emisiones por el método de referencia, se obtuvieron del Anuario Estadístico de Cuba (AEC,2022), Capítulo 10. Minería y energía, Edición 2023, publicado por ONEI, 2022.

3.2.2.2.3 Comparación entre el Método de referencia y el Método sectorial

La comparación de los resultados de las emisiones de CO_2 obtenidas con el Método de referencia y el Método sectorial permite comprobar 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.

El promedio de las variaciones absolutas (tanto valores negativos como positivos) es de 4.66% con máximos de 12.41 % en el año 1990. Por su parte, se alcanzan valores mínimos de 0.09 a 0.58 en los años: 1998 y 2022, respectivamente.

En general, la tendencia de las emisiones de CO_2 presenta diferencia razonable (menor al 5 % en términos absolutos) en la mayor parte de la serie. En la tabla 3-6, se presentan las diferencias entre los métodos: sectorial y de referencia para años seleccionados. A continuación, se presentan la figura 3-5 la comparación de los resultados del análisis para el año 2022. Para el detalle de las diferencias anuales entre el Método Sectorial y el Método de Referencia en la estimación total de emisiones de CO_2 del sector energía, referirse al ANEXO 3.

Tabla 3-6. 1.A. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (kt CO_2-eq) del Método sectorial y Método de referencia, incluyendo su diferencia, serie 1990-2022

Método	1990	2000	2010	2016	2020	2022
Método de referencia	33,889	26496.91	32,479	31,004	24,837	26,423
Método sectorial	30,147	25991.08	30,410	30,303	25,847	26,270
Diferencia	-3,742	-506	-2,069	-701	1,010	-153
Diferencia %	12.41	1.95	6.8	2.31	-3.91	0.58

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

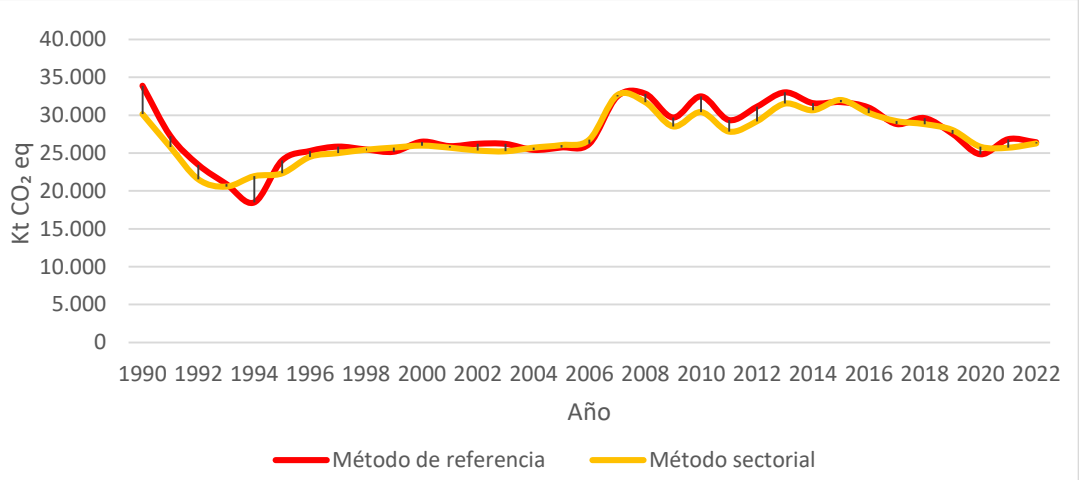


Figura 3-5. Actividades de quema de combustible: emisiones de CO_2 (kt de CO_2 eq) del Método sectorial y Método de referencia, serie 1990-2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

3.2.2.2.4 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 Cuba, y como punto de llegada un lugar fuera de territorio nacional de Cuba.

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, usando datos de actividad desde diversas fuentes y factores de emisión por defecto.

Los datos de actividad provienen desde el BEN y otras fuentes de información, debido a que el BEN 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 desarrollo y aplicación de una metodología local de 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 (fuelóleo residual) usados en el transporte marítimo, y turbo combustible (*jet querosene*) usado en el transporte aéreo; ya que esta es la información disponible en las bases de datos de comercio internacional del Servicio Nacional de Aduanas. Para el cálculo se consideran los consumos de estos combustibles del BEN 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.

Aviación internacional

Las emisiones procedentes de la aviación internacional se estimaron mediante la ecuación 3.6.1 del V2_3_Ch3_Mobile_Combustion, página 3.59. Por la cual se estiman las emisiones de CO_2 mediante la multiplicación del Dato de Actividad (DA) procedente de las estadísticas nacionales por un Factor de Emisión (FE) por defecto.

$$Emisiones = Consumo\ de\ combustible * Factor\ de\ emisión$$

Fuente: Ecuación 3.6.1; Capítulo 3; Volumen 2; página 3.59; *Directrices IPCC de 2006*

La fuente principal del dato de actividad fue el Balance Energético Nacional de la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI). El mismo reporta el dato de consumo de Queroseno para motor a reacción en la sección Bunkers.

En 2022, las emisiones de GEI de la aviación internacional contabilizaron 253.3 kt CO_2-eq disminuyendo un 71% respecto al 1990 y aumentando en 3% en relación al 2016 (Tabla 3-7 y Figura 3-6).

Navegación internacional

La información captada por el Equipo Técnico del INGEI, no fue suficiente para construir la serie de datos de actividad (1990-2022). Esto representa un aspecto a mejorar en futuros inventarios (Tabla 3-7).

Tabla 3-7. Emisiones de GEI (kt de CO_2 eq) de la Aviación internacional y de la Navegación internacional, serie 1990-2022

Transporte	1990	1995	2000	2010	2016	2020	2022
Aviación Internacional	**872.1**	**600.1**	**772.7**	**716.0**	**246.9**	**322.9**	**253.3**
Navegación Internacional	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET



Figura 3-6. Emisiones de CO_2 (kt de CO2 eq) de la Aviación Internacional serie 1990-2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

3.2.3 Industrias de la energía (1.A.1)

3.2.3.1 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.

3.2.3.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes a la subcategoría Industria de la Energía (Tabla 3-8). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de **19,176.4773** kt de CO_2-eq. Este valor representa un incremento de un 17 %

respecto a 1990 y en una disminución en un 19.8 % con respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2 eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-8. Emisiones por GEI en la categoría Industria de la energía. Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	12021.87	12021.87	68.87	1928.41	9.21	2441.58	**16391.86**
1991	9613.80	9613.80	73.98	2071.48	9.89	2620.50	14305.78
1992	8301.42	8301.42	79.18	2217.14	10.58	2803.53	13322.09
1993	8629.13	8629.13	77.72	2176.25	10.39	2752.19	13557.58
1994	10475.22	10475.22	70.97	1987.30	9.49	2515.04	14977.57
1995	10273.63	10273.63	70.08	1962.33	9.37	2483.39	14719.34
1996	11487.04	11487.04	68.82	1926.92	9.21	2439.57	15853.53
1997	11148.27	11148.27	66.07	1850.08	8.84	2342.32	15340.66
1998	12681.38	12681.38	64.43	1803.97	8.62	2285.10	16770.45
1999	11779.87	11779.87	65.18	1825.00	8.72	2310.26	15915.13
2000	12814.88	12814.88	65.75	1841.06	8.80	2331.05	16986.99
2001	13034.83	13034.83	59.73	1672.37	7.99	2118.23	16825.43
2002	13552.80	13552.80	59.94	1678.46	8.02	2126.43	17357.68
2003	13697.51	13697.51	60.14	1683.82	8.05	2133.14	17514.48
2004	13446.32	13446.32	57.79	1618.04	7.74	2049.87	17114.23
2005	13479.47	13479.47	58.38	1634.72	7.81	2070.77	17184.96
2006	14990.57	14990.57	51.28	1435.97	6.87	1820.83	18247.37
2007	21372.72	21372.72	51.59	1444.55	6.93	1835.66	24652.92
2008	21478.16	21478.16	51.67	1446.79	6.94	1838.49	24763.43
2009	18958.42	18958.42	51.57	1444.03	6.92	1833.38	22235.82
2010	19479.83	19479.83	51.59	1444.62	6.92	1834.53	22758.98
2011	18938.00	18938.00	51.58	1444.21	6.92	1833.86	22216.08
2012	20094.66	20094.66	47.41	1327.47	6.37	1687.37	23109.50
2013	21765.69	21765.69	58.48	1637.43	7.85	2079.60	25482.72
2014	21646.94	21646.94	51.24	1434.77	6.88	1823.06	24904.76
2015	23143.94	23143.94	47.18	1321.00	6.34	1680.46	26145.39
2016	20830.75	20830.75	48.60	1360.93	6.53	1729.93	**23921.61**
2017	19349.74	19349.74	51.98	1455.56	6.98	1848.82	22654.13
2018	19395.11	19395.11	48.57	1360.04	6.52	1728.81	22483.96
2019	19686.28	19686.28	45.16	1264.55	6.07	1608.14	22558.98
2020	18269.54	18269.54	35.54	995.20	4.78	1266.78	20531.52
2021	19416.05	19416.05	34.44	964.19	4.64	1228.94	21609.18
2022	16363.90	16363.90	44.24	1238.74	5.94	1573.83	**19176.48**

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.3.3 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 los datos de actividad del BEN y factores de emisión por defecto.

3.2.3.4 Datos de actividad

Todos los datos de actividad de las emisiones de la subcategoría provienen del Balance Energético Nacional (BEN) de las series anuales desde 1990 hasta el 2022.

3.2.3.5 Factores de emisión

Los factores de emisión de los combustibles utilizados para la estimación de las emisiones de GEI de la subcategoría fueron por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. Esta categoría fue clave en el anterior INGEI por lo cual debió utilizarse una metodología de Nivel 2. No se pudo aplicar porque no se cuenta con los factores de emisión específicos del país para la categoría de fuente y el combustible para cada GEI estimado.

3.2.3.6 Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2022, se estimó para cada tipo de GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la tabla 3-9.
Para la determinación de la incertidumbre de los factores de emisión del CH_4 y N_2O se utilizó el cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices IPCC 2006. Para la incertidumbre del CO_2 se tomó el valor propuesto en el Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices IPCC 2006. En el caso de la incertidumbre de los datos de actividad se tomó el valor porcentual más alto presentado en la columna de sondeos de sistemas estadísticos menos desarrollados del cuadro 2.15 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices IPCC 2006.

Tabla 3-9. 1.A.1. Industrias de la energía: Resumen de la incertidumbre combinada

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %			
1.A.1 - Industrias de la energía - Combustibles líquidos	CO_2	2,00	2,00	7,00	7,00	2,00	7,00	7,28
1.A.1 - Industrias de la energía - Combustibles líquidos	CH_4	2,00	2,00	50,00	150,00	2,00	150,00	150,01
1.A.1 - Industrias de la energía - Combustibles líquidos	N_2O	2,00	2,00	233,30	233,30	2,00	233,30	233,31
1.A.1 - Industrias de la energía - Combustibles gaseosos	CO_2	2,00	2,00	7,00	7,00	2,00	7,00	7,28
1.A.1 - Industrias de la energía - Combustibles gaseosos	CH_4	2,00	2,00	50,00	150,00	2,00	150,00	150,01

1.A.1 - Industrias de la energía - Combustibles gaseosos	N_2O	2,00	2,00	95,00	95,00	2,00	95,00	95,02
1.A.1 - Industrias de la energía - Biomasa-sólida	CO_2	30,00	60,00	7,00	7,00	60,00	7,00	60,41
1.A.1 - Industrias de la energía - Biomasa-sólida	CH_4	30,00	60,00	50,00	150,00	60,00	150,00	161,55
1.A.1 - Industrias de la energía - Biomasa-sólida	N_2O	30,00	60,00	275,00	275,00	60,00	275,00	281,47

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.3.7 Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, siendo la principal fuente de datos, el BEN, a lo largo del tiempo.

3.2.4 Generación de electricidad (1.A.1.a.i)

3.2.4.1 Descripción de la subcategoría

En este epígrafe, se presenta el análisis de las emisiones provenientes de la producción de electricidad, utilizando métodos diferentes a los establecidos por defecto en las Guías (IPCC, 2006).

Cuba dispone de un sistema eléctrico único que enlaza los principales puntos de generación y consumo eléctrico del territorio de la isla principal (Sistema Energético Nacional). Además, existen plantas aisladas con motores diésel (generación distribuida) para cubrir las necesidades de electricidad, en la Isla de la Juventud y en cayos e isletas que componen el archipiélago cubano.

Las estimaciones de las emisiones provenientes de la generación de electricidad, que se muestran en este epígrafe, no incluyen las producidas por la cogeneración azucarera e industrial ya que se incluyen en otros sectores.

En Cuba no existen industrias que se dediquen principalmente a la generación de calor o a la cogeneración.

La mayor parte del carbono contenido en los combustibles fósiles se emite en forma de dióxido de carbono (CO_2) durante la combustión. Una pequeña parte se emite en forma de monóxido de carbono (CO) que luego se oxida a CO_2 o como carbono en las cenizas.

3.2.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes a la subcategoría *Generación de electricidad* (Tabla 3-10). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 12,037.71 kt de CO_2-eq. Este valor representa un incremento de un 1.5 % respecto a 1990 y una disminución en un 20 % con respecto a 2016. Para

informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-10. Emisiones por GEI en la categoría Generación de electricidad. Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	11825.17	11825.17	0.61	17.09	0.11	29.71	**11871.97**
1991	9480.24	9480.24	0.37	10.32	0.07	19.53	9510.10
1992	8176.94	8176.94	0.44	12.28	0.08	21.19	8210.41
1993	8390.85	8390.85	0.33	9.27	0.07	17.54	8417.66
1994	10273.96	10273.96	0.40	11.33	0.08	21.43	10306.72
1995	10034.36	10034.36	0.40	11.08	0.08	20.97	10066.41
1996	11209.75	11209.75	0.61	17.21	0.11	29.56	11256.51
1997	10883.22	10883.22	0.43	11.99	0.09	22.70	10917.91
1998	12429.79	12429.79	0.60	16.72	0.11	29.59	12476.10
1999	11489.26	11489.26	0.43	12.06	0.08	22.31	11523.63
2000	12265.59	12265.59	1.38	38.52	0.21	56.16	12360.27
2001	12504.28	12504.28	0.47	13.10	0.09	24.16	12541.55
2002	13204.16	13204.16	0.50	14.07	0.10	25.99	13244.22
2003	13235.42	13235.42	0.50	14.05	0.10	25.88	13275.35
2004	12996.50	12996.50	0.49	13.71	0.10	25.21	13035.43
2005	12940.81	12940.81	0.48	13.52	0.09	24.78	12979.11
2006	14337.75	14337.75	0.53	14.88	0.10	27.25	14379.88
2007	14073.63	14073.63	0.52	14.43	0.10	26.21	14114.27
2008	13789.55	13789.55	0.50	14.07	0.10	25.53	13829.15
2009	13632.74	13632.74	0.50	14.00	0.10	25.50	13672.24
2010	13753.04	13753.04	0.51	14.17	0.10	25.89	13793.11
2011	13612.31	13612.31	0.51	14.19	0.10	26.00	13652.49
2012	14069.33	14069.33	0.52	14.67	0.10	26.90	14110.90
2013	14708.58	14708.58	0.55	15.32	0.11	28.07	14751.97
2014	14558.00	14558.00	0.54	15.09	0.10	27.61	14600.69
2015	14836.41	14836.41	0.55	15.46	0.11	28.33	14880.21
2016	15000.72	15000.72	0.56	15.76	0.11	28.98	**15045.46**
2017	13955.57	13955.57	0.53	14.85	0.10	27.47	13997.89
2018	14872.68	14872.68	0.57	16.04	0.11	29.82	14918.54
2019	13668.41	13668.41	0.52	14.53	0.10	26.96	13709.90
2020	12649.53	12649.53	0.48	13.43	0.09	24.86	12687.82
2021	14594.49	14594.49	0.56	15.81	0.11	29.42	14639.72

2022	12001.04	12001.04	0.46	12.84	0.09	23.82	**12037.71**

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.4.3 Datos de actividad

Los datos de consumo de combustibles utilizados son los suministrados por la (Unión Eléctrica (UNE) y reportados por cada una de las plantas. Se considera que estos datos son confiables y son los que suministra UNE y CUPET a la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)- De acuerdo a las Guías de Buenas Prácticas (GBP) un buen sistema de captación de datos tiene un rango de incertidumbre de alrededor de 5% incluyendo en esta cifra tanto los errores sistemáticos como los errores aleatorios. Teniendo en cuenta lo anterior, puede considerarse que a los datos de consumo de combustibles se les puede asignar la clasificación de A (incertidumbre baja).

El método de estimación seleccionado para el inventario parte de la captación de datos estadísticos de energía en forma agregada por categoría de fuentes y combustibles. Este, es el máximo nivel de desagregación factible, pues salvo para el caso de la producción de electricidad, no pudieron captarse datos de consumo de combustibles por plantas y tipos de tecnologías. Por este motivo, se calculan las emisiones utilizando los factores de emisión por defecto de nivel 1 propuestos por las Guías (IPCC, 2006).

3.2.4.4 Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados en su mayoría, fueron por defecto de Nivel 1 tomados de las Directrices del IPCC de 2006.

3.2.5 Refinación de petróleo (1.A.1.b)

3.2.5.1 Descripción de la subcategoría

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 Balance Energético Nacional. Cuba al contar con limitadas producciones de petróleo y gas acompañante del petróleo se ve necesitada de importar crudo principalmente para la refinación, ya que el crudo nacional se utiliza en la generación de electricidad y derivados ya que las capacidades de refinación no abastecen la demanda nacional de derivados.

3.2.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes a la subcategoría Refinación de petróleo (Tabla 3-11). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 4,376.77 kt de CO_2-eq. Este valor representa un incremento de 2122.98% respecto a 1990 y en una disminución de 25.15% con respecto a 2016. Para informar las

emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-11. Emisiones por GEI en la subcategoría; Refinación de petróleo. Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	196.70	196.70	0.00	0.10	0.00	0.09	**196.89**
1991	133.56	133.56	0.00	0.06	0.00	0.06	133.68
1992	124.48	124.48	0.00	0.08	0.00	0.12	124.68
1993	238.28	238.28	0.01	0.23	0.00	0.41	238.92
1994	201.27	201.27	0.01	0.21	0.00	0.38	201.85
1995	239.27	239.27	0.01	0.24	0.00	0.43	239.93
1996	277.29	277.29	0.01	0.26	0.00	0.47	278.02
1997	265.05	265.05	0.01	0.25	0.00	0.45	265.75
1998	251.59	251.59	0.01	0.27	0.00	0.50	252.36
1999	290.61	290.61	0.01	0.31	0.00	0.58	291.50
2000	549.29	549.29	0.02	0.51	0.00	0.91	550.71
2001	530.55	530.55	0.02	0.49	0.00	0.85	531.88
2002	348.63	348.63	0.01	0.31	0.00	0.52	349.46
2003	462.09	462.09	0.01	0.39	0.00	0.65	463.13
2004	449.82	449.82	0.01	0.37	0.00	0.62	450.81
2005	538.65	538.65	0.02	0.45	0.00	0.75	539.85
2006	652.82	652.82	0.02	0.60	0.00	1.06	654.49
2007	7299.09	7299.09	0.28	7.86	0.06	14.70	7321.66
2008	7688.61	7688.61	0.29	8.26	0.06	15.42	7712.29
2009	5325.68	5325.68	0.20	5.57	0.04	10.34	5341.58
2010	5726.78	5726.78	0.21	5.99	0.04	11.10	5743.87
2011	5325.69	5325.69	0.20	5.56	0.04	10.33	5341.58
2012	6025.33	6025.33	0.23	6.37	0.04	11.89	6043.59
2013	7057.11	7057.11	0.27	7.54	0.05	14.11	7078.75
2014	7088.94	7088.94	0.26	7.15	0.05	12.98	7109.07
2015	8307.52	8307.52	0.30	8.40	0.06	15.27	8331.18
2016	5830.03	5830.03	0.22	6.03	0.04	11.09	**5847.15**
2017	5394.17	5394.17	0.20	5.64	0.04	10.43	5410.23
2018	4522.43	4522.43	0.17	4.87	0.03	9.12	4536.41
2019	6017.87	6017.87	0.23	6.38	0.04	11.83	6036.08
2020	5620.02	5620.02	0.20	5.60	0.04	10.09	5635.70
2021	4821.56	4821.56	0.18	4.94	0.03	8.98	4835.47
2022	4362.86	4362.86	0.17	4.81	0.03	9.10	**4376.77**

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

A partir del 2007 comienza un convenio de colaboración con la República Bolivariana de Venezuela (CUVENPETROL), para refinar grandes cantidades de carburantes en la Refinería de Cienfuegos al centro de la isla, por ello las elevadas emisiones en los años 2007 y 2008, respectivamente (Tabla 3-11).

3.2.6 Fabricación de combustibles sólidos (1.A.1.c), (1.A.1.c.i.a) producción de carbón vegetal

3.2.6.1 Descripción de la subcategoría

Las emisiones de CO_2 procedentes de la biomasa usada con fines energéticos se declaran como elementos informativos y se excluyen de las emisiones totales del sector Energía. Sin embargo, las emisiones de CH_4 y N_2O se estiman e incluyen dentro del total del sector Energía (IPCC, 2006). En el contexto nacional, las fuentes de estas emisiones son atribuidas al consumo de leña (a partir principalmente del marabú) para producción de carbón vegetal.

3.2.6.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CH_4 y N_2O correspondientes a la subcategoría *Fabricación de combustibles sólidos* (Tabla 3-12). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 2,762 kt de CO_2 eq. Este valor representa una disminución de 36.1% respecto a 1990 y en una disminución de 8.8% con respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2 eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-12. Emisiones por GEI en la subcategoría Fabricación de combustibles sólidos.

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	254829.47	254829.47	68.26	1911.22	9.10	2411.78	**4323.00**
1991	274812.63	274812.63	73.61	2061.09	9.81	2600.91	4662.00
1992	293970.53	293970.53	78.74	2204.78	10.50	2782.22	4987.00
1993	288901.05	288901.05	77.38	2166.76	10.32	2734.24	4901.00
1994	263435.79	263435.79	70.56	1975.77	9.41	2493.23	4469.00
1995	260134.74	260134.74	69.68	1951.01	9.29	2461.99	4413.00
1996	254593.68	254593.68	68.19	1909.45	9.09	2409.55	4319.00
1997	245044.21	245044.21	65.64	1837.83	8.75	2319.17	4157.00
1998	238265.26	238265.26	63.82	1786.99	8.51	2255.01	4042.00
1999	241684.21	241684.21	64.74	1812.63	8.63	2287.37	4100.00
2000	240269.47	240269.47	64.36	1802.02	8.58	2273.98	4076.00
2001	221170.53	221170.53	59.24	1658.78	7.90	2093.22	3752.00
2002	221877.90	221877.89	59.43	1664.08	7.92	2099.92	3764.00
2003	222585.26	222585.26	59.62	1669.39	7.95	2106.61	3776.00

2004	213861.05	213861.05	57.28	1603.96	7.64	2024.04	3628.00
2005	216101.05	216101.05	57.88	1620.76	7.72	2045.24	3666.00
2006	189397.90	189397.89	50.73	1420.48	6.76	1792.52	3213.00
2007	189633.68	189633.68	50.79	1422.25	6.77	1794.75	3217.00
2008	189928.42	189928.42	50.87	1424.46	6.78	1797.54	3222.00
2009	189928.42	189928.42	50.87	1424.46	6.78	1797.54	3222.00
2010	189928.42	189928.42	50.87	1424.46	6.78	1797.54	3222.00
2011	189928.42	189928.42	50.87	1424.46	6.78	1797.54	3222.00
2012	174189.47	174189.47	46.66	1306.42	6.22	1648.58	2955.00
2013	215275.79	215275.79	57.66	1614.57	7.69	2037.43	3652.00
2014	188336.84	188336.84	50.45	1412.53	6.73	1782.47	3195.00
2015	172951.58	172951.58	46.33	1297.14	6.18	1636.86	2934.00
2016	178551.58	178551.58	47.83	1339.14	6.38	1689.86	**3029.00**
2017	191343.16	191343.16	51.25	1435.07	6.83	1810.93	3246.00
2018	178551.58	178551.58	47.83	1339.14	6.38	1689.86	3029.00
2019	165818.95	165818.95	44.42	1243.64	5.92	1569.36	2813.00
2020	130155.79	130155.79	34.86	976.17	4.65	1231.83	2208.00
2021	125793.68	125793.68	33.69	943.45	4.49	1190.55	2134.00
2022	162812.63	162812.63	43.61	1221.09	5.81	1540.91	**2762.00**

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.6.3 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 BEN y factores de emisión por defecto.

$$Emisión = Consumo\ de\ combustible_{tipo\ de\ combustible} * Factor\ de\ emisión_{GEI,tipo\ de\ combustible}$$

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

Donde:

$\boldsymbol{Emisión\ GEI}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI).
$\boldsymbol{Consumo\ combustible_{tipo\ combustible}}$ = cantidad de combustible quemado (TJ).

$\boldsymbol{Factor\ de\ emisión\_GEI, tipo\ de\ combustible}$ = factor de emisión por defecto de un GEI dado por tipo de combustible (kg GEI/TJ).

3.2.6.3.1 Datos de actividad

Los datos de actividad de la subcategoría provienen del BEN de las series anuales desde 2000 hasta 2022, los cuales presentan los valores correspondientes para el consumo de leña (carboneras). La principal fuente de datos para esta subcategoría es el BEN; sin embargo, fue necesario rellenar la serie teniendo en cuenta un método de dato sustituto, utilizando el dato de la producción de leña (AEC), a partir de una regresión lineal simple (RLS) obtener un modelo de regresión mínimo cuadrático en el periodo 1990-1999.

3.2.6.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión de los combustibles usados para la estimación de las emisiones de GEI de la subcategoría fueron los factores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. La Tabla 3-14, presenta los factores de emisión utilizados.

Tabla 3-13. Fabricación de combustibles sólidos: factores de emisión para cada GEI

Combustible	Factor de emisión CO_2	Factor de emisión CH_4	Factor de emisión N_2O
Leña	112000	30	4

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

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

3.2.7.1 Descripción de la subcategoría

Las emisiones de GEI por la quema de combustibles en las calderas, hornos y procesos energéticos de las diferentes industrias del país. Asimismo, incluye la quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias. Las emisiones del sector de la industria deben especificarse por subcategorías que se corresponden con las de la Clasificación Industrial Internacional Estándar (ISIC, del inglés, *International Standard Industrial Classification*)

Cuba informa las emisiones de las siguientes industrias (principales): Minería y cantería, construcción, industria azucarera y otras industrias no especificadas (Figura 3-7). Los datos de consumo de combustibles en las industrias solo pudieron desagregarse según tipo de industrias a partir del año 1997. Por tal motivo de 1990 a 1996 se reportan las emisiones de manera agregada en la categoría: Industria manufacturera no especificada.

Esta subcategoría incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en la industria, incluyendo la quema para generación de electricidad 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 3-14, se presentan sus componentes y respectivamente los sectores del BEN que lo comprenden. En la sección de aspectos metodológicos se explica por qué hay componentes que no se consideran.

Tabla 3-14. (1.A.2.) Industrias manufactureras y de la construcción: componentes

ID Categoría	Categoría	ID Subcategoría	Subcategoría	ID Subcategoría	Subcategorías	GEI estimados
1.A	Actividades de quema de combustible	**1.A.2**	Industrias manufactureras y de la construcción	**1.A.2.e**	Industria azucarera	CH_4, N_2O, CO_2
				1.A.2.i	Minería y cantería	CH_4, N_2O, CO_2
				1.A.2.k	Construcción	CH_4, N_2O, CO_2
				1.A.2.m	Industria manufacturera no especificada	CH_4, N_2O, CO_2

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.7.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 6004.33 kt de CO_2 eq (representando el 18.7% de las emisiones de GEI del sector Energía), disminuyendo en un 27.4% desde 1990, sin embargo, se incrementó en un 6.5% desde 2016 (Figura 3-7). Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2 eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

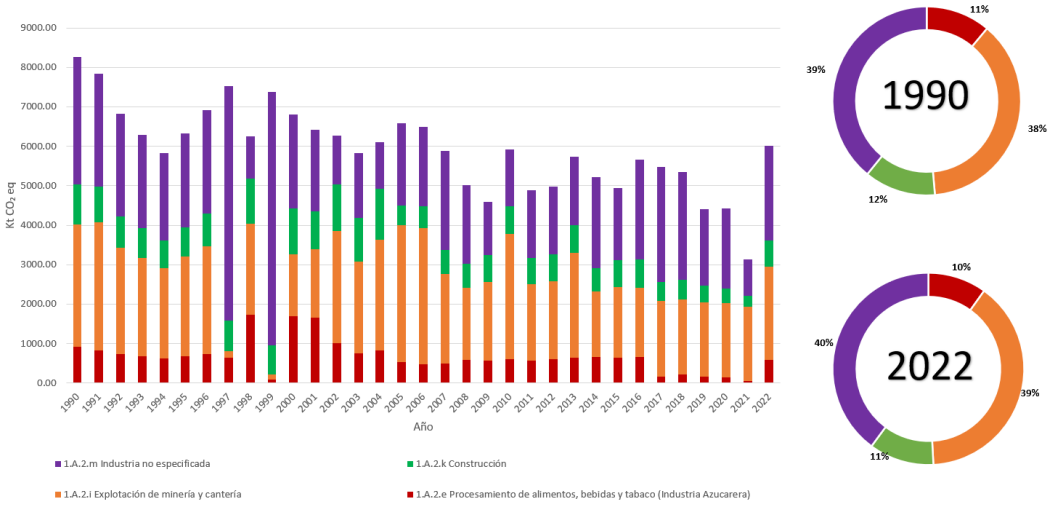


Figura 3-7. Industrias Manufactureras y de la construcción. Emisiones de GEI en kt de CO_2 eq por componentes para la serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

Esta subcategoría comprende tres tipos de industrias principales desagregadas en (Industria azucarera, Explotación de minas y canteras y construcción). Las demás industrias se agregaron a la componente: Otras industrias manufactureras Si bien la

esfera industrial en el país sufrió un decrecimiento a inicios del periodo analizado, en la actualidad se encuentra en segundo lugar en cuanto a emisiones del sector se refiere. Aunque aún no rebasan las emisiones del año base, las nuevas inversiones y la elevación de los niveles de producción nacional requeridos, producirán un aumento de las emisiones en el sector a corto plazo.

3.2.7.3 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 BEN y factores de emisión por defecto. Esta categoría fue clave en el anterior INGEI por lo cual debió utilizarse una metodología de Nivel 2. No se pudo aplicar porque no se cuenta con los factores de emisión específicos del país para la categoría de fuente y el combustible para cada GEI estimado.

3.2.7.3.1 Datos de actividad

Todos los datos de actividad de la subcategoría provienen del BEN de las series anuales desde 1990 hasta 2022, los cuales presentan los valores correspondientes por tipo de combustible. La principal fuente de datos para esta subcategoría es el BEN; sin embargo, fue necesario usar información adicional para desagregar la autogeneración por industria, ya que en el BEN es parte de la generación eléctrica. Para esto se recurrió a la base de datos confidenciales que se encuentran en las planillas con las cuales se elabora el BEN, en donde se posee una mayor desagregación (tabla 3-15).

Tabla 3-15. Industrias manufactureras y de la construcción: fuentes de datos de actividad factores de emisión por subcategoría. Serie 1990-2022

Subcategoría incluida	GEI estimado	Metodología	Fuente de Factor de emisión	Fuente Dato de Actividad
1.A.2.e	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	AEC, BEN
1.A.2.i	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	AEC, BEN
1.A.2.k	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	AEC, BEN
1.A.2.m	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	AEC, BEN

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.7.3.2 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 3-16, presenta los factores de emisión utilizados.

Tabla 3-16. Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión usados para la estimación de GEI de la subcategoría por tipo de combustible

Combustible	Factor de emisión CO_2	Factor de emisión CH_4	Factor de emisión N_2O
Crudo	73300.00	3.00	0.60
Diésel	74100.00	3.00	0.60

Combustible	Factor de emisión CO_2	Factor de emisión CH_4	Factor de emisión N_2O
Fuel Oíl	77400.00	3.00	0.60
Lubricantes	73300.00	3.00	0.60
Nafta y solventes	73300.00	3.00	0.60
GLP	63100.00	1.00	0.10
Gases	44400.00	1.00	0.10
Carbón de Coque	94600.00	10.00	1.50
Queroseno	71900.00	3.00	0.60
Coque	97500.00	3.00	0.60
Leña	112000.00	30.00	4.00
Otra biomasa sólida	100000.00	30.00	4.00
Antracita	98300.00	10.00	1.50
Bitumen	80700.00	1.00	0.10

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.7.4 Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2022, se estimó para cada tipo de combustible y para cada GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la tabla 3-17.

***Tabla 3-17*. 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción: incertidumbre combinada**

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %			
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CO_2	10,00	15,00	7,00	7,00	15,00	7,00	16,55
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	CH_4	10,00	15,00	50,00	150,00	15,00	150,00	150,75
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción - Combustibles líquidos	N_2O	10,00	15,00	233,30	233,30	15,00	233,30	233,78
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción -Biomasa- sólida	CO_2	10,00	15,00	7,00	7,00	15,00	7,00	16,55
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción -Biomasa- sólida	CH_4	10,00	15,00	50,00	150,00	15,00	150,00	150,75
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción -Biomasa- sólida	N_2O	10,00	15,00	275,00	275,00	15,00	275,00	275,41
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CO_2	10,00	15,00	7,00	7,00	15,00	7,00	16,55
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	CH_4	10,00	15,00	50,00	150,00	15,00	150,00	150,75
1.A.2 - Industrias Manufactureras y de la construcción - Combustibles sólidos	N_2O	10,00	15,00	233,30	233,30	15,00	233,30	233,78

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

Con respecto a los datos de actividad, el BEN de Cuba no cuenta con una estadística sobre la exactitud e incertidumbre de los datos. Se aplicaron 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, página 2.41). Se estableció una incertidumbre de ±10 % para toda la subcategoría a excepción de los datos de actividad de consumo de Biomasa, que se estableció en 30-60 %.

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 ±7 % (Capítulo 2; Volumen 2, página 2.38), mientras que para CH_4 y N_2O fueron 50-150% y ±233,30% (Cuadro 2.12; Capítulo 2; Volumen, 2 página 2.38). Para estimarlos se calcularon los porcentajes que representan los valores superiores e inferiores con respecto al valor central para los principales combustibles usados en el país. En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto.

3.2.7.5 Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. De modo que, la principal fuente de datos, es el BEN, contiene variaciones en su elaboración a lo largo del tiempo.

3.2.8. Transporte

3.2.8.1 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 marítima y fluvial, etc.). Se excluyen el transporte militar y el transporte internacional (marítimo y aéreo), que se reportan por separado (ver sección 3.2.2.2.4. Combustible del transporte internacional).

En Cuba, la mayor parte de la transportación se realiza por vía terrestre, por lo cual esta subcategoría presenta las mayores emisiones. Además, las actividades de navegación marítima y aérea, así como la agrícola no son de grandes proporciones debido al desarrollo alcanzado por el país.

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes al transporte (Tabla 3-18). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 2,241.81 kt de CO_2-eq. Este valor representa una disminución en un 69.2 % respecto a 1990 y un

incremento del 2.5 % con respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq, se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-18. Emisiones por GEI en la categoría Transporte (1.A.3). Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	7084.95	7084.95	1.45	40.63	0.54	141.98	**7267.57**
1991	5897.69	5897.69	1.07	30.05	0.45	118.19	6045.93
1992	4045.50	4045.50	0.42	11.89	0.33	88.65	4146.04
1993	3479.46	3479.46	0.58	16.16	0.31	83.42	3579.04
1994	3693.55	3693.55	0.54	15.09	0.33	88.73	3797.38
1995	3933.24	3933.24	0.65	18.12	0.34	90.43	4041.79
1996	4399.87	4399.87	0.57	15.92	0.37	98.22	4514.01
1997	4783.84	4783.84	0.75	21.01	0.39	104.67	4909.53
1998	4613.50	4613.50	0.71	20.00	0.39	103.09	4736.59
1999	4431.14	4431.14	0.70	19.65	0.39	102.69	4553.47
2000	4198.79	4198.79	0.64	17.82	0.35	93.45	4310.06
2001	3942.93	3942.93	0.63	17.56	0.33	87.85	4048.34
2002	3648.25	3648.25	0.46	12.94	0.25	65.71	3726.90
2003	3324.42	3324.42	0.44	12.45	0.25	65.40	3402.28
2004	3512.33	3512.33	0.45	12.74	0.27	71.88	3596.95
2005	3391.15	3391.15	0.53	14.71	0.26	69.69	3475.55
2006	3303.38	3303.38	0.64	17.88	0.25	66.05	3387.32
2007	3160.79	3160.79	0.47	13.24	0.25	65.31	3239.34
2008	3109.73	3109.73	0.47	13.19	0.26	67.81	3190.73
2009	2848.06	2848.06	0.29	8.20	0.24	63.97	2920.23
2010	2776.50	2776.50	0.38	10.65	0.24	62.38	2849.53
2011	1956.98	1956.98	0.30	8.35	0.19	49.59	2014.92
2012	2020.38	2020.38	0.27	7.66	0.20	53.50	2081.54
2013	2127.97	2127.97	0.24	6.78	0.22	57.37	2192.12
2014	2022.66	2022.66	0.23	6.57	0.19	51.15	2080.38
2015	2059.14	2059.14	0.28	7.78	0.21	54.58	2121.50
2016	2125.69	2125.69	0.26	7.41	0.21	55.05	**2188.14**
2017	2733.52	2733.52	0.46	12.83	0.26	68.00	2814.36
2018	2422.58	2422.58	0.42	11.68	0.23	61.82	2496.08
2019	2516.55	2516.55	0.46	12.94	0.22	58.43	2587.92
2020	1800.84	1800.84	0.48	13.48	0.16	41.49	1855.81
2021	1785.59	1785.59	0.24	6.71	0.15	39.83	1832.13

2022	2178.90	2178.90	0.20	5.52	0.22	57.39	**2241.81**

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.8.2 Tendencia de las emisiones

Se observa que entre 1991 y 1994 hubo un decrecimiento en las emisiones. Esta tendencia se debió sobre todo a la situación económica acontecida en el país en esa década, lo cual propició gran déficit de combustible en el país (Figura 3-8).

El gran decrecimiento en las emisiones tiene su causa principal en la crisis experimentada por el país a inicios de la década de los 90, y, posteriormente por el recrudecimiento del bloqueo estadounidense, que trajo consigo un deterioro en todas las ramas del transporte, desplomándose de manera casi total la flota marítima y ferroviaria del país. En el transporte por carretera y la aviación los impactos fueron menores, pero también tuvieron sus consecuencias, los bajos niveles de consumo de combustibles, por la disminución de vehículos circulando en el país, y la disminución del transporte aéreo de cabotaje, incidieron de manera importante en las reducciones de las emisiones hacia finales del período analizado.

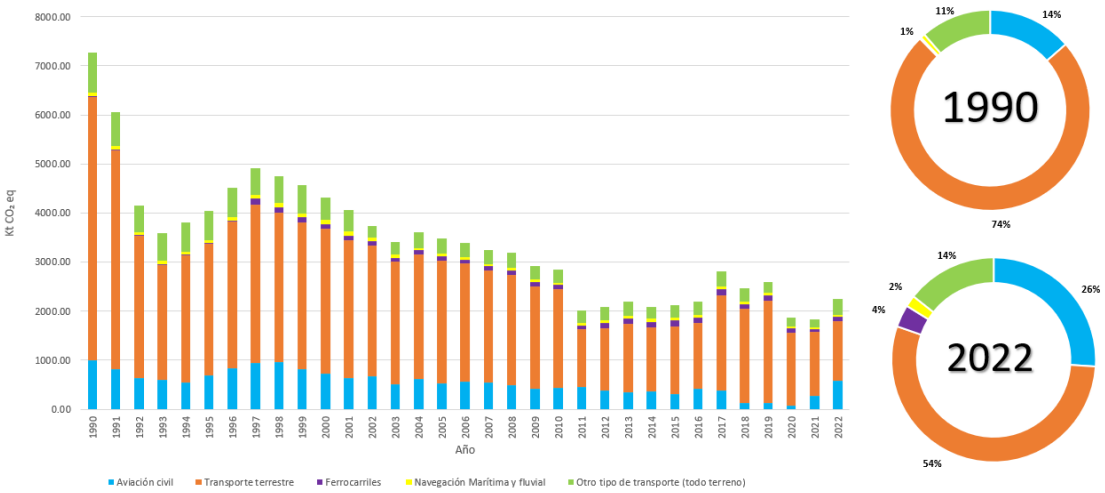


Figura 3-8. Emisiones de GEI (kt de CO_2 eq) por subcategoría procedentes del Transporte (1.A.3). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.8.3 Aspectos metodológicos de la categoría

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 usando datos de actividad del BEN y factores de emisión por defecto. En el caso particular del componente Transporte terrestre, la categoría fue clave en el anterior INGEI, por lo cual debió utilizarse una metodología de Nivel 2. Para el CO_2, no se pudo aplicar porque no se cuenta con los contenidos de carbono del combustible

vendido en el transporte terrestre en el país; y al igual que para el CH_4 y N_2O, ya que no fue posible desagregar los vehículos por tipo de tecnología, ni tampoco se cuenta con factores de emisión específicos de país.

3.2.8.3.1 Datos de actividad

Todos los datos de actividad de las emisiones de la subcategoría provienen del BEN de las series anuales desde 1990 hasta el 2022. En todos los casos las estimaciones se hicieron mediante el método de Nivel 1, por lo cual solo fue necesaria información sobre el consumo de combustible en cada una de las categorías. Se utilizaron los factores de emisión por defecto para cada tipo de combustible multiplicados por el dato de actividad. En la tabla se muestra la fuente de los datos utilizados en las estimaciones (Tabla 3-19).

Tabla 3-19. Fuentes de los datos para las estimaciones del Transporte. Serie 1990-2022

Subcategoría incluida	GEI estimado	Metodología	Fuente de Factor de emisión	Fuente del Dato de Actividad
1.A.3.a	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	IACC, BEN
1.A.3.b	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	AEN, BEN
1.A.3.c	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	UFC, BEN
1.A.3.d	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	GEMAR, BEN
1. A.3.e. ii	CO_2, CH_4, N_2O	T1	IPCC	BEN, AEC

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

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.

3.2.8.4 Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2022, ha sido estimada para cada tipo de combustible y para cada GEI.

Con respecto a los datos de actividad, el BEN de Cuba no cuenta con una estadística sobre la exactitud e incertidumbre de los datos. Dado esto, el Equipo Técnico de INGEI, INSMET, 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 BEN.

Con respecto a los factores de emisión, se usaron los factores de emisión (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

mismas. Para el CO_2 la incertidumbre usada es ±5 % (Cuadro 1.4; Capítulo 1; 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.

3.2.9 Aviación Civil (1.A.3.a)

3.2.9.1 Descripción de la subcategoría

En esta subcategoría se tienen en cuenta las emisiones de la aviación civil internacional y de cabotaje, incluidos despegues y aterrizajes. Abarca el uso civil comercial de aviones, incluido: tráfico regular y *chárter* para pasajeros y carga, taxis aéreos y aviación general.

La flota aérea cubana se caracteriza por no ser de gran envergadura, y presenta solamente dos aerolíneas nacionales. Por lo cual, las emisiones dentro de esta subcategoría no son claves dentro del INGEI.

En Cuba la entidad encargada de la fiscalización y establecimiento de normas para la aviación es el Instituto Nacional de la Aviación Civil Cubana. Este centro maneja los datos del número de vuelos nacionales e internacionales, así como el estado de la flota.

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 2, Capítulo 3, Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O fueron calculadas del consumo de gasolina de aviación y turbo combustibles.

3.2.9.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes a la aviación civil (Tabla 3-20). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 583.8 kt de CO_2-eq. Este valor representa una disminución en un 41% respecto a 1990 y un aumento en un 40% con respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

Tabla 3-20. Emisiones por GEI en la categoría Aviación Civil (1.A.3.a). Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	981.33	981.33	0.01	0.19	0.03	7.28	**988.80**
1991	810.60	810.60	0.01	0.16	0.02	6.01	816.77
1992	638.60	638.60	0.00	0.13	0.02	4.74	643.47
1993	587.25	587.25	0.00	0.12	0.02	4.36	591.72
1994	535.28	535.28	0.00	0.10	0.01	3.97	539.35

1995	686.71	686.71	0.00	0.13	0.02	5.09	691.94
1996	820.64	820.64	0.01	0.16	0.02	6.09	826.89
1997	929.88	929.88	0.01	0.18	0.03	6.90	936.95
1998	946.60	946.60	0.01	0.19	0.03	7.02	953.81
1999	814.15	814.15	0.01	0.16	0.02	6.04	820.35
2000	718.81	718.81	0.01	0.14	0.02	5.33	724.28
2001	626.15	626.15	0.00	0.12	0.02	4.65	630.92
2002	672.62	672.62	0.00	0.13	0.02	4.99	677.74
2003	496.27	496.27	0.00	0.10	0.01	3.68	500.05
2004	620.31	620.31	0.00	0.12	0.02	4.60	625.04
2005	524.50	524.50	0.00	0.10	0.01	3.89	528.49
2006	560.67	560.67	0.00	0.11	0.02	4.16	564.94
2007	534.34	534.34	0.00	0.10	0.01	3.96	538.41
2008	483.66	483.66	0.00	0.09	0.01	3.59	487.35
2009	407.84	407.84	0.00	0.08	0.01	3.03	410.95
2010	427.95	427.95	0.00	0.08	0.01	3.17	431.21
2011	459.52	459.52	0.00	0.09	0.01	3.41	463.02
2012	377.55	377.55	0.00	0.07	0.01	2.80	380.43
2013	346.31	346.31	0.00	0.07	0.01	2.57	348.94
2014	368.58	368.58	0.00	0.07	0.01	2.73	371.39
2015	302.70	302.70	0.00	0.06	0.01	2.25	305.00
2016	414.09	414.09	0.00	0.08	0.01	3.07	**417.24**
2017	370.54	370.54	0.00	0.07	0.01	2.75	373.37
2018	127.81	127.81	0.00	0.03	0.00	0.95	128.78
2019	127.81	127.81	0.00	0.03	0.00	0.95	128.78
2020	76.26	76.26	0.00	0.01	0.00	0.57	76.84
2021	263.40	263.40	0.00	0.05	0.01	1.95	265.41
2022	579.37	579.37	0.00	0.11	0.02	4.30	**583.78**

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

Se observa que entre 1991 y 1994 hubo un decrecimiento en las emisiones. Esta tendencia se debió sobre todo a la situación económica acontecida en el país en esa década, lo cual propició la disminución del número de vuelos en el país. Además, en el año 2020 disminuyeron las emisiones debido a las medidas sanitarias que se tomaron por causa de la COVID-19. Tras el levantamiento de las restricciones sanitarias debido a la pandemia, las emisiones de GEI comenzaron a incrementarse paulatinamente, a partir del 2021.

3.2.9.3 Aspectos metodológicos

3.2.9.3.1 Datos de actividad

En todos los casos las estimaciones se hicieron mediante el método de Nivel 1, por lo cual solo fue necesaria información sobre el consumo de combustible en cada una de las

categorías. Se utilizaron los factores de emisión por defecto para cada tipo de combustible multiplicados por el dato de actividad. El método de estimación empleado para CO_2, CH_4 y N_2O emitidos fue el siguiente:

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

Fuente: Ecuación 3.6.1; Capítulo 3; Volumen 2; página 3.59; *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

Emisión = Emisiones (kg)

Combustible $_a$ =combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ)

EF_a = factor de emisión del combustible (kg/TJ)

$_a$ = tipo de combustible (p. ej., gasolina de aviación, y turbo combustible.)

Los datos de la cantidad de combustible vendido se obtuvieron del Balance Energético Nacional (BEN) y los anuarios estadísticos nacionales. A continuación, se muestra una gráfica del consumo de combustible para la aviación civil durante el período 1990-2022, lo cual permite observar la correlación existente entre el consumo de combustible y las emisiones de GEI (Figura 3-9).

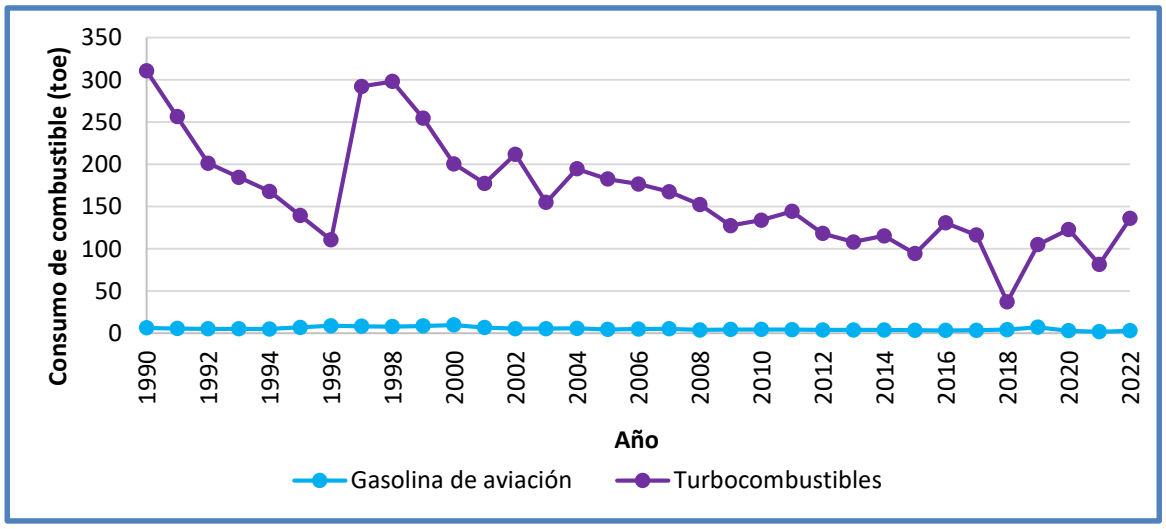


Figura 3-9. Comportamiento del total del consumo de combustible en la aviación civil (1.A.3.a).

3.2.9.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión que se utilizaron para todos los tipos de combustible y GEI fueron los propuestos en las Guías del IPCC 2006. En la Tabla 3-21, se muestra el factor de emisión que se utilizó según el tipo de combustible.

Tabla 3-21. Factores de emisión para cada combustible en la Aviación Civil

	Gasolina de aviación	Turbo combustible	Gasolina de aviación	Turbo combustible	Gasolina de aviación	Turbo combustible
Aviación Civil	70000	71500	0.5	0.5	2	2

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de y los factores de emisión. En cuanto a los datos de actividad, la incertidumbre se tomó a partir del Volumen 2, Capítulo 3 de las Directrices IPCC 2006. Se consideró las incertidumbres recomendadas en las Directrices del IPCC del 2006 para los datos referidos a los factores de emisiones de CH_4 y N_2O (Capítulo 3, Volumen 3, página 3.69, Directrices IPCC, 2006), y para los datos referidos al factor de emisiones de CO_2 (Volumen 2, Capítulo 3, página 3.69, Directrices IPCC, 2006). La Tabla 3-22, presenta un resumen de la incertidumbre combinada por gases.

Tabla 3-22.Incertidumbre combinada para la subcategoría Aviación Civil. Serie 1990-2022

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
1.A.3.a - Aviación Civil-Combustibles líquidos	CO_2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	7,07
1.A.3.a - Aviación Civil-Combustibles líquidos	CH_4	5,00	5,00	57,00	100,00	5,00	100,00	100,12
1.A.3.a - Aviación Civil-Combustibles líquidos	N_2O	5,00	5,00	70,00	100,00	5,00	100,00	100,12

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET, según en las Directrices del IPCC 2006

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto, en especial para las emisiones de CH_4 y N_2O. Esto se debe a que dichos factores de emisión varían en dependencia del tipo y características de la aeronave y de la distancia volada (IPCC, 2006).

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 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 anuarios estadísticos nacionales y el Balance Energético Nacional.

3.2.9.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

3.2.9.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 y las actividades propias del Equipo Técnico del Sector Energía. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (DIN) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el DIN.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI y el MITRANS.

Verificación

La información sobre los datos de actividad y los factores de emisión implícitos se verificó mediante el análisis de las tendencias de las emisiones. Se utilizaron informes y anuarios con el fin de identificar posibles problemas subyacentes y valores atípicos. Adicionalmente, se llevó a cabo una comparación entre los diferentes reportes y a lo largo de la serie temporal, observando la evolución histórica y asegurando consistencia y coherencia.

3.2.9.7 Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico del INGEI en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Adquirir información detallada sobre los tipos de aeronaves que se utilizan en el país y cantidad de ciclos de aterrizaje y despegue (LTO), para refinar la ecuación

de la estimación de las emisiones y disminuir las incertidumbres de los datos de actividad.

- ❖ Desarrollar las capacidades para estimar los gases precursores de GEI

3.2.10 Transporte terrestre (1.A.3.b)

3.2.10.1 Descripción de la subcategoría

En esta subcategoría se tienen en cuenta todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres para servicio ligero, como automóviles y camiones para servicio ligero, y los vehículos para servicio pesado, como los tractores de remolque y los autobuses, y las motocicletas de ciudad (incluidos los ciclomotores*, Scooter* y triciclos). Además, incluye el uso de vehículos agrícolas sobre carreteras pavimentadas.

A pesar de ser uno de los subsectores que más ha reducido sus emisiones desde 1990, esta subcategoría es una de las principales emisoras de GEI en Cuba. Por lo cual las emisiones procedentes de esta son claves dentro del INGEI.

Este subsector en Cuba se caracteriza por la explotación de vehículos envejecidos. Además, representa la principal vía de transporte en el país.

En Cuba las entidades encargadas de la fiscalización y establecimiento de normas en este subsector son el Ministerio del Transporte y el Ministerio del Interior. Estas instituciones manejan los datos sobre la distribución de la flota, la tecnología del sistema de control, el mantenimiento y el tipo de combustible.

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 2, Capítulo 3, Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O fueron calculadas del consumo de diésel y gasolina regular.

3.2.10.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes al Transporte Terrestre (Tabla 3-23). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 1216.5 kt de CO_2-eq. Este valor representa una disminución en un 77.4% respecto a 1990 y una disminución del 9.5% con respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-23. Emisiones por GEI en la categoría Transporte Terrestre. Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	5277.54	5277.54	1.23	34.36	0.26	69.77	**5381.67**
1991	4381.37	4381.37	0.87	24.42	0.22	58.52	4464.31
1992	2842.71	2842.71	0.30	8.40	0.15	39.04	2890.15
1993	2305.02	2305.02	0.47	13.06	0.12	30.76	2348.84
1994	2548.02	2548.02	0.43	11.95	0.13	34.36	2594.32
1995	2626.27	2626.27	0.52	14.58	0.13	35.08	2675.93
1996	2951.49	2951.49	0.45	12.73	0.15	39.96	3004.18
1997	3175.04	3175.04	0.62	17.35	0.16	42.46	3234.85
1998	2989.33	2989.33	0.60	16.88	0.15	39.89	3046.10
1999	2924.64	2924.64	0.59	16.42	0.15	39.04	2980.10
2000	2899.23	2899.23	0.56	15.64	0.15	38.80	2953.67
2001	2756.55	2756.55	0.54	15.19	0.14	36.84	2808.58
2002	2619.06	2619.06	0.38	10.73	0.13	35.54	2665.33
2003	2462.89	2462.89	0.37	10.50	0.13	33.36	2506.75
2004	2484.72	2484.72	0.37	10.47	0.13	33.67	2528.86
2005	2457.40	2457.40	0.44	12.27	0.12	33.03	2502.70
2006	2360.76	2360.76	0.57	15.87	0.12	31.14	2407.77
2007	2249.36	2249.36	0.41	11.54	0.11	30.19	2291.08
2008	2210.69	2210.69	0.41	11.43	0.11	29.65	2251.77
2009	2060.80	2060.80	0.25	6.88	0.11	28.19	2095.87
2010	1976.35	1976.35	0.34	9.47	0.10	26.62	2012.43
2011	1143.00	1143.00	0.26	7.15	0.06	15.15	1165.30
2012	1254.53	1254.53	0.23	6.52	0.06	16.82	1277.87
2013	1367.37	1367.37	0.20	5.60	0.07	18.55	1391.53
2014	1281.40	1281.40	0.19	5.29	0.07	17.38	1304.06
2015	1365.14	1365.14	0.24	6.76	0.07	18.36	1390.26
2016	1320.22	1320.22	0.23	6.33	0.07	17.78	**1344.32**
2017	1909.21	1909.21	0.41	11.56	0.10	25.37	1946.14
2018	1880.27	1880.27	0.38	10.52	0.09	25.11	1915.89
2019	2037.06	2037.06	0.43	12.03	0.10	27.11	2076.20
2020	1452.02	1452.02	0.44	12.33	0.07	18.78	1483.14
2021	1284.68	1284.68	0.21	5.97	0.07	17.33	1307.98
2022	1195.71	1195.71	0.16	4.51	0.06	16.28	**1216.51**

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

Se observa que entre 1991 y 1994 hubo un decrecimiento en las emisiones. Esta tendencia se debió sobre todo a la situación económica acontecida en el país en esa década, lo cual propició la disminución del número de vehículos que circulaban en el país.

Si bien en 2019 aumentaron ligeramente las emisiones, en el año 2022, estas disminuyeron debido a las medidas sanitarias que se tomaron por causa de la COVID-19 y el recrudecimiento del bloqueo de los EE. UU a Cuba.

3.2.10.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría

En todos los casos las estimaciones se hicieron mediante el método de Nivel 1, por lo cual solo fue necesaria la información sobre el consumo de combustible en cada una de las categorías. Se utilizaron los factores de emisión por defecto para cada tipo de combustible multiplicados por el dato de actividad. El método de estimación empleado para CO_2, CH_4 y N_2O emitidos fue el siguiente:

$$Emisión = \sum_{a} [Combustible_a \bullet EF_a]$$

Fuente: Ecuación 3.2.1; Capítulo 3; Volumen 2; página 3.12; *Directrices IPCC de 2006*

Donde:
Emisión = Emisiones (kg)
Combustible a =combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ)
EF_a = factor de emisión del combustible (kg/TJ)
a = tipo de combustible (p. ej., gasolina regular y diésel)

3.2.10.3.1 Datos de actividad

Los datos de la cantidad de combustible vendido se obtuvieron del Balance Energético Nacional y los anuarios estadísticos nacionales. A continuación, se muestra una gráfica del consumo de combustible para el transporte terrestre durante el período 1990-2022, lo cual permite observar la correlación existente entre el consumo de combustible y las emisiones de GEI (Figura 3-10).

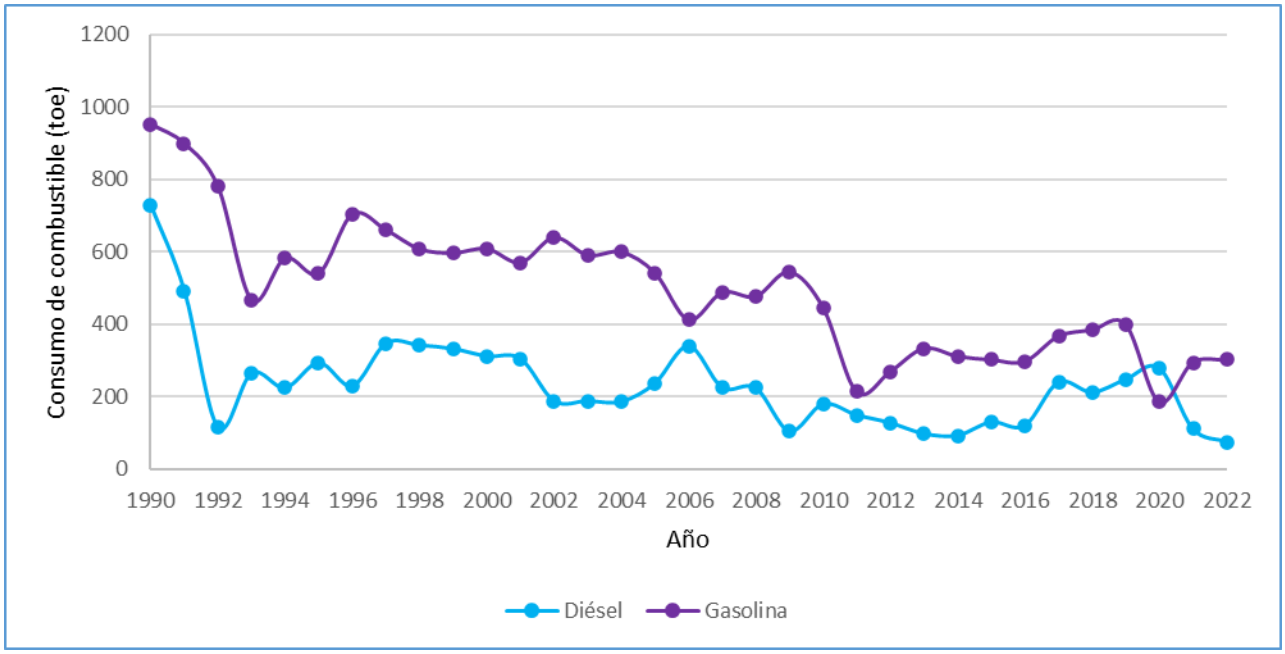


Figura 3-10.Comportamiento del total del consumo de combustible en el Transporte Terrestre (1.A.3.b). Período 1990 – 2022. Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.10.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión que se utilizaron para todos los tipos de combustible y GEI fueron los propuestos en las Guías del IPCC 2006. En la Tabla 3-24, se muestra el factor de emisión que utilizó según el tipo de combustible.

Tabla 3-24. Factores de emisión por tipo de combustible. Transporte Terrestre (1.A.3.b)

Tipo de trasporte	FE CO_2 (kg/TJ)		FE CH_4 (kg/TJ)		FE N_2O (kg/TJ)	
	Gasolina regular	Diésel	Gasolina regular	Diésel	Gasolina regular	Diésel
Transporte terrestre	69300	74100	33	3.9	3.2	3.9

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.10.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de y los factores de emisión. En cuanto a los datos de actividad, la incertidumbre se tomó a partir del Volumen 2, Capítulo 3 de las Directrices IPCC 2006. Se consideró las incertidumbres recomendadas en las Directrices del IPCC del 2006 para los datos referidos a los factores de emisiones de CH_4 y N_2O (Capítulo 3, Volumen 3, página 3.29, Directrices IPCC, 2006). Se calculó la incertidumbre mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia. Para los datos referidos al factor de emisiones de CO_2 (Volumen 2, Capítulo 3, página 3.29, Directrices

IPCC, 2006). La Tabla 3-25, presenta un resumen de las incertidumbres combinadas por gases de efecto invernadero directo (GEI).

Tabla 3-25. Incertidumbre combinada de las estimaciones del Transporte. Serie 1990-2022

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %			
1.A.3.b -Transporte Terrestre- Combustibles líquidos	CO_2	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00	5,00	7,07
1.A.3.b -Transporte Terrestre- Combustibles líquidos	CH_4	5,00	5,00	41,03	243,59	5,00	243,59	243,64
1.A.3.b -Transporte Terrestre- Combustibles líquidos	N_2O	5,00	5,00	307,69	307,69	5,00	307,69	307,73

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto, en especial para las emisiones de CH_4 y N_2O. Esto se debe a que dichos factores de emisión varían en dependencia del tipo de tecnología del vehículo (IPCC, 2006).

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 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 anuarios estadísticos nacionales y la información proporcionada por el MITRANS.

3.2.10.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

3.2.10.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico del Sector Energía. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (DIN) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el DIN.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI, el MITRANS y el MINEM.

Verificación

La información sobre los datos de actividad y los factores de emisión implícitos se verificó mediante el análisis de las tendencias de las emisiones. Se utilizaron informes y anuarios con el fin de identificar posibles problemas subyacentes y valores atípicos. Adicionalmente, se llevó a cabo una comparación entre los diferentes reportes y a lo largo de la serie temporal, observando la evolución histórica y asegurando consistencia y coherencia.

3.2.10.7 Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico de Desechos en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, el plan de mejoramiento para la subcategoría es obtener datos más detallados que permitan:

- Diferenciar los consumos por tipo de combustible y por tipo de transporte terrestre.
- Determinar los tipos de tecnología de los motores y la existencia o no de convertidores catalíticos.
- Contar con datos más refinados de niveles de consumo (litros/km) en el transporte terrestre, distancias recorridas y velocidades promedio.
- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y óxidos de azufre (SO_x) en esta categoría.

3.2.11 Ferrocarriles (1.A.3.c)

3.2.11.1 Descripción de la subcategoría

En esta subcategoría se tienen en cuenta todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en el transporte por ferrocarriles, tanto en rutas de tráfico de carga como de pasajeros. El transporte ferroviario en Cuba se caracteriza por la explotación de vehículos envejecidos y por no ser de grandes proporciones.

En Cuba la entidad encargada de la fiscalización y establecimiento de normas para los ferrocarriles es el Ministerio del Transporte. Esta institución maneja los datos sobre la distribución de la flota, la tecnología del sistema de control, el mantenimiento y el tipo de combustible que se utiliza.

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 2, Capítulo 3, Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O fueron calculadas del consumo de diésel y gasolina regular.

3.2.11.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes al Transporte Terrestre (Tabla 3-26). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 79.14 kt de CO_2-eq. Este valor representa un aumento de 381.1% respecto a 1990 y una disminución de 29.3% con respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-26. Emisiones por GEI en la subcategoría (1.A.3.c): Ferrocarriles. Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	14.90	14.90	0.001	0.02	0.006	1.52	**16.45**
1991	14.27	14.27	0.001	0.02	0.006	1.46	15.75
1992	13.32	13.32	0.001	0.02	0.005	1.36	14.70
1993	13.32	13.32	0.001	0.02	0.005	1.36	14.70
1994	13.09	13.09	0.001	0.02	0.005	1.34	14.45
1995	13.09	13.09	0.001	0.02	0.005	1.34	14.45
1996	13.09	13.09	0.001	0.02	0.005	1.34	14.45
1997	105.90	105.90	0.006	0.17	0.041	10.83	116.90
1998	101.78	101.78	0.006	0.16	0.039	10.41	112.35
1999	99.87	99.87	0.006	0.16	0.039	10.22	110.25
2000	92.26	92.26	0.005	0.14	0.036	9.44	101.85
2001	94.17	94.17	0.005	0.15	0.036	9.63	103.95
2002	71.97	71.97	0.004	0.11	0.028	7.36	79.45
2003	74.19	74.19	0.004	0.12	0.029	7.59	81.90
2004	86.24	86.24	0.005	0.14	0.033	8.82	95.20
2005	80.85	80.85	0.005	0.13	0.031	8.27	89.25
2006	72.92	72.92	0.004	0.11	0.028	7.46	80.50
2007	73.87	73.87	0.004	0.12	0.029	7.56	81.55
2008	84.97	84.97	0.005	0.13	0.033	8.69	93.80

2009	76.73	76.73	0.004	0.12	0.030	7.85	84.70
2010	80.85	80.85	0.005	0.13	0.031	8.27	89.25
2011	73.24	73.24	0.004	0.11	0.028	7.49	80.85
2012	84.34	84.34	0.005	0.13	0.033	8.63	93.10
2013	97.97	97.97	0.005	0.15	0.038	10.02	108.15
2014	98.92	98.92	0.006	0.16	0.038	10.12	109.20
2015	108.12	108.12	0.006	0.17	0.042	11.06	119.35
2016	101.46	101.46	0.006	0.16	0.039	10.38	**112.00**
2017	117.30	117.30	0.007	0.18	0.045	12.00	129.49
2018	85.02	85.02	0.005	0.13	0.033	8.70	93.85
2019	97.00	97.00	0.005	0.15	0.037	9.92	107.07
2020	74.70	74.70	0.004	0.12	0.029	7.64	82.46
2021	58.11	58.11	0.003	0.09	0.022	5.94	64.15
2022	71.69	71.69	0.004	0.11	0.028	7.33	**79.14**

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

Se observa que entre 1990 y 1996 hubo un decrecimiento en las emisiones. Esta tendencia se debió sobre todo a la situación económica acontecida en el país en esa década. Posteriormente se observa un incremento de las emisiones; aunque durante el año 2020 y 2021, estas disminuyeron debido a la situación económica del país y a las medidas sanitarias que se tomaron por causa de la covid-19. Tras el levantamiento de las restricciones sanitarias debido a la pandemia, las emisiones de GEI comenzaron a incrementarse en el 2022.

3.2.11.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría

3.2.11.3.1 Datos de actividad

En todos los casos las estimaciones se hicieron mediante el método de Nivel 1, por lo cual solo fue necesaria información sobre el consumo de combustible en cada una de las categorías. Se utilizaron los factores de emisión por defecto para cada tipo de combustible multiplicados por el dato de actividad. El método de estimación empleado para CO_2, CH_4 y N_2O emitidos fue el siguiente:

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

Fuente: Ecuación 3.4.1; Capítulo 3; Volumen 2; página 3.41; *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

Emisión = Emisiones (kg)

Combustible $_a$ =combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ)

EF_a = factor de emisión del combustible (kg/TJ)

$_a$ = tipo de combustible (p. ej., diésel)

Los datos de la cantidad de combustible vendido se obtuvieron del Balance energético nacional (BEN) y los anuarios estadísticos nacionales. Desde 1990 a 2008 se contaba con datos del consumo de combustible. Para la serie 2015-2018 se tenía datos proporcionados por la Unión de Ferrocarriles de Cuba (UFC). Toda esta información se utilizó para homogeneizar la serie 1990-2008 y para estimar mediante el método de empalme los años en los cuales solo se poseía información sobre el consumo de combustible total en el transporte (2009-2014 y 2019-2022).

A continuación, se muestra una gráfica del consumo de combustible para el transporte ferroviario durante el período 1990-2022, lo cual permite observar la correlación existente entre el consumo de combustible y las emisiones de GEI (Figura 3-9).

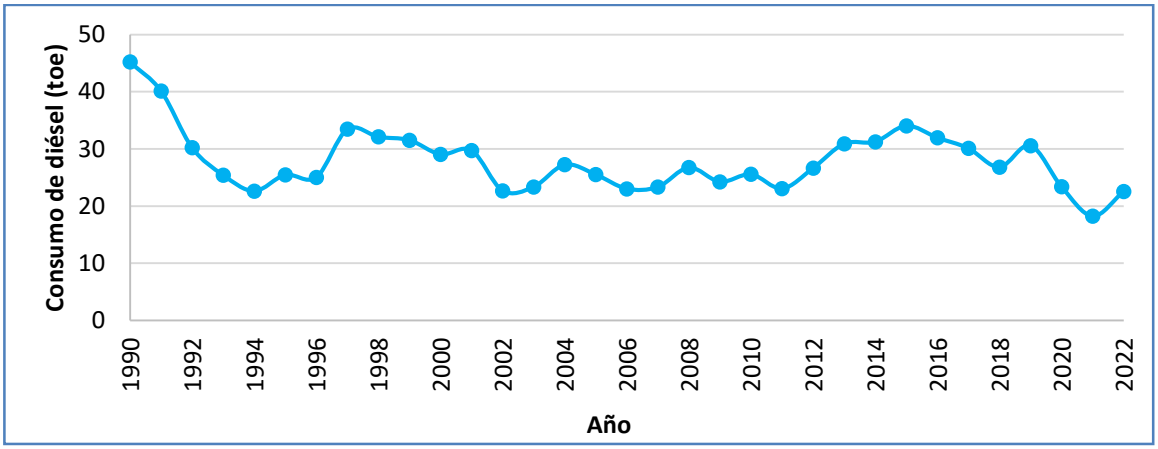


Figura 3-11. Comportamiento del total del consumo de combustible en los Ferrocarriles (1.A.3.c). Período 1990 – 2022. Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.11.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión que se utilizaron para todos los tipos de combustible y GEI fueron los propuestos en las Guías del IPCC 2006. En la Tabla 3-27, se muestra el factor de emisión que utilizó según el tipo de combustible para cada subcategoría.

Tabla 3-27. Factores de emisión correspondientes para cada combustible en Ferrocarriles

Tipo de transporte	FE CO_2 (kg/TJ)	FE CH_4 (kg/TJ)	FE N_2O (kg/TJ)
Ferrocarriles	74100	4.15	28.6

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.11.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión. Por tanto, la incertidumbre que se muestra de los

datos de actividad proviene del Capítulo 3, Volumen 2, página 3.46, Directrices IPCC, 2006. En el caso de los factores de emisión se consideró las incertidumbres recomendadas en las *Directrices del IPCC del 2006* para los datos referidos a las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O (Cuadro 3.4.1, Capítulo 3, Volumen 2, página 3.43). Se calculó la incertidumbre mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia. La Tabla 3-28, presenta un resumen de las incertidumbres combinadas por gases.

Tabla 3-28. Incertidumbre combinada de las estimaciones: Ferrocarriles. Serie 1990-2022

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %			
1.A.3.c -Ferrocarriles-Combustibles líquidos	CO_2	5,00	5,00	97,98	250,60	5,00	250,60	250,65
1.A.3.c -Ferrocarriles-Combustibles líquidos	CH_4	5,00	5,00	40,24	300,00	5,00	300,00	300,04
1.A.3.c -Ferrocarriles-Combustibles líquidos	N_2O	5,00	5,00	50,00	300,00	5,00	300,00	300,04

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET, según las Directrices del IPCC 2006 y en el INGEI de Chile serie 1990-2013

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto, en especial para las emisiones de CH_4 y N_2O. Esto se debe a que dichos factores de emisión varían en dependencia de los parámetros de diseño del motor de las locomotoras (IPCC, 2006).

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 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 anuarios estadísticos nacionales y la información proporcionada por el MITRANS.

3.2.11.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

3.2.11.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico del Sector Energía. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (DIN) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el DIN.
- ❖ Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI, el MITRANS, CIMAB y el MINEM.

Verificación

La información sobre los datos de actividad y los factores de emisión implícitos se verificó mediante el análisis de las tendencias de las emisiones. Se utilizaron informes y anuarios con el fin de identificar posibles problemas subyacentes y valores atípicos. Adicionalmente, se llevó a cabo una comparación entre los diferentes reportes y a lo largo de la serie temporal, observando la evolución histórica y asegurando consistencia y coherencia.

3.2.12 Navegación marítima y fluvial (1.A.3.d)

3.2.12.1 Descripción de la subcategoría

En esta subcategoría se tienen en cuenta todas las emisiones de la quema y la evaporación todo el transporte marítimo y fluvial desde lo recreativo hasta los grandes transatlánticos de carga impulsados principalmente por motores diésel de baja, media y alta velocidad y, en ocasiones, por turbinas de vapor o de gas. Incluye los aerodeslizadores y aliscafos. El transporte marítimo y fluvial en Cuba se caracteriza por la explotación de vehículos envejecidos y por no ser de grandes proporciones.

En Cuba la entidad encargada de la fiscalización y establecimiento de normas para la navegación marítima y fluvial es el MITRANS. Esta institución maneja los datos sobre la distribución de la flota, la tecnología del sistema de control, el mantenimiento y el tipo de combustible que se utiliza.

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 2, Capítulo 3, Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O fueron calculadas del consumo de diésel y gasolina regular.

3.2.12.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes a la Navegación marítima y fluvial (Tabla 3-29). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 40.6 kt de CO_2-eq. Este valor representa una disminución de 23.5% respecto a 1990 y de 20.1% respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

Tabla 3-29. Emisiones por GEI para la Navegación Marítima y Fluvial. Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	52.60	52.60	0.005	0.14	0.001	0.38	**53.11**
1991	55.71	4381.37	0.005	0.15	0.002	0.40	56.26
1992	56.65	2842.71	0.005	0.15	0.002	0.41	57.21
1993	58.92	2305.02	0.006	0.16	0.002	0.42	59.49
1994	60.90	2548.02	0.006	0.16	0.002	0.44	61.49
1995	62.03	2626.27	0.006	0.16	0.002	0.44	62.64
1996	62.61	2951.49	0.006	0.17	0.002	0.45	63.22
1997	72.97	3175.04	0.007	0.19	0.002	0.52	73.68
1998	79.92	2989.33	0.008	0.21	0.002	0.57	80.71
1999	77.48	2924.64	0.007	0.20	0.002	0.55	78.24
2000	72.02	2899.23	0.007	0.19	0.002	0.52	72.73
2001	73.16	2756.55	0.007	0.19	0.002	0.52	73.88
2002	72.02	2619.06	0.007	0.19	0.002	0.52	72.73
2003	55.00	2462.89	0.005	0.15	0.001	0.39	55.54
2004	37.13	2484.72	0.004	0.10	0.001	0.27	37.49
2005	42.09	2457.40	0.004	0.11	0.001	0.30	42.50
2006	46.76	2360.76	0.004	0.12	0.001	0.33	47.22
2007	46.99	2249.36	0.004	0.12	0.001	0.34	47.45
2008	52.35	2210.69	0.005	0.14	0.001	0.37	52.86
2009	44.20	2060.80	0.004	0.12	0.001	0.32	44.63
2010	42.37	1976.35	0.004	0.11	0.001	0.30	42.78
2011	38.22	1143.00	0.004	0.10	0.001	0.27	38.59
2012	48.46	1254.53	0.005	0.13	0.001	0.35	48.94
2013	51.25	1367.37	0.005	0.14	0.001	0.37	51.75
2014	56.11	1281.40	0.005	0.15	0.002	0.40	56.65
2015	54.10	1365.14	0.005	0.14	0.001	0.39	54.63
2016	50.68	1320.22	0.005	0.13	0.001	0.36	**51.17**

2017	54.84	1909.21	0.005	0.15	0.001	0.39	55.38
2018	55.94	1880.27	0.005	0.15	0.002	0.40	56.49
2019	49.73	2037.06	0.005	0.13	0.001	0.36	50.21
2020	38.87	1452.02	0.004	0.10	0.001	0.28	39.25
2021	30.23	1284.68	0.003	0.08	0.001	0.22	30.53
2022	40.22	1195.71	0.004	0.11	0.001	0.29	**40.62**

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

Se observa que las emisiones no varían significativamente de año en año. No obstante, se puede apreciar que las emisiones tienden a disminuir en los últimos cuatro años analizados. Debido a la situación económica del país y a las medidas sanitarias que se tomaron por causa de la Covid-19. Tras el levantamiento de las restricciones sanitarias debido a la pandemia, las emisiones de GEI comenzaron a incrementarse paulatinamente, a partir del 2022.

3.2.12.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría

3.2.12.3.1 Datos de actividad

En todos los casos las estimaciones se hicieron mediante el método de Nivel 1, por lo cual solo fue necesaria información sobre el consumo de combustible en cada una de las categorías. Se utilizaron los factores de emisión por defecto para cada tipo de combustible multiplicados por el dato de actividad. El método de estimación empleado para CO_2, CH_4 y N_2O emitidos fue el siguiente:

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

Fuente: Ecuación 3.5.1; Capítulo 3; Volumen 2; página 3.47; Directrices IPCC de 2006

Donde:

Emisión = Emisiones (kg)

Combustible $_a$ =combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ)

EF_a = factor de emisión del combustible (kg/TJ)

$_a$ = tipo de combustible (p. ej., diésel)

Los datos de la cantidad de combustible vendido se obtuvieron del Balance Energético Nacional y los anuarios estadísticos nacionales. Desde 1990 a 2004 se contaba con información real del consumo de combustible de los años pares, los impares se calcularon a partir del promedio de años anteriores. A partir de 2004 solo se contaba con información sobre el consumo total de combustible en el transporte, por lo cual para la serie 2005-

2022 también se utilizó el promedio de años anteriores en la estimación del consumo de combustible y se comparó con datos proporcionados por GEMAR para los años 2018-2021.

3.2.12.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión que se utilizaron para todos los tipos de combustible y GEI fueron los propuestos en las Guías del IPCC 2006. En la Tabla 3-30, se muestra el factor de emisión que utilizó según el tipo de combustible para cada subcategoría.

Tabla 3-30. Factores de emisión por GEI en la Navegación Marítima y Fluvial

Tipo de transporte	FE CO_2 (kg/TJ)	FE CH_4 (kg/TJ)	FE N_2O (kg/TJ)
Navegación Marítima y Fluvial	74100	7	2

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.12.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión. Por tanto, la incertidumbre que se muestra de los datos de actividad proviene del Capítulo 3, Volumen 2, página 3.54, Directrices IPCC, 2006. En el caso de los factores de emisión se consideró las incertidumbres recomendadas en las *Directrices del IPCC del 2006* para los datos referidos a las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O (Cuadro 3.5.2, Capítulo 3, Volumen 2, página 3.50, *Directrices IPCC*, 2006). Se calculó la incertidumbre mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia. La Tabla 3-31, presenta un resumen de las incertidumbres combinadas por gases.

Tabla 3-31. Incertidumbre combinada en la Navegación Marítima y Fluvial. Serie 1990-2022

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %			
1.A.3.d -Navegación Marítima y fluvial-Combustibles líquidos	CO_2	5,00	5,00	97,98	100,94	5,00	100,94	101,07
1.A.3.d -Navegación Marítima y fluvial-Combustibles líquidos	CH_4	5,00	5,00	50,00	150,00	5,00	150,00	150,08
1.A.3.d -Navegación Marítima y fluvial-Combustibles líquidos	N_2O	5,00	5,00	60,00	240,00	5,00	240,00	240,05

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET, según las Directrices del IPCC 2006

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto, en especial para las

emisiones de CH_4 y N_2O. Esto se debe a que dichos factores de emisión varían en dependencia de los parámetros de diseño del motor de las embarcaciones (IPCC, 2006).

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 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 anuarios estadísticos nacionales y la información proporcionada por el MITRANS.

3.2.12.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

3.2.12.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 y las actividades propias del Equipo Técnico del Sector Energía. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 del Inventario Nacional (DIN), y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el DIN.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI, el MITRANS, CIMAB y el MINEM.

Verificación

La información sobre los datos de actividad y los factores de emisión implícitos se verificó mediante el análisis de las tendencias de las emisiones. Se utilizaron informes y anuarios con el fin de identificar posibles problemas subyacentes y valores atípicos. Adicionalmente, se llevó a cabo una comparación entre los diferentes reportes y a lo largo

de la serie temporal, observando la evolución histórica y asegurando consistencia y coherencia.

3.2.12.7 Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico de Desechos en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Adquirir información detallada del estado de la flota cubana, para refinar la ecuación de la estimación de las emisiones y disminuir las incertidumbres de los datos de actividad.
- Desarrollar las capacidades para la estimación de los gases precursores de GEI

3.2.13 Transporte Todoterreno (1.A.3.e.ii)

3.2.13.1 Descripción de la subcategoría

En esta subcategoría se tienen en cuenta todas las emisiones de la quema y la evaporación de vehículos y la maquinaria móvil utilizados en la agricultura, silvicultura, como los tractores agrícolas y las motosierras. Este tipo de transporte en Cuba se caracteriza por la explotación de vehículos envejecidos y por no ser de grandes proporciones debido al desarrollo agrícola alcanzado en el país.

En Cuba la entidad encargada de la fiscalización y establecimiento de normas para el transporte todo terreno es el MITRANS. Esta institución maneja los datos sobre la distribución de los vehículos, la tecnología del sistema de control, el mantenimiento y el tipo de combustible que se utiliza.

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 2, Capítulo 3, Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O fueron calculadas del consumo de diésel y gasolina regular.

3.2.13.2 Tendencia de las emisiones de GEI

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes a la subcategoría Todoterreno (Tabla 3-32). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 321.8 kt de CO_2 eq. Este valor representa una disminución de 61.1% respecto a 1990 y un aumento de 22.2% con respecto a 2016. Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2 eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

***Tabla 3-32*. Emisiones por GEI en la categoría Transporte Todoterreno. Serie 1990-2022**

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	758.58	758.58	0.21	5.92	0.24	63.03	**827.53**
1991	635.74	4381.37	0.19	5.29	0.20	51.81	692.84
1992	494.21	2842.71	0.11	3.19	0.16	43.11	540.51
1993	514.96	2305.02	0.10	2.80	0.18	46.53	564.29
1994	536.26	2548.02	0.10	2.86	0.18	48.63	587.76
1995	545.13	2626.27	0.12	3.23	0.18	48.46	596.82
1996	552.04	2951.49	0.10	2.84	0.19	50.39	605.27
1997	500.06	3175.04	0.11	3.12	0.17	43.96	547.14
1998	495.86	2989.33	0.09	2.57	0.17	45.20	543.63
1999	514.99	2924.64	0.10	2.71	0.18	46.83	564.53
2000	416.46	2899.23	0.06	1.70	0.15	39.37	457.53
2001	392.90	2756.55	0.07	1.91	0.14	36.21	431.02
2002	212.57	2619.06	0.06	1.78	0.07	17.31	231.65
2003	236.07	2462.89	0.06	1.59	0.08	20.38	258.04
2004	283.94	2484.72	0.07	1.92	0.09	24.51	310.37
2005	286.31	2457.40	0.08	2.10	0.09	24.20	312.61
2006	262.26	2360.76	0.06	1.67	0.09	22.96	286.89
2007	256.22	2249.36	0.05	1.36	0.09	23.27	280.85
2008	278.06	2210.69	0.05	1.39	0.10	25.51	304.96
2009	258.49	2060.80	0.04	1.01	0.09	24.59	284.09
2010	248.98	1976.35	0.03	0.86	0.09	24.01	273.86
2011	243.00	1143.00	0.03	0.90	0.09	23.27	267.16
2012	255.50	1254.53	0.03	0.80	0.09	24.90	281.20
2013	265.08	1367.37	0.03	0.82	0.10	25.86	291.76
2014	217.65	1281.40	0.03	0.91	0.08	20.52	239.08
2015	229.08	1365.14	0.02	0.65	0.09	22.53	252.26
2016	239.24	1320.22	0.03	0.71	0.09	23.45	**263.40**
2017	281.63	1909.21	0.03	0.87	0.10	27.50	309.99
2018	273.54	1880.27	0.03	0.85	0.10	26.67	301.06
2019	204.96	2037.06	0.02	0.60	0.08	20.09	225.65
2020	158.99	1452.02	0.03	0.91	0.05	14.23	174.13
2021	149.16	1284.68	0.02	0.52	0.05	14.38	164.06
2022	291.90	1195.71	0.02	0.67	0.11	29.19	**321.77**

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

Durante los primeros años de la serie disminuyeron drásticamente las emisiones debido a la crisis energética que sufrió el país. En general, se observa que las emisiones no

varían significativamente de año en año. No obstante, se evidencia que las emisiones tienden a disminuir en los últimos cinco años analizados. Debido a la situación económica del país y a las medidas sanitarias que se tomaron por causa de la COVID-19. Tras el levantamiento de las restricciones sanitarias debido a la pandemia, las emisiones de GEI comenzaron a incrementarse paulatinamente, a partir del 2022.

3.2.13.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría

3.2.13.3.1 Datos de actividad

En todos los casos las estimaciones se hicieron mediante el método de Nivel 1, por lo cual, solo fue necesaria información sobre el consumo de combustible en cada una de las categorías. Se utilizaron los factores de emisión por defecto para cada tipo de combustible multiplicados por el dato de actividad. El método de estimación empleado para CO_2, CH_4 y N_2O emitidos fue el siguiente:

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

Fuente: Ecuación 3.3.1; Capítulo 3; Volumen 2; página 3.33; *Directrices IPCC* de 2006

Donde:

Emisión = Emisiones (kg)

Combustible a =combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ)

EFa = factor de emisión del combustible (kg/TJ)

a = tipo de combustible (p. ej., diésel)

Los datos de la cantidad de combustible vendido se obtuvieron del Balance Energético Nacional (BEN) y los Anuarios Estadísticos Nacionales (ONEI, 2023). Desde 1990-2008 se contaba con información real del consumo de combustible a partir del Compendio Energético Nacional.

Para la serie 2002-2012 también se contaba con una serie estadística del consumo de combustible en la agricultura móvil, por lo que se utilizó esta información para homogeneizar la serie 1990-2012. A partir de estos datos, mediante el método de empalme se estimó la serie 2013-2022.

A continuación, se muestra una gráfica del consumo de combustible para la navegación marítima y fluvial durante el período 1990-2022, lo cual permite observar la correlación existente entre el consumo de combustible y las emisiones de GEI (Figura 3-12).

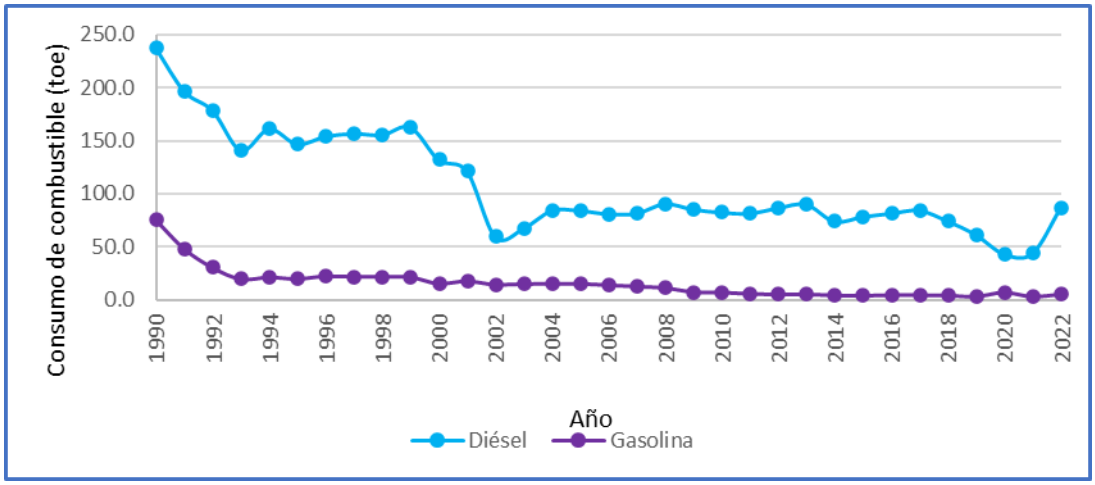


Figura 3-12. Comportamiento del consumo total de combustible en el Transporte Todoterreno (1.A.3.e.ii). Período 1990 – 2022. Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.13.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión que se utilizaron para todos los tipos de combustible y GEI fueron los propuestos en las Guías del IPCC 2006. En la Tabla 3-33, se muestra el factor de emisión que se utilizó según el tipo de combustible para cada subcategoría.

Tabla 3-33. Factores de emisión por tipo de combustible en el transporte Todo terreno

Tipo de trasporte	FE CO_2 (kg/TJ)		FE CH_4 (kg/TJ)		FE N_2O (kg/TJ)	
	Gasolina regular	Diésel	Gasolina regular	Diésel	Gasolina regular	Diésel
Otro tipo de transporte (todoterreno)	69300	74100	80	4.15	2	28.6

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET

3.2.13.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad. Por tanto, la incertidumbre que se muestra de los datos de actividad proviene del Capítulo 3, Volumen 2, página 3.38, Directrices IPCC, 2006. En el caso de los factores de emisión se consideró las incertidumbres recomendadas en las *Directrices del IPCC del 2006* para los datos referidos a las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O (Cuadro 3.3.1, Capítulo 3, Volumen 2, página 3.36, Directrices IPCC, 2006). Se calculó la incertidumbre mediante los límites de intervalo de confianza de los valores por defecto proporcionados y se tomó la diferencia porcentual más amplia. La Tabla 3-34, presenta un resumen de las incertidumbres combinadas por GEI estimados.

Tabla 3-34. Incertidumbre combinada para el Transporte Todoterreno. Serie 1990-2022

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %			
1.A.3.e.ii -Transporte todoterreno-Combustibles líquidos	CO_2	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00	5,00	7,07
1.A.3.e.ii -Transporte todoterreno-Combustibles líquidos	CH_4	5,00	5,00	41,03	243,59	5,00	243,59	243,64
1.A.3.e.ii -Transporte todoterreno-Combustibles líquidos	N_2O	5,00	5,00	307,69	307,69	5,00	307,69	307,73

Fuente: Equipo Técnico INGEI, INSMET, según las *Directrices del IPCC 2006*

En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto, en especial para las emisiones de CH_4 y N_2O. Esto se debe a que dichos factores de emisión varían en dependencia de los parámetros de diseño del motor de las locomotoras (IPCC, 2006).

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 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 anuarios estadísticos nacionales y la información proporcionada por el MITRANS.

3.2.13.5 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

3.2.13.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico del Sector Energía. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (DIN) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el DIN.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI, el MITRANS y el MINEM.

Verificación

La información sobre los datos de actividad y los factores de emisión implícitos se verificó mediante el análisis de las tendencias de las emisiones. Se utilizaron informes y anuarios con el fin de identificar posibles problemas subyacentes y valores atípicos. Adicionalmente, se llevó a cabo una comparación entre los diferentes reportes y a lo largo de la serie temporal, observando la evolución histórica y asegurando consistencia y coherencia.

3.2.13.7 Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico de Desechos en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Adquirir información detallada del estado del transporte que se utiliza en la actividad agrícola y en la construcción, para refinar la ecuación de la estimación de las emisiones y disminuir las incertidumbres de los datos de actividad.
- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y óxidos de azufre (SO_x) en esta categoría.

3.2.14 Otros sectores (1.A.4)

3.2.14.1 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.

3.2.14.2 Tendencia de las emisiones de GEI

Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 1,811.2 kt CO_2-eq. Este valor representa una disminución de 51.6% respecto a 1990 y en una disminución de 1.4% con respecto a 2016.

Esta subcategoría 1.A.4. Otros sectores (principalmente residencial) representó el 6.2% de las emisiones totales del sector. Dentro de este sector también se ha mostrado una disminución en las emisiones sobre todo en el Residencial que representaba en el 1990 un 7.1% de las emisiones totales de la subcategoría y en el 2022 solo el 2.1%.

Este marcado decrecimiento es debido, casi en su totalidad, a la reducción de los consumos de los combustibles líquidos en los hogares como el querosene y la sustitución de este por el gas licuado del petróleo (GLP) y la introducción de las cocinas de inducción que utilizan electricidad. Por su parte, los componentes Comercial/institucional y Agricultura/Silvicultura/Pesca mantuvieron un comportamiento similar en toda la serie.

A continuación, se muestran las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O correspondientes a la subcategoría Otros sectores (Tabla 3-35).

Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Tabla 3-35. Emisiones por GEI en la categoría: (1.A.4) Otros sectores. Serie 1990-2022

	Emisiones de CO_2		Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones Totales
Años	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg	Gg de CO_2 eq	Gg de CO_2 eq
1990	3715.64	3715.64	0.81	22.81	0.031	8.19	**3746.63**
1991	3273.91	4381.37	0.87	24.47	0.028	7.40	3305.79
1992	3122.83	2842.71	0.88	24.67	0.029	7.71	3155.21
1993	2875.12	2305.02	0.90	25.20	0.027	7.11	2907.44
1994	2616.33	2548.02	0.76	21.39	0.024	6.33	2644.05
1995	2489.34	2626.27	0.56	15.75	0.021	5.44	2510.53
1996	2474.56	2951.49	0.56	15.62	0.020	5.33	2495.52
1997	2199.16	3175.04	0.45	12.68	0.017	4.46	2216.30
1998	2131.59	2989.33	0.59	16.48	0.018	4.83	2152.90
1999	2205.18	2924.64	0.48	13.31	0.017	4.56	2223.05
2000	2437.53	2899.23	0.62	17.24	0.020	5.24	2460.01
2001	2389.76	2756.55	0.59	16.56	0.019	4.95	2411.27
2002	2092.14	2619.06	0.50	14.13	0.016	4.21	2110.48
2003	2413.39	2462.89	0.58	16.17	0.019	4.94	2434.50
2004	2700.08	2484.72	0.71	19.96	0.022	5.77	2725.80
2005	2656.31	2457.40	0.60	16.76	0.019	5.14	2678.22
2006	2047.94	2360.76	0.41	11.36	0.015	4.00	2063.30
2007	2261.67	2249.36	0.48	13.41	0.017	4.43	2279.50
2008	2144.03	2210.69	0.60	16.91	0.017	4.62	2165.56
2009	2137.78	2060.80	0.63	17.71	0.017	4.56	2160.05
2010	2342.25	1976.35	0.57	15.87	0.016	4.28	2362.40
2011	2154.06	1143.00	0.52	14.69	0.016	4.37	2173.11

2012	2189.10	1254.53	0.47	13.30	0.015	4.01	2206.41
2013	2007.36	1367.37	0.50	14.11	0.015	4.05	2025.51
2014	1885.27	1281.40	0.44	12.24	0.014	3.60	1901.10
2015	1995.31	1365.14	0.46	12.83	0.014	3.67	2011.81
2016	1825.78	1320.22	0.40	11.18	0.013	3.43	**1840.40**
2017	1742.52	1909.21	0.40	11.08	0.012	3.22	1756.82
2018	1734.44	1880.27	0.40	11.15	0.013	3.32	1748.91
2019	1574.01	2037.06	0.30	8.51	0.010	2.77	1585.29
2020	1473.11	1452.02	0.33	9.20	0.010	2.77	1485.09
2021	1471.94	1284.68	0.34	9.59	0.010	2.74	1484.27
2022	1799.64	1195.71	0.30	8.29	0.012	3.27	**1811.20**

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

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 este sector también se observa un descenso de las emisiones en los años finales de la serie, atribuido a la disminución en los consumos de queroseno para cocinar en la componente Residencial, ya que se han hecho inversiones a partir del 2012 para favorecer el uso de equipos electrodomésticos y el uso del gas licuado para la cocina (Figura 3-13).

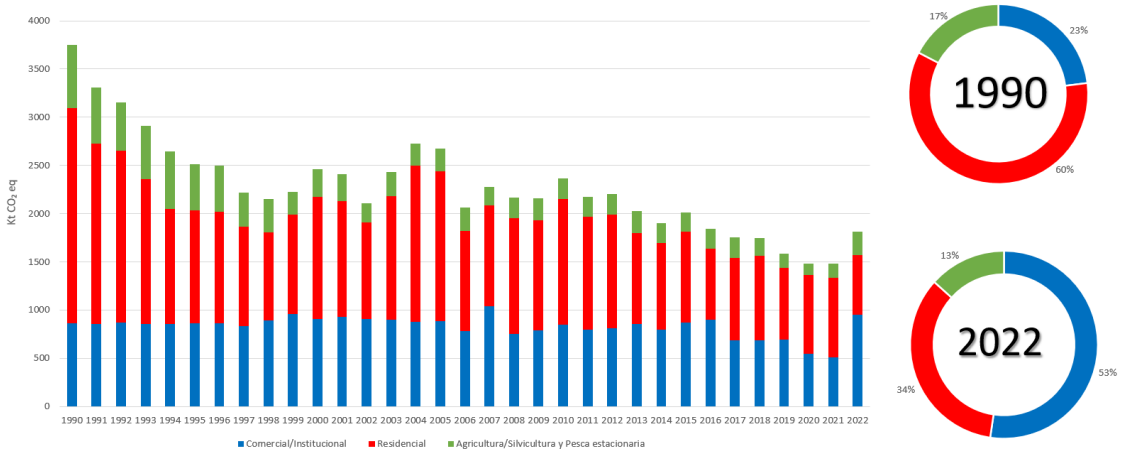


Figura 3-13. Otros sectores. Emisiones de GEI en kt de CO_2 eq por componentes para la serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI, INSMET

3.2.14.3 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 BEN y factores de emisión por defecto. La Tabla 3-36 resume los métodos que se aplicaron para cada componente de la subcategoría. El componente Estacionario de

Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura, que incluye quemas de la agricultura y la pesca estacionaria, se consideran en el BEN dentro de las industrias.

Tabla 3-36. (1.A.4) Otros sectores: métodos aplicados por componentes: subcategorías

Categoría	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/Piscicultura	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE	T1, IE	D, IE
1.A.4.c.i. Estacionaria	T1	D	T1	D	T1	D
1.A.4.c.ii Vehículos todo terreno y otra maquinaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.14.3.1 Datos de actividad

Todos los datos de actividad de las emisiones de la subcategoría provienen del Balance Energético Nacional (BEN) de las series anuales desde 1990 hasta el 2022.

3.2.14.3.2 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. Esta categoría fue clave en el anterior INGEI por lo cual debió utilizarse una metodología de Nivel 2. No se pudo aplicar porque no se cuenta con los factores de emisión específicos del país para la combustión estacionaria.

3.2.14.4 Incertidumbre

Para la determinación de la incertidumbre de los factores de emisión del CH_4 y N_2O se utilizó el cuadro 2.12 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices IPCC 2006. Para la incertidumbre del CO_2 se tomó el valor propuesto en el Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices IPCC 2006. En el caso de la incertidumbre de los datos de actividad se tomó el valor porcentual más alto presentado en la columna de sondeos de sistemas estadísticos menos desarrollados del cuadro 2.15 del Capítulo 2, Volumen 2 de las Directrices IPCC 2006. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 3-37.

Tabla 3-37. 1.A.4. Otros Sectores: resumen de la incertidumbre combinada

Categoría IPCC 2006	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Máximo Valor (DA)	Máximo Valor (FE)	Incertidumbre Combinada
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %			
1.A.4 - Otros sectores - Combustibles líquidos	CO_2	10,00	15,00	7,00	7,00	15,00	7,00	16,55

1.A.4 - Otros sectores - Combustibles líquidos	CH_4	10,00	15,00	50,00	150,00	15,00	150,00	150,75
1.A.4 - Otros sectores Combustibles líquidos	N_2O	10,00	15,00	233,30	233,30	15,00	233,30	233,78
1.A.4 - Otros sectores - Combustibles gaseosos	CO_2	10,00	15,00	7,00	7,00	15,00	7,00	16,55
1.A.4 - Otros sectores - Combustibles gaseosos	CH_4	10,00	15,00	50,00	150,00	15,00	150,00	150,75
1.A.4 - Otros sectores - Combustibles gaseosos	N_2O	10,00	15,00	233,30	233,30	15,00	233,30	233,78
1.A.4 - Otros sectores - Biomasa-sólida	CO_2	30,00	60,00	7,00	7,00	60,00	7,00	60,41
1.A.4 - Otros sectores - Biomasa-sólida	CH_4	30,00	60,00	50,00	150,00	60,00	150,00	161,55
1.A.4 - Otros sectores - Biomasa-sólida	N_2O	30,00	60,00	275,00	275,00	60,00	275,00	281,47

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.2.14.5 Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos.

3.3 Emisiones fugitivas (1.B.2 Petróleo y gas natural)

3.3.1 Descripción de la categoría

En esta categoría se incluyen todas las emisiones de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O) provenientes de la producción, procesamiento, transporte y usos del petróleo y el gas natural, así como de la combustión no productiva. Se excluye el uso del petróleo y gas, o de los productos derivados de los combustibles, para proporcionar energía para el uso interno en el procesamiento y transporte de la producción del petróleo y el gas natural- se consideran quema de combustibles y ya fueron incluidas en el epígrafe anterior.

En el contexto nacional, en 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. Sin embargo, en este informe se presentan las emisiones procedentes del venteo tanto de gas natural como de petróleo dentro de la suubcategoría 1.B.2.c.i.

Incluye todas las emisiones intencionales y no intencionales emanadas de la extracción, el procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles al punto de uso final. Se desagrega en tres componentes:

1.B.1. Combustibles sólidos: Incluye todas las emisiones que emanan de la minería de carbón, pos-minería, las minas abandonadas y la quema de fugas de CH_4. En el país se reporta como No Ocurre (NO).

1.B.2. Petróleo y Gas Natural: Abarca todas las emisiones por venteo, quema en antorcha y otras fuentes fugitivas vinculadas a la exploración, producción, transmisión, concentración y refinación de petróleo crudo y la distribución de productos de petróleo crudo y gas natural.

1.B.3. Otras emisiones procedentes de la producción de energía: Emisiones procedentes de la producción de energía geotérmica y de otra producción de energía no incluida en 1.B.1 ni en 1.B.2.

3.3.1.2 Tendencia de las emisiones de GEI

De estas tres componentes solamente se estimaron las emisiones para la 1.B.2. Petróleo y Gas Natural. En 2022, las emisiones de GEI de las emisiones fugitivas por extracción, procesamiento, almacenamiento y la distribución de petróleo y gas natural contabilizaron 2.954.5 kt de CO_2-eq (representando el 10% de las emisiones de GEI del sector Energía), aumentando en un 195.2% con respecto a 1990 y disminuyendo en un 29.7 % desde 2016 (figura 3-14).

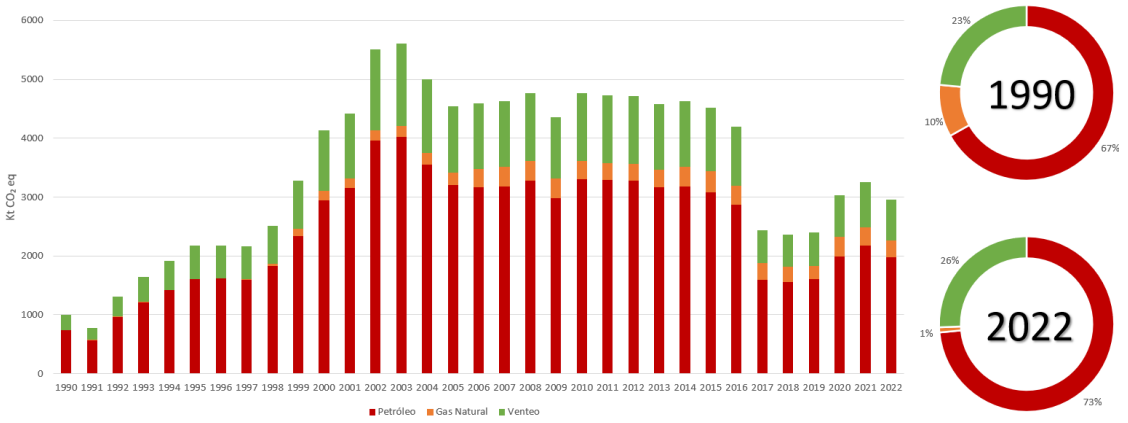


Figura 3-14. Emisiones fugitivas. Emisiones de GEI en kt de CO_2 eq para la serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

A inicios de la década del 1990 Cuba dependía mayormente del petróleo importado desde la extinta Unión Soviética, por lo que las actividades de prospección y extracción de combustibles fósiles no estaban bien desarrolladas en el país, y por ende sus emisiones eran despreciables. Hacia finales de la década y, con la desaparición del campo socialista, el país comenzó a explotar con mayor énfasis el petróleo crudo y el gas natural en reservas nacionales.

Producto de la inversión extranjera y conformación de empresas mixtas en el sector energético, la producción de petróleo crudo nacional, y la extracción de gas natural se han visto beneficiadas con respecto al año base, y con ello, las emisiones fugitivas asociadas a estos procesos

Las emisiones fugitivas de la subcategoría 1.B.2. Petróleo y Gas Natural alcanzaron el 10.04 %, experimentando un crecimiento continuo sobre todo a partir de 1997, cuando

se comienza a explotar los yacimientos petrolíferos en la costa occidental del país y se crea, la empresa mixta ENERGAS, la entrada de plantas de ciclo combinado para la generación eléctrica y el crecente consumo de gas en el sector residencial, han sido las principales causas del aumento en los consumos de gas natural y petróleo crudo cubano y con ello el aumento de las emisiones fugitivas asociadas a las actividades extractivas.

1. B.2.a. Petróleo

Las emisiones fugitivas generadas por la actividad del petróleo fueron de 1975.52 kt de CO_2-eq representando el 70.1% dentro de la subcategoría. Las emisiones aumentaron en un 168.6 % respecto a 1990 y disminuyeron en un 31 % respecto a 2016. En este caso las emisiones son directamente proporcionales de la cantidad de petróleo crudo producido en el país (figura 3-15).

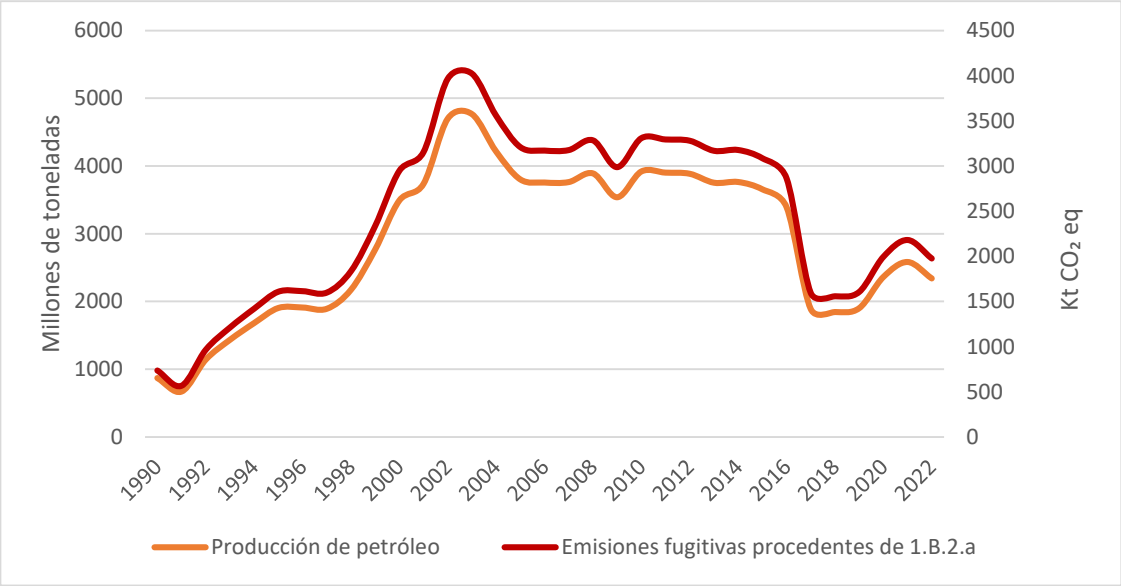


Figura 3-15. Emisiones fugitivas por extracción de petróleo. Emisiones de GEI en kt de CO_2 eq para la serie 1990-2022, Fuente: Equipo Técnico de INGE, INSMET en base a la ONEI (2022)

1.B.2.b. Gas natural

Las emisiones fugitivas generadas por la actividad del gas natural fueron de 283.66 kt de CO_2-eq, representando el 9.6 % dentro de la subcategoría. En este caso las emisiones son directamente proporcionales de la cantidad de gas natural producido en el país (figura 3-16).

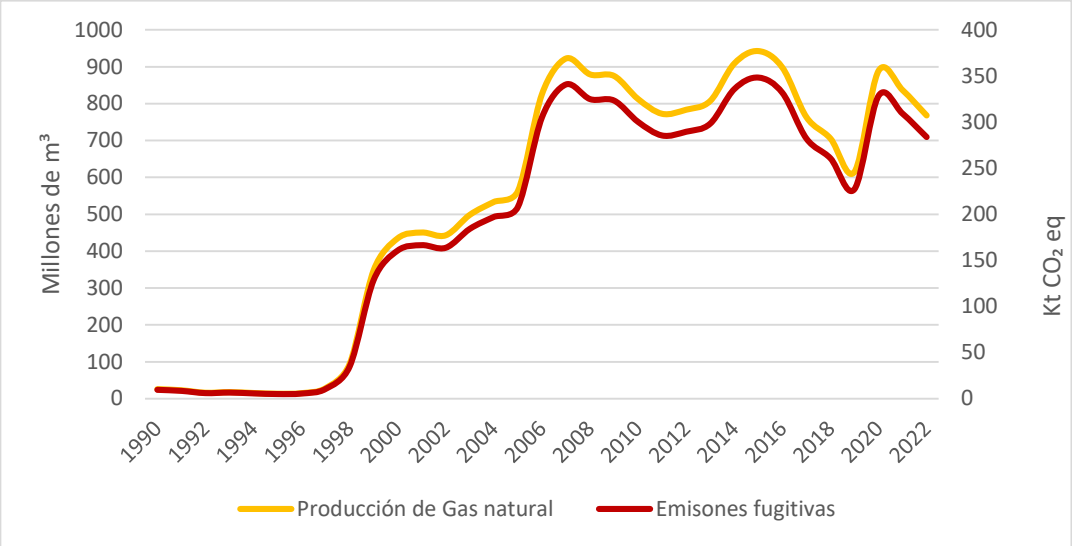


Figura 3-16. Emisiones fugitivas por extracción de gas natural. Emisiones de GEI en kt de CO_2 eq para la serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET en base a la ONEI (2022)

3.3.1.3 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 con 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. Esta categoría fue clave en el anterior INGEI por lo cual debió utilizarse una metodología de Nivel 2. No se pudo aplicar porque no se cuenta con las estadísticas nacionales para estimar los volúmenes totales de extracción de petróleo y del gas en solución, por ejemplo, la Relación Gas Petróleo (RGP) específicos del país por yacimientos y pozos de extracción.

3.3.1.4 Datos de actividad

La fuente de datos de actividad para la subcategoría Petróleo y gas natural provienen de los BEN de las series anuales desde 1990 hasta el 2022, en donde se usaron los datos de producción de petróleo y gas natural respectivamente. Estos se obtienen en miles de m3 para el petróleo y en millones de m^3 para el gas natural.

3.3.1.5 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).

3.3.1.6 Evaluación de la incertidumbre

Debido a la complejidad de la industria del petróleo y el gas, resulta difícil cuantificar las incertidumbres netas en el inventario general, los factores de emisión y los datos de actividad. Los factores de emisión sobre la base de la producción pueden alcanzar un error de un orden de magnitud sobre la base del criterio de expertos, se les asigna a los datos de actividad una incertidumbre baja (factor de incertidumbre 1 e incertidumbre ±5%) y a los factores de emisión una incertidumbre alta (factor de incertidumbre 3 e incertidumbre ±250%). La incertidumbre combinada de esta subcategoría, para el 2022, ha sido estimada para cada componente y para cada GEI. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 3-38.

Tabla 3-38. 1.B.2. Petróleo y gas natural: resumen de la incertidumbre combinada, 2022

Código IPCC	Categorías del IPCC	GEI	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
			(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
1.B.2.a.	Petróleo	CO_2	5.00	5.00	75.00	75.00	75.20	75.20
		CH_4	5.00	5.00	75.00	75.00	71.00	230.00
1.B.2.b.	Gas Natural	CO_2	5.00	5.00	40.00	250.00	40.30	250.00
		CH_4	5.00	5.00	40.00	250.00	40.30	250.00

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

3.3.1.7 Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos

CAPÍTULO 4: SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU), (CRT 2)

El sector Procesos industriales y uso de productos (IPPU), dentro del Inventario Nacional de GEI (INGEI) incluye los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por procesos industriales que transforman materias primas por medios químicos o físicos, exceptuando la combustión que se considera en el sector Energía. También se consideran las emisiones por el uso de GEI en productos como refrigerantes y aislantes eléctricos o 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 en productos por medios químicos o físicos: por ejemplo, los altos hornos de la industria del hierro y el acero, el amoníaco y otros productos químicos fabricados a partir de combustibles fósiles utilizados como sustancia química intermedia y la industria del cemento según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) en 2006.

Durante los procesos mencionados puede emitirse una gran variedad de GEI, incluidos: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

A continuación, se muestran las categorías y subcategorías del sector de acuerdo a las tablas de formato común (CRT) para el reporte electrónico de la información del Inventario Nacional de emisiones antropogénicas de GEI por las fuentes y absorciones según la Decisión 5/CMA.3 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre

Cambio Climático (CMNUCC) de 2022 tomando como referencia la clasificación y definición de las categorías de emisiones y absorciones incluida en las Directrices del IPCC 2006 (Tabla 4.1).

De acuerdo con lo establecido en las modalidades, procedimientos y directrices del Acuerdo de Paris (MPD) en la Decisión 18/CMA.1 (CMNUCC, 2019) para el reporte conjunto de las emisiones y absorciones de los diferentes GEI, se aplicaron los potenciales de calentamiento atmosférico (PCA) del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5) para un horizonte de 100 años (IPCC, 2014), de manera tal que las estimaciones pudieran ser expresadas en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO_2-eq). Los valores de PCA aplicados son: CO_2 = 1, CH_4 = 28 y N_2O = 265.

Tabla 4.1.Categorías y subcategorías del sector IPPU

ID Categoría	Categoría	ID subcategoría	Subcategoría	GEI	Observaciones
2.A	**Industria de los Minerales**	**2.A.1**	**Producción de cemento**	**CO_2**	**-**
		2.A.2	**Producción de cal**	**CO_2**	**-**
		2.A.3	**Producción de vidrio**	**CO_2**	**-**
		2.A.4	**Otros usos de carbonatos en los procesos**	**CO_2**	**Solo cerámicas**
2.B.	**Industria Química**	**2.B.1**	**Producción de Amoníaco**	**CO_2**	**-**
		2.B.2	**Producción de Ácido Nítrico**	**N_2O**	**-**
		2.B.3	Producción de Ácido Adípico	CO_2, N_2O	NO
		2.B.4	Producción de Caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	CO_2,	NA, NO
				N_2O	NO
		2.B.5	**Producción de Carburo de Calcio y de Silicio**	**CO_2**	**-**
				CH_4	NA, NO
		2.B.6	Producción de Dióxido de Titanio	CO_2	NO
		2.B.7	Producción de Ceniza de Sosa (Carbonato de Sodio)	CO_2	NO
		2.B.8	Producción Petroquímica y de negro de humo	CO_2, CH_4	NO
		2.B.9	Producción Fluoroquímica	HFC, PFC, SF_6, NF_3	NO
2.C	**Industria de los Metales**	**2.C.1**	**Producción de Hierro y Acero**	**CO_2**	**-**
				CH_4	NA, NO
		2.C.2	Producción de ferroaleaciones	CO_2, CH_4	NO
		2.C.3	Producción primaria de Aluminio	CO_2, PFC, SF_6	NO
		2.C.4	Producción de Magnesio	CO_2, HFC, PFC, SF_6	NO
		2.C.5	Producción de Plomo	CO_2	NO
		2.C.6	Producción de Cinc	CO_2	NO
2.D	**Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes**	**2.D.1**	**Uso de lubricantes**	**CO_2**	**-**
		2.D.2	Uso de la cera de parafina	CO_2	NE
		2.D.3	Uso de solventes	CO_2 ind	NA

ID Categoría	Categoría	ID subcategoría	Subcategoría	GEI	Observaciones
2.E	Industria Electrónica	2.E.1	Circuitos integrados o semiconductores	N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3	NO
		2.E.2	Pantalla plana tipo TFT	N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3	NO
		2.E.3	Células fotovoltaicas	HFC, PFC, SF_6, NF_3	NO
		2.E.4	Fluidos de transferencia térmica	HFC, PFC, SF_6, NF_3	NO
2.F	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	2.F.1	Refrigeración y aire acondicionado	HFC, PFC	FX
				SF_6, NF_3	NO
		2.F.2	Agentes espumantes	HFC, PFC	FX
				SF_6, NF_3	NO
		2.F.3	Extinción de incendios	HFC, PFC	FX
				SF_6, NF_3	NO
		2.F.4	Aerosoles	HFC, PFC	FX
				SF_6, NF_3	NO
		2.F.5	Solventes	HFC, PFC	FX
				SF_6, NF_3	NO
		2.F.6	Otras aplicaciones	HFC, PFC	FX
				SF_6, NF_3	NO
2.G	**Manufactura y utilización de otros productos**	2.G.1	Equipos Eléctricos	HFC, PFC, SF_6, NF3	NO
		2.G.2	SF6 y PFC de otros usos de productos	PFC, SF_6	NO
		2.G.3	**N_2O de usos de productos**	**N_2O**	-
2.H	Otros	2.H.1	Industria de la pulpa y el papel	CO_2 ind	NA
		2.H.2	Industria de la alimentación y las bebidas		NA

Nota: Se resaltan las categorías y subcategorías incluidas en el INGEI. NE: no estimado; NO: no ocurre; NA: no aplica; FX: Flexibilidad. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En el contexto nacional, en este sector se incluyen las emisiones de los procesos de la industria de los minerales: cemento, cal, vidrio y otros usos de los carbonatos (solo cerámicas); industria química: amoníaco, ácido nítrico y carburo de calcio; industria de los metales: acero; uso de productos no energéticos de combustible: consumo de lubricantes y la manufactura y utilización de otros productos: N_2O del uso de productos (en aplicaciones médicas). Las emisiones de SF_6 NO OCURREN.

Se declara como “No estimadas” las siguientes categorías y subcategorías debido a la no disponibilidad de la información sobre los datos de actividad necesarios para el cálculo de las emisiones.

- Categoría *2.A. Industria de los Minerales,* subcategoría *2.A.4 Otros usos de los carbonatos, 2.A.4.b Otros usos de ceniza de sosa, 2.A.4.c Producción de magnesia no metalurgia, 2.A.4.d Otros*
- *Categoría 2.D Uso de productos no energéticos de combustible y solventes, subcategoría 2.D.2 Uso de la cera de parafina*
- Categoría *2.F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono*

El resto de las categorías y subcategorías se declaran como “No ocurren” a partir de intercambio con diversas instituciones pertenecientes al MINDUS y la ONEI.

4.1.2 Tendencia de las emisiones de GEI del sector

El sector IPPU es el sector de menor contribución a las emisiones anuales de GEI en el país. En 2022, las emisiones de GEI de este sector contabilizaron 354.33 kilotoneladas (kt) de CO_2-eq lo cual representa un 0.72% de las emisiones de GEI del país para el último año de la serie temporal. Se aprecia una disminución de un 90.30% y un 57.93% respecto a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016, respectivamente (Figura 4.1).

Se aprecia una marcada disminución de las emisiones a partir de 1991 condicionada por las condiciones económicas difíciles del país que influyeron directamente en la paralización casi total de las principales producciones industriales, entre ellas: las producciones minerales, químicas y de la industria de los metales.

Las menores emisiones en ese periodo corresponden a los años 1993 y 1994 a partir de los cuales se aprecia un ligero incremento oscilando los valores alrededor de las 1000 kt de CO_2-eq.

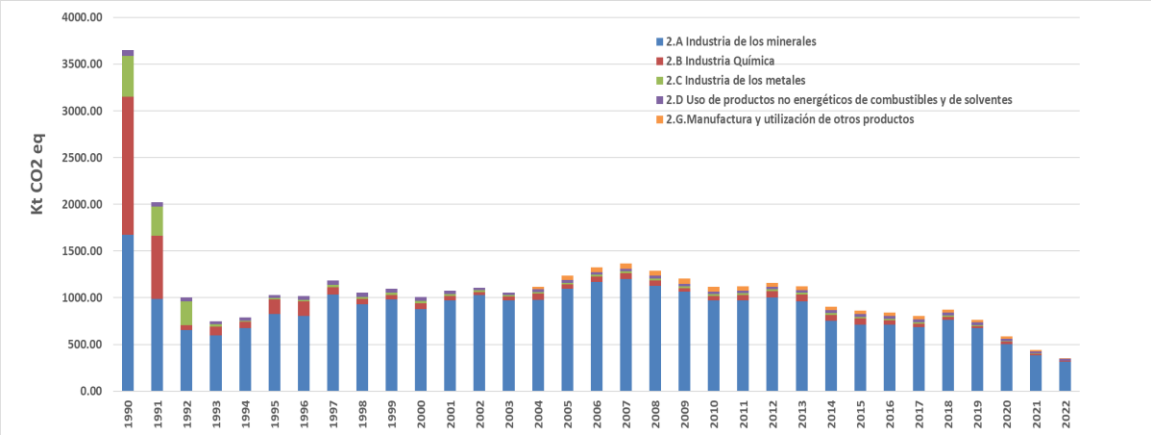


Figura 4.1. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para el sector IPPU por categorías. Serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

A partir de 2013 decrecen nuevamente las emisiones en correspondencia directa con la disminución de las emisiones asociadas a la industria de los minerales. Los valores más bajos de toda la serie temporal se alcanzaron en los tres últimos años reportados (2020-2022).

Se evidencia, que con excepción de los años 1990,1991 y en menor medida 1992 en el resto de la serie temporal las emisiones anuales correspondieron casi en su totalidad a la categoría *2.A Industria de los minerales.*

En la tabla 4.2 se incluyen todas las emisiones del sector desglosadas por categorías para cumplir con los requisitos de transparencia del inventario nacional de GEI.

Tabla 4.2 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para el sector IPPU por categorías. Serie 1990-2022

Año	2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.B. Industria química	2.C Industria de los metales	2.D Uso de productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	2.G. Manufactura y utilización de otros productos
1990	3651.11	1673.77	1474.11	438.58	64.65	NO
1991	2020.43	986.54	678.76	309.82	45.31	NO
1992	999.94	656.02	52.04	254.65	37.23	NO
1993	747.82	595.49	93.31	29.68	29.33	NO
1994	786.50	677.13	63.26	12.68	33.43	NO
1995	1027.72	825.02	154.42	17.54	30.73	NO
1996	1018.47	805.19	154.54	18.77	39.96	NO
1997	1184.51	1033.67	76.94	27.55	46.34	NO
1998	1055.07	930.74	53.49	22.74	48.10	NO
1999	1094.99	980.19	48.45	24.23	42.11	NO
2000	1005.75	879.50	58.39	27.28	40.58	NO
2001	1073.48	972.13	43.92	21.81	35.62	NO
2002	1105.33	1028.31	31.00	21.71	24.30	NO
2003	1055.87	972.73	39.02	16.63	27.48	NO
2004	1114.75	977.14	69.30	15.23	28.80	24.27
2005	1234.72	1097.96	42.22	19.42	27.36	47.75
2006	1324.23	1167.32	58.46	20.23	25.78	52.43
2007	1364.73	1200.67	62.31	21.00	23.48	57.27
2008	1289.77	1127.39	57.49	21.91	27.18	55.81
2009	1202.79	1063.52	37.53	21.27	27.05	53.42
2010	1118.18	969.46	46.88	22.21	26.75	52.88
2011	1123.73	973.55	53.76	22.57	24.21	49.65
2012	1162.40	1000.22	71.11	22.16	25.64	43.27
2013	1121.96	959.54	71.81	21.38	28.30	40.93
2014	903.28	751.89	64.62	20.61	28.49	37.66
2015	863.62	709.67	70.58	17.74	28.82	36.82
2016	844.06	711.49	48.28	16.40	29.22	38.68
2017	804.97	686.80	33.45	16.81	30.47	37.45
2018	872.56	761.85	33.19	15.10	31.22	31.21
2019	760.69	672.58	24.31	9.90	28.64	25.27
2020	583.29	500.56	29.69	5.32	23.28	24.44
2021	439.52	381.58	17.84	3.37	21.44	15.29
2022	354.33	313.22	11.61	1.14	19.80	8.56

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Respecto a las emisiones de las categorías para el último año de la serie temporal, la categoría *2.A. Industria de los minerales* es la de mayor relevancia con un 88.40 % del total correspondiente en gran medida a la subcategoría *2.A.1 Producción de cemento* (83.21%), seguida de la categoría *2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes* (5.59 %) correspondientes a la *subcategoría 2.D.1 Usos de lubricantes y* la categoría *2.B Industria Química* con un 3.28 %, la categoría *2.G Manufactura y utilización de otros productos* 2.42 % mientras que la categoría *2.C*

Industria de los Metales específicamente la subcategoría *2.C.1.a Producción de hierro y acero* solo aporta el 0.32 % de las emisiones (Figura 4.2).

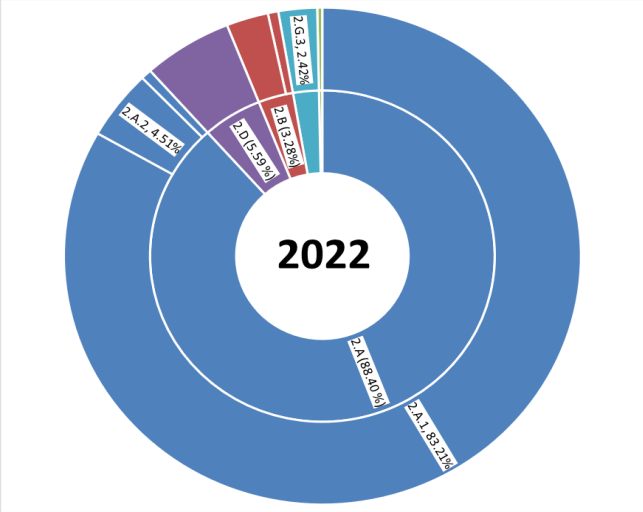


Figura 4.2 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para el sector IPPU por categorías y subcategorías. Año 2022, último año reportado en el INGEI. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En relación al año base 1990 la distribución presentó características muy diferentes, aunque la categoría *2.A. Industria de los minerales* es la de mayor relevancia con un 45.84% del total correspondiente en gran medida a la subcategoría *2.A.1 Producción de cemento* (41.24%), pero se evidencia un aporte mucho mayor de las categorías *2.B Industria Química* con una contribución del 40.37 % con un aporte considerable de las subcategorías *2.B.1 Producción de Amoníaco* (15.64%) *y 2.B.3 Producción de ácido nítrico* (24.08%) mientras que la categoría *2.C Industria de los metales* aporta un 12.01 *%* del total mientras que el 1.77 % restante corresponden a la categoría *2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes* (Figura 4.3).

.

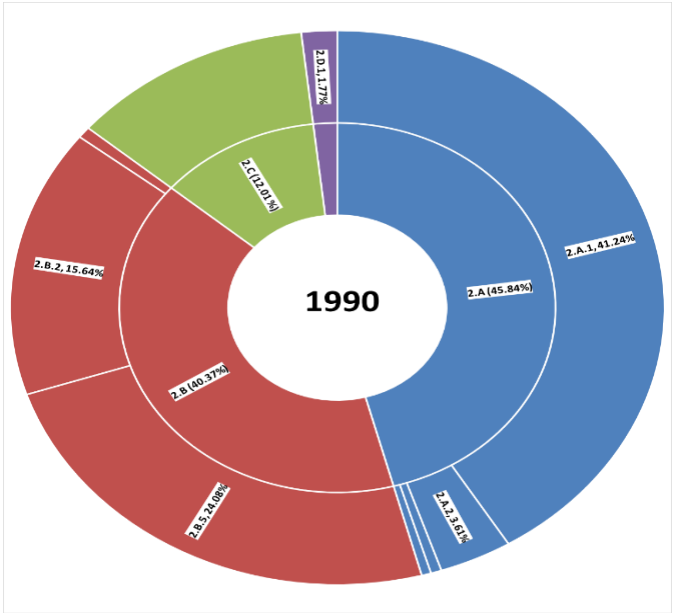


Figura 4.3 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para el sector IPPU por categorías y subcategorías. Año 1990, año base del INGEI. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Respecto a las emisiones por tipo de GEI predomina en todos los años el CO_2 debido a la mayor cantidad de fuentes emisoras de este GEI y al aporte de las mismas (Tabla 4.3). La distribución porcentual varía desde un mínimo de 75 % para algunos años hasta casi la totalidad de las emisiones (superior a un 95 %) como se aprecia en la Figura 4.4.

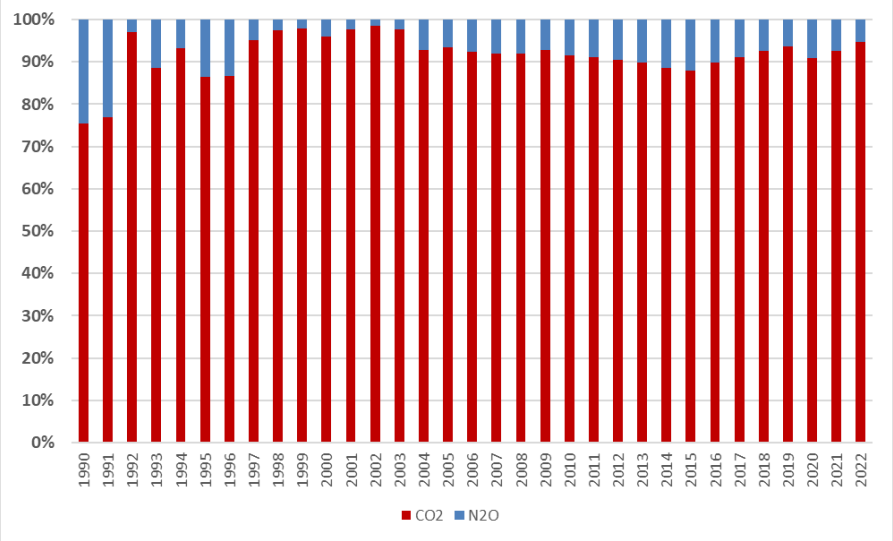


Figura 4.4 Sector IPPU: emisiones por tipo de GEI (kt CO_2-eq), Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 4.3.Sector IPPU: emisiones por tipo de GEI (kt CO_2-eq), Serie 1990-2022

Año	CO_2-eq	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6
1990	3651.11	2772.05	NO	879.07	NE	NE	NO
1991	2020.43	1566.32	NO	454.11	NE	NE	NO
1992	999.94	970.79	NO	29.15	NE	NE	NO
1993	747.82	666.09	NO	81.72	NE	NE	NO
1994	786.50	736.15	NO	50.35	NE	NE	NO
1995	1027.72	893.13	NO	134.59	NE	NE	NO
1996	1018.47	888.42	NO	130.04	NE	NE	NO
1997	1184.51	1130.10	NO	54.40	NE	NE	NO
1998	1055.07	1028.57	NO	26.50	NE	NE	NO
1999	1094.99	1071.78	NO	23.21	NE	NE	NO
2000	1005.75	965.94	NO	39.81	NE	NE	NO
2001	1073.48	1049.57	NO	23.90	NE	NE	NO
2002	1105.33	1088.99	NO	16.34	NE	NE	NO
2003	1055.87	1032.31	NO	23.56	NE	NE	NO
2004	1114.75	1035.46	NO	79.29	NE	NE	NO
2005	1234.72	1155.45	NO	79.27	NE	NE	NO
2006	1324.23	1225.99	NO	98.23	NE	NE	NO
2007	1364.73	1256.16	NO	108.57	NE	NE	NO
2008	1289.77	1189.20	NO	100.58	NE	NE	NO
2009	1202.79	1119.10	NO	83.69	NE	NE	NO
2010	1118.18	1026.39	NO	91.79	NE	NE	NO
2011	1123.73	1024.87	NO	98.86	NE	NE	NO

Año	CO_2-eq	CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6
2012	1162.40	1054.53	NO	107.87	NE	NE	NO
2013	1121.96	1011.79	NO	110.17	NE	NE	NO
2014	903.28	804.06	NO	99.22	NE	NE	NO
2015	863.62	762.50	NO	101.12	NE	NE	NO
2016	844.06	762.00	NO	82.06	NE	NE	NO
2017	804.97	736.02	NO	68.95	NE	NE	NO
2018	872.56	810.25	NO	62.31	NE	NE	NO
2019	760.69	714.43	NO	46.26	NE	NE	NO
2020	583.29	531.70	NO	51.59	NE	NE	NO
2021	439.52	408.19	NO	31.33	NE	NE	NO
2022	354.33	336.46	NO	17.87	NE	NE	NO

NE: no estimado, NO: no ocurre. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

En la Tabla 4.4 se resumen los aspectos metodológicos fundamentales de las categorías y subcategorías estimadas.

Tabla 4.4 Aspectos metodológicos generales del Sector IPPU por categorías y subcategorías. Serie 1990-2022

ID Categoría	Categoría	ID subcategoría	Subcategoría	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información de datos de actividad o paramétricos
2.A	Industria de los Minerales	2.A.1	Producción de cemento	CO_2	Nivel 2	Específico de país	GECEM (MICONS)
		2.A.2	Producción de cal	CO_2	Nivel 2	Por defecto	ONEI
		2.A.3	Producción de vidrio	CO_2	Nivel 2	Por defecto (ajustado)	Unión del vidrio (1990-2005), Fábrica de Vidrios "La Lisa" (2017-2022)
		2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO_2	Nivel 1	Por defecto	ONEI, GEICON
2.B.	Industria Química	2.B.1	Producción de Amoníaco	CO_2	Nivel 1	Por defecto	CIIQ, GEIQ, Empresa Química "Revolución de octubre" (MINDUS)
		2.B.2	Producción de Ácido Nítrico	N_2O	Nivel 2	Por defecto	CIIQ, GEIQ, Empresa Química "Revolución de octubre" (MINDUS)
		2.B.5	Producción de Carburo de Calcio y de Silicio	CO_2	Nivel 1	Por defecto	CIIQ, GEIQ (MINDUS)
2.C	Industria de los Metales	2.C.1	Producción de Hierro y Acero	CO_2	Nivel 1	Por defecto	ONEI, GESIME (MINDUS)

ID Categoría	Categoría	ID subcategoría	Subcategoría	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información de datos de actividad o paramétricos
2.D	Uso de productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes	2.D.1	Uso de lubricantes	CO_2	Nivel 2	Por defecto	ONEI
2.G	Manufactura y utilización de otros productos	2.G.3	N_2O del uso de productos	CO_2	Nivel 1	Por defecto	GEIQ (MINDUS)

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.1.4 Principales avances realizados respecto al Primer Informe Bienal de Actualización Serie 1990-2016

Se realizaron avances sustanciales respecto a la Serie 1990-2016 incluida en el Primer IBA en algunas categorías y subcategorías y otras fueron incluidas por primera vez en el inventario nacional de GEI (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Principales avances en el Sector IPPU respecto al Primer Informe Bienal de Actualización Serie 1990-2016

Categorías y Subcategorías	Principales cambios respecto a la serie 1990-2016
2.A. Industria de los Minerales	
2.A.1 Producción de cemento	- Se obtiene la serie de datos de actividad sobre la producción de clinker para todos los años del periodo desagregados por fábricas. - Se obtiene la serie anual de contenido de óxido de calcio en el clinker lo que posibilita obtener un factor de emisión propio de país para cada año y para cada fábrica.
2.A.3 Producción de vidrio	- Completamiento con métodos de relleno de serie (interpolación) la serie temporal a partir de los datos del periodo 2017-2022 y los años pares del periodo 1990-2004. - Desagregación de los datos de producción de vidrio por tipos de vidrios lo que permitió aplicar un método de Nivel 2 - Utilización de la proporción real de cullet para el periodo 2015-2019.
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	- Se incluye por primera vez esta subcategoría a partir de los datos de actividad de la producción de cerámicas y la obtención de datos paramétricos necesarios para el cálculo.
2.B. Industria Química	
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	- Se actualiza los primeros años de la década de 1990 a partir de la inclusión de los datos de actividad de otras plantas no consideradas.
2.B.5.b Producción de Carburo de Calcio	- Se incluye por primera vez el consumo de esta sustancia para toda la serie temporal, para la estimación de esta subcategoría
2.D. Productos no energéticos de combustibles y de solventes	

Categorías y Subcategorías	Principales cambios respecto a la serie 1990-2016
2.D.1 Uso de lubricantes	- Se incluye por primera vez esta subcategoría a partir de los datos de actividad del consumo de grasas y lubricantes desagregados
2.G Manufactura y utilización de otros productos	
2.G.3 N_2O del uso de productos	- Se incluye por primera vez esta subcategoría a partir de los datos de producción y consumo de N_2O con fines médicos.

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.2. Industria de los minerales (2.A.)

4.2.1 Descripción de la categoría

La categoría *2.A 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. Existen dos grandes vías para la liberación de CO_2 a partir de los compuestos carbonatos: la calcinación y la inducida por ácidos. El principal proceso que conduce a la liberación de CO_2 es la calcinación de compuestos carbonatados durante la cual se forma óxido metálico mediante la aplicación de calor.

Este proceso es muy similar entre las subcategorías de fuentes de esta categoría, pero se destacan la producción de cemento, de cal y de vidrio pues sus contribuciones a las emisiones mundiales son relativamente importantes.

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 todas las subcategorías anteriormente mencionadas.

4.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En el 2022 se contabilizaron en la categoría *2.A. Industria de los minerales* 313.22 kt de CO_2-eq lo cual representa un 88.40 % de las emisiones de GEI del sector para el último año de la serie temporal. Se aprecia una disminución de un 81.29 % y un 55.98 % respecto a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016, respectivamente (Figura 4.5) lo cual evidencia la disminución de la capacidad productiva de la industria del cemento, la cal y las cerámicas fundamentalmente respecto a la década de 1990.

Las emisiones correspondientes al año base 1990 son muy superiores al resto del periodo y se destacan dos intervalos con diferentes características: 1991-2013 con emisiones anuales cercanas a las 1000 kt de CO_2-eq a excepción de los años 1992 – 1996 y 2014-2022 con emisiones inferiores al resto de la serie incrementándose esta tendencia negativa decreciente en los últimos tres años incluidos en la serie temporal.

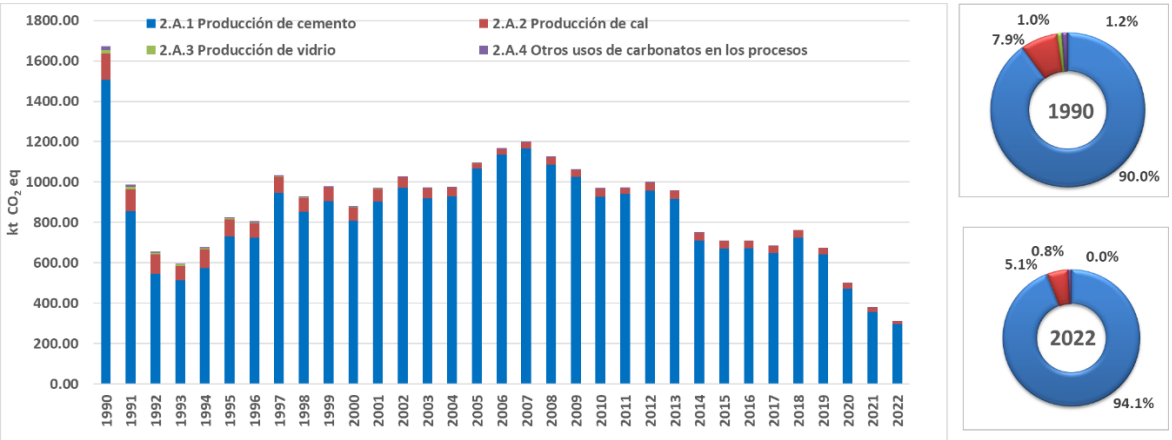


Figura 4.5 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la categoría 2.A. Industria de los minerales por subcategorías. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Respecto a las emisiones de las subcategorías para el último año de la serie temporal, la *2.A.1 Producción de cemento* es la de mayor relevancia con un 94.1 %, un 5.1 % corresponde a la *2. A.2. Producción de cal* mientras que el 2.2 % restante corresponde a las subcategorías *2. A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos* y *2.A.3 Producción de vidrio* (Figura 4.6).

En relación al año base 1990, se contabilizaron 1673.77 kt de CO_2-eq, la *2.A.1 Producción de cemento* es la de mayor relevancia con un 89.95 %, un 7.87 % corresponde a la *2. A.2. Producción de cal* mientras que el 0.8 % restante corresponde a las subcategorías *2. A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos* y *2.A.3 Producción de vidrio* (Figura 4.6), correspondiendo a subcategoría *2.A.1 Producción de cemento* el 89.95 %, (Tabla 4.6).

4.2.3 Aspectos metodológicos generales

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 2 para todas las subcategorías a partir de la desagregación de los tipos de producciones, excepto para la 2. A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos, en donde se utilizó un método de Nivel 1.

Tabla 4.6 Emisiones de GEI (kt de CO_2) para la categoría 2.A. Industria de los Minerales por subcategorías. Serie 1990-2022

Año	2.A.1 Producción de cemento	2.A.2 Producción de cal	2.A.3 Producción de vidrio	2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos
1990	1505.62	131.68	17.07	19.40
1991	854.49	107.87	13.39	10.78
1992	544.37	96.41	9.72	5.52
1993	511.68	71.35	8.09	4.37
1994	572.53	93.23	6.45	4.91
1995	728.90	86.14	4.05	5.94
1996	724.29	72.31	1.64	6.95
1997	946.07	78.59	2.47	6.53
1998	852.43	68.76	3.30	6.25

Año	2.A.1 Producción de cemento	2.A.2 Producción de cal	2.A.3 Producción de vidrio	2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos
1999	904.16	68.24	2.07	5.72
2000	809.12	63.66	0.83	5.89
2001	902.03	63.81	0.91	5.37
2002	971.10	51.46	1.00	4.75
2003	919.31	47.84	0.84	4.75
2004	930.49	39.63	0.67	6.34
2005	1067.34	25.14	0.51	4.98
2006	1135.40	26.84	0.18	4.90
2007	1164.78	31.64	0.17	4.08
2008	1085.86	36.89	0.15	4.49
2009	1024.62	34.01	0.13	4.75
2010	928.14	36.75	0.11	4.46
2011	941.15	28.10	0.10	4.21
2012	956.12	40.37	0.08	3.66
2013	917.18	38.74	0.06	3.56
2014	710.55	38.06	0.04	3.24
2015	668.56	38.10	0.03	2.99
2016	672.03	35.92	0.02	3.51
2017	648.53	35.19	0.02	3.05
2018	723.00	36.97	0.02	1.86
2019	641.05	29.94	0.02	1.56
2020	471.88	27.28	0.01	1.39
2021	357.61	21.81	0.02	2.15
2022	294.85	15.97	0.02	2.38

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La *2. A.1. Producción de cemento* es una categoría principal dentro del inventario, por lo que se espera que su estimación se realice con un nivel metodológico 2 o mayor. En las circunstancias nacionales se contó con la información necesaria para realizar la estimación según los requerimientos. Cabe destacar que otras categorías como *2. A.2. Producción de cal* y *2. A.3. Producción de vidrio*, no son categorías principales, pero de igual manera se estimaron con un método de nivel 2.

Fueron utilizados factores de emisión específicos de país para la *2.A.1 Producción del cemento* y factores por defecto para las subcategorías *2.A.2 Producción de cal* y *2. A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos* mientras que se ajustó el factor de emisión a partir de la proporción de cullet en algunos años para el cálculo de las emisiones de la *2. A.3. Producción del vidrio.*

En esta actualización del inventario se estimaron las emisiones de la subcategoría Otros usos de carbonatos en los procesos (cerámicas) y se completó el cálculo de las emisiones de la subcategoría *2.A.3 Producción del vidrio.*

Las fuentes de datos de actividad de la categoría son los Anuarios Estadísticas de la ONEI específicamente el capítulo 11 “Producciones industriales seleccionadas” así como los datos sobre la producción y otros datos paramétricos brindados por el MICONS y el MINDUS.

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 clinker, un producto intermedio constituido de nódulos, que luego se somete a una molturación fina conjuntamente con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) o hidruro ($CaSO_4$)], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland). Durante la producción del clinker, 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 clinker 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. Durante la fabricación de clinker puede generarse polvo de horno de cemento (CKD, del inglés *Cement Kiln Dust*) el cual debe tomarse en cuenta en la estimación de las emisiones.

En Cuba existen 6 fábricas productoras de cemento las cuales, durante todo el periodo, en mayor o menor medida, también produjeron clinker por lo que ocurren emisiones todos los años asociadas a esta subcategoría.

4.2.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de CO_2 de esta subcategoría contabilizaron 294.85 kt CO_2-eq (representando el 94.14 % de las emisiones de GEI de la categoría *2.A Industria de los Minerales*), inferiores en un 80.42 % y un 56.13 % a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016, respectivamente (Figura 4.6).

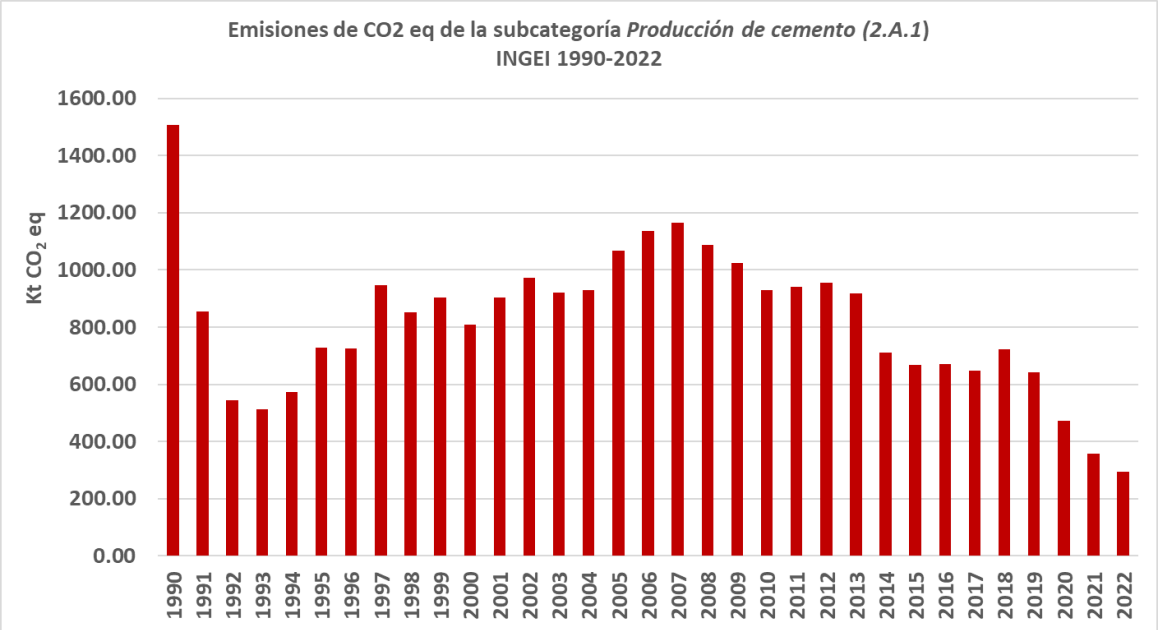


Figura 4.6 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la subcategoría 2.A.1 Producción de cemento. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En Cuba no se realiza importación de clinker; de ahí, que todo el cemento que se produce es a partir del clinker nacional. Por tanto, las principales causas de la tendencia y las variaciones interanuales son por la demanda de cemento desde los diferentes sectores socioeconómicos y las condiciones tecnológicas de las fábricas productoras de clinker.

Las mayores emisiones de CO_2 en todo el periodo (1505.62 kt de CO_2-eq) corresponden al año base 1990 debido al desarrollo alcanzado por la industria del cemento desde décadas anteriores, evidenciado por la producción de clinker en todas las fábricas del país durante muchos años. A partir de este año disminuye bruscamente la producción de clinker y cemento en el país debido a las condiciones económicas muy adversas asociadas a la caída del campo socialista de Europa del Este manteniéndose esta tendencia negativa hasta 1996.

En el periodo 1997-2004 se aprecia una estabilidad en las emisiones alrededor de los 900 kt de CO_2–eq y se reportan entre 2004 y 2009 valores superiores a los 1000 kt anuales, valores muy superiores a años anteriores lo que evidencia la recuperación de la industria cementera en el país, pero sin alcanzar los máximos productivos de 1990.

A partir del año 2007 ocurre una disminución notable de las emisiones determinada en gran medida a la paralización definitiva de los hornos en las fábricas de cemento y clinker Mártires de Artemisa, provincia de Artemisa en el propio año 2007 y José Mercerón, provincia de Santiago de Cuba dos años después.

Esta tendencia negativa se acentúa a partir de 2014 hasta 2019 con valores anuales que reflejan un comportamiento muy estable alrededor de los 600 kt de CO_2-eq similar a los registrados durante la década de 1990. A partir de 2019 con la paralización por

modernización de la fábrica 26 de Julio ubicada en Nuevitas, provincia de Camagüey se registran los valores mínimos de toda la serie temporal 1990-2022 (Figura 4.7).

En el último año considerado en la serie se producía clinker fundamentalmente en las fábricas Carlos Marx (Cementos Cienfuegos S.A.), provincia de Cienfuegos (≈ 64.0 %) y René Arcay (Cementos Curazao) ubicada en el municipio Mariel, provincia de Artemisa (≈ 34.2 %).

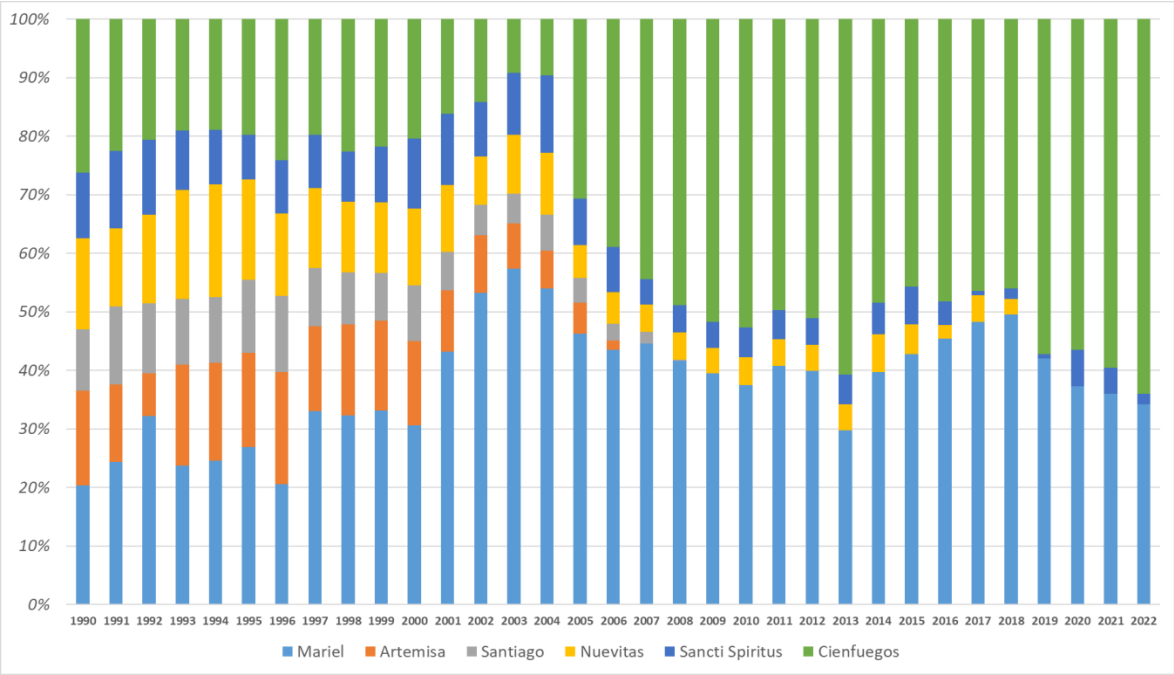


Figura 4.7 Distribución de la producción de Clinker por fábricas en Cuba (%). Serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET a partir de datos proporcionados por GECEM

4.2.4.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de la subcategoría *2.A.1 Producción de cemento* se aplicó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC del 2006,* basado en los datos de actividad anual sobre la producción nacional de clinker, a partir de los valores individuales de las plantas que estuvieron activas (Ecuación 4.1).

Ecuación 4.1 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría 2.A.1 Producción de cemento basadas en los datos nacionales sobre producción de clinker (Nivel 2).

$$Emisiones\ de\ CO_2 = M_{cl} \bullet EF_{cl} \bullet CF_{ckd}$$

Fuente: Ecuación 2.2; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.
Donde:

- Emisiones de CO_2: emisiones de CO_2 provenientes de la producción de clinker, t de CO_2
- M_{cl}: masa de clinker producido, t
- EF_{cl}: factor de emisión para el clinker, t CO_2/ t de clinker

- CF_{CKD}: factor de corrección para las emisiones de polvo de horno de cemento (CKD, por sus siglas en inglés), sin dimensión.

La elección del método de nivel 2 para la estimación de emisiones en esta subcategoría fue posible por la recopilación directa de información sobre la producción de Clinker de las fábricas de cemento del país. Por otra parte, al ser considerada una categoría clave dentro del inventario es necesario aplicar métodos de estimación de Nivel 2 o 3.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La información sobre la producción nacional anual de clinker de las 6 fábricas del país para todo el período fue entregada directamente por el GECEM perteneciente al MICONS (Tabla 4.7). En los anexos se puede apreciar la producción individual de cada fábrica.

Tabla 4.7 Producción anual de Clínker (t). Serie 1990-2022

Años	Producción de clinker (t)
1990	2,898,100
1991	1,653,200
1992	1,064,700
1993	980,000
1994	1,102,400
1995	1,414,200
1996	1,385,100
1997	1,838,900
1998	1,645,000
1999	1,767,600
2000	1,570,200
2001	1,730,600
2002	1,869,536
2003	1,791,717
2004	1,781,675
2005	2,085,300
2006	2,191,205
2007	2,278,122
2008	2,078,900
2009	1,977,191
2010	1,786,317
2011	1,806,010
2012	1,866,920
2013	1,777,400
2014	1,364,700
2015	1,305,500
2016	1,307,400
2017	1,243,000
2018	1,399,700
2019	1,235,700
2020	902,276
2021	685,848
2022	566,917

Fuente: GECEM, MICONS

Factor de emisión

El factor de emisión de CO_2 de la producción de clinker depende de su contenido de CaO y la entrada de fuentes no carbonatadas de CaO. El dato anual del por ciento de CaO en el clinker para cada fábrica fue suministrado por GECEM, misma institución proveedora de la información sobre la producción anual de clinker.

A partir de estos datos, fue posible el cálculo de un factor de emisión propio de país para cada año y para cada fábrica partiendo de las siguientes suposiciones: hay un 56.03 % de CaO en el $CaCO_3$, se emiten 0.44 t de CO_2 de la calcinación de 1 t de $CaCO_3$, el por ciento de fuentes no carbonatas de CaO es 0, el CaO proviene en un 100 % del $CaCO_3$ y 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).

El factor corrector del CKD tiene como objetivo sumar a las emisiones del clinker, las emisiones de las materias primas carbonatadas calcinadas. Ante la falta de información en el país para estimar este factor, se utilizó un factor corrector por defecto de 1,02 (IPCC, 2006).

Tabla 4.8 Factor de emisión específico del país para la subcategoría 2.A.1 Producción de cemento (t CO_2/t Clínker producido)

Año	Fracción de CaO en el clinker (%)	Total $CaCO_3$ necesario para 1 t de CaO (t)	FE promedio ponderado para CO_2 (t CO_2/t clinker)
1990	64.9	1.15757	0.50933
1991	64.5	1.15168	0.50674
1992	63.8	1.13923	0.50126
1993	65.2	1.16339	0.51189
1994	64.8	1.1572	0.50917
1995	64.3	1.14843	0.50531
1996	65.3	1.16514	0.51266
1997	64.2	1.14633	0.50439
1998	64.7	1.15462	0.50803
1999	63.9	1.13975	0.50149
2000	64.3	1.14817	0.50519
2001	65.1	1.16138	0.51101
2002	64.8	1.15739	0.50925
2003	64.1	1.14325	0.50303
2004	65.2	1.16368	0.51202
2005	63.9	1.14047	0.50181
2006	64.7	1.15455	0.508
2007	63.8	1.13923	0.50126
2008	65.2	1.16382	0.51208
2009	64.7	1.15468	0.50806
2010	64.9	1.15771	0.50939
2011	65.1	1.16113	0.5109
2012	63.9	1.14112	0.50209
2013	64.4	1.14978	0.5059
2014	65	1.16013	0.51046
2015	63.9	1.14106	0.50207

Año	Fracción de CaO en el clinker (%)	Total $CaCO_3$ necesario para 1 t de CaO (t)	FE promedio ponderado para CO_2 (t CO_2/t clinker)
2016	64.2	1.14532	0.50394
2017	65.1	1.16253	0.51151
2018	64.5	1.15093	0.50641
2019	64.8	1.15592	0.5086
2020	65.3	1.16531	0.51274
2021	65.1	1.16178	0.51118
2022	64.9	1.15886	0.5099

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET a partir de datos provistos por GECEM, MICONS

4.2.4.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.2.4.5 Incertidumbre

No se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y el factor de emisión, por lo que consideraron las recomendaciones de las Directrices del IPCC del 2006 (Sección 2.2.2; Capítulo 2; Volumen 3).

Según la consulta realizada a los expertos del sector en un taller presencial se realiza en cada fábrica el pesaje o cálculo de la producción de clinker lo que supone una declaración completa y una incertidumbre en el dato de actividad (producción de clinker en toneladas) del 1 al 2 % por lo que se asume el valor central de 1.5 %.

Respecto a la incertidumbre del factor de emisión al realizarse el análisis químico del clinker para determinar el CaO, la incertidumbre oscila entre el 1 al 2 % por lo que se asume el valor central de 1.5 %. La incertidumbre combinada es de 3.2 % por lo que se considera muy baja (Tabla 4.9).

Tabla 4.9. Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.A.1 Producción de cemento

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.A.1 Producción de cemento	**CO_2**	3.7	5.3	1	2	3.8	5.7

Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se consultó la misma fuente de información para la serie temporal de los datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos que permitieron determinar los factores de emisión específicos de país por plantas productoras de Clinker.

4.2.4.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 de esta subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Al comparar los resultados obtenidos mediante el uso del software del IPCC con las hojas de cálculo desarrolladas por el ETGEI, se detectaron pequeñas diferencias asociadas a aproximaciones de redondeo las cuales fueron arregladas.

Revisión de los factores de emisión

Al comparar los factores de emisión nacionales con los factores por defecto del IPPC se evidencia que el factor nacional es razonable tomando como referencia el factor por defecto del IPPC. Las mayores diferencias no sobrepasan el 2 % en aquellos años donde el factor de emisión por defecto es superior al factor específico de país. Estas diferencias entre los factores nacionales y los factores por defecto están asociadas a la variabilidad de los componentes del Clinker para las diferentes fábricas, las cuales están documentadas y son representativos de las circunstancias nacionales.

Comprobación de los datos de la actividad específicos de las instalaciones

Las incoherencias en los datos específicos de las instalaciones fueron revisadas. Con el objetivo de determinar la introducción de errores por el empleo de diferentes técnicas de medición, o bien las variaciones fueron por diferencias en las condiciones operativas y/o tecnológicas.

Esta revisión reflejó que las características del conteo de CaO del clinker es muy similar entre las diferentes plantas productoras del país; por lo cual, no existieron incoherencias en los datos paramétricos usados.

Datos de actividad

Se realizaron chequeos cruzados de la tendencia de la información reportada por la industria para la producción de clinker versus la producción de cemento (disponible en los Anuarios Estadísticos publicados por la ONEI en la Tabla Producciones Industriales Seleccionadas del Capítulo 11. Industria Manufacturera) para toda la serie 1990-2022, dado que ambas series estaban disponibles. El resultado de la comparación, muestra una alta correlación entre ambas series con tendencias muy similares por subperiodos de la serie.

También se realizan algunas actividades rutinarias para el control de la calidad como son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.

- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Comparación de las estimaciones actuales con versiones anteriores con el objetivo de identificar errores en los datos de entrada o en el procedimiento de cálculo. Las divergencias fueron justificadas.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MICONS (GEICON y GECEM), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.2.4.7 Recálculos

Justificación de los nuevos cálculos y mejoras realizadas en la serie 1990-2022

La necesidad de la mejora en la estimación de las emisiones de esta subcategoría se debe a que fue considerada una categoría principal en el INGEI Serie 1990-2016 entregado en el Primer IBA. Dado esto y la voluntad de empresas pertenecientes al MICONS de entregar información de mayor calidad, es que se decidió recalcular mediante la aplicación de un método Nivel 2 refinado, basado en la producción de clinker por cada fábrica.

Implicaciones para los niveles de emisión

En la Figura 4.8 se observa que no existen variaciones significativas al utilizar un FE basado en el por ciento nacional ponderado del CaO en el clinker respecto al por ciento característico de cada fábrica donde se produce clinker. Solamente variaron las emisiones reportadas para el 2001 a partir de una rectificación de la producción nacional de clinker.
Este cambio generó un incremento de las emisiones de CO_2 para ese año en un 13.1 %.

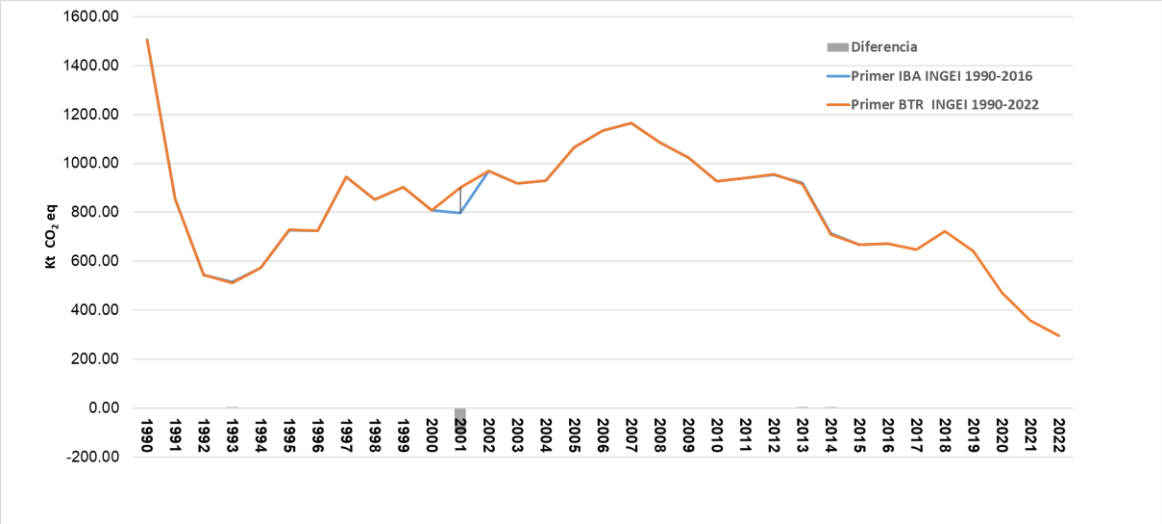


Figura 4.8. Subcategoría *2.A.1 Producción de cemento*: Recálculos de las emisiones (kt CO_2-eq) del Primer BTR (serie 1990-2022) respecto al Primer IBA (serie 1990-2016). *Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET*

4.2.4.8 Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de INGEI y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI, la mejora planificada de la subcategoría es:

- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: SO_x en esta categoría.

4.2.5. Producción de cal (2. A.2.)

4.2.5.1 Descripción de la subcategoría

El óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma al calentar la piedra caliza para descomponer los carbonatos. Se hace generalmente en hornos de caña u hornos rotatorios a altas temperaturas y en el proceso se libera CO_2. Según los requerimientos del producto (p. ej., metalurgia, pulpa y papel, materiales de construcción, tratamiento de efluentes, ablandamiento de aguas, control del pH y estabilización de suelos), se utiliza principalmente la piedra caliza con fuerte proporción de calcio (calcita).

La dolomita y las piedras calizas dolomíticas (con fuerte proporción de magnesio) pueden también procesarse a altas temperaturas para obtener cal dolomítica (y liberar CO_2). En algunas instalaciones, se produce también cal hidratada (apagada) mediante operaciones adicionales de hidratación.

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**.**

4.2.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de CO_2 de esta subcategoría contabilizaron 15.97 kt de CO_2-eq lo cual representa el 5.10 % de las emisiones de GEI de la categoría *2.A Industria de los Minerales*, inferiores en un 87.87 % y un 55.54 % a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016, respectivamente.

Al igual que la subcategoría de *2. A.1. Producción de cemento* las mayores emisiones corresponden al año base 1990 por las razones económicas ya mencionadas. A partir de ese año se aprecia una tendencia decreciente significativa bien marcado y constante hasta alcanzar las emisiones más bajas en el año 2005.

A partir de ese año ocurre un ligero incremento estabilizándose alrededor de 40 kt anuales disminuyendo progresivamente a partir de 2019 reportándose el mínimo histórico en el 2022, último año de la serie temporal del presente reporte (Figura 4.9).

4.2.5.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *2.A.2 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: cal con fuerte proporción de calcio, hidráulica y dolomita (Ecuación 4.2).

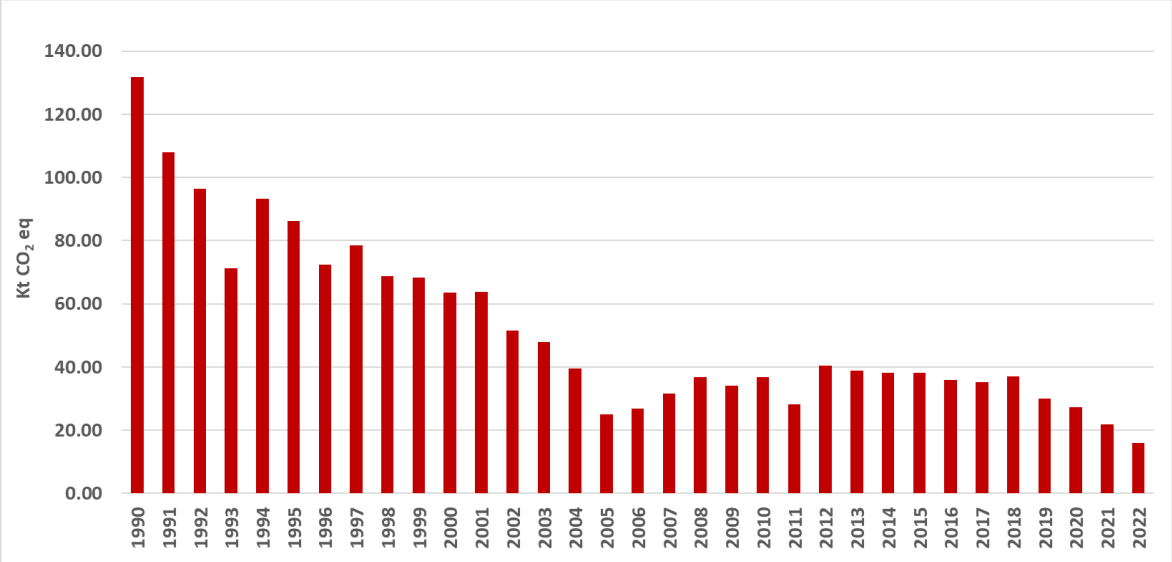


Figura 4.8 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la subcategoría 2.A.2 Producción de cal. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Ecuación 4.2 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría 2.A.2 Producción de cal basadas en los datos nacionales sobre producción de cal por tipos (Nivel 2).

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (EF_{cal,i} \bullet M_{l,i} \bullet CF_{lkd,i} \bullet C_{h,i})$$

Fuente: Ecuación 2.6; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones de CO_2 = emisiones de CO_2 proveniente de la producción de cal, t
- EF cal,i = factor de emisión para la cal de tipo i, t de CO_2/ t de cal
- Ml,i = producción de cal de tipo, t
- CF lkd,i = factor corrector para el LKD para la cal de tipo i (sin dimensión)
- Ch,i = factor corrector para la cal hidratada del tipo de cal i(sin dimensión)

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de la producción de cal fueron obtenidos directamente de los Anuarios Estadísticos publicados por la ONEI en la Tabla Producciones Industriales Seleccionadas del Capítulo 11. Industria Manufacturera en los cuales se recoge la información procedente de todas las industrias que producen cal. Es importante mencionar que en el país solo se produce cal viva (con fuerte proporción de calcio) según criterio de expertos consultados del MICONS y otras instituciones (Tabla 4.10).

Tabla 4.10 Producción anual de cal *(cal* viva*)* (t). Serie 1990-2022

Año	Producción de Cal con fuerte proporción de calcio (t)
1990	178 100.0
1991	145 900.0
1992	130 400.0
1993	96 500.0
1994	126 100.0
1995	116 500.0
1996	97 800.0
1997	106 300.0
1998	93 000.0
1999	92 300.0
2000	86 100.0
2001	86 300.0
2002	69 600.0
2003	64 700.0
2004	53 600.0
2005	34 000.0
2006	36 300.0
2007	42 800.0
2008	49 900.0
2009	46 000.0

Año	Producción de Cal con fuerte proporción de calcio (t)
2010	49 700.0
2011	38 000.0
2012	54 600.0
2013	52 400.0
2014	51 473.7
2015	51 524.2
2016	48 584.1
2017	47 600.0
2018	50 000.0
2019	40 500.0
2020	36 900.0
2021	29 500.0
2022	21 600.0

Fuente: ONEI

Factor de emisión

El factor de emisión de CO_2 depende de la relación estequiometria 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 específicos en el país. El factor de emisión queda determinado por la ecuación siguiente:

Ecuación 4.3 Factor de emisión (t CO_2/t cal producida).

$$EF_{cal,a} = SR_{CaO} \bullet Contenido\ en\ CaO$$

Fuente: Ecuación 2.9; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- $EF_{cal,a}$: factor de emisión para la cal viva (t de CO_2/t de cal)
- SR_{CaO}: cociente estequiométrico del CO_2 y CaO (t de CO_2/t de CaO)
- Contenido CaO: proporción de CaO en la cal (t de CaO/t de cal)

Estos parámetros se obtienen del Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 2.4 Capítulo 2; Volumen 3) en el cual se establece que el SR_{CaO}=0.785 t de CO_2/t de cal, el contenido de CaO es de 0.95 lo que genera un factor de emisión de 0.7458 t de CO_2/t de cal.

Tanto la cal con fuerte proporción de calcio como la cal de dolomita pueden «apagarse» y convertirse en cal hidratada, esto es, en $Ca(OH)_2$ o en $Ca(OH)_2 \cdot Mg(OH)_2$. Es una buena práctica incluir una corrección para la cal hidratada bajo el Nivel 2 y donde haya datos disponibles, bajo el Nivel 1.

Si x es la proporción de cal hidratada e y su contenido de agua, es una buena práctica multiplicar la producción por el factor corrector 1 – (x • y). Dado que la gran mayoría de la cala hidratada producida tiene una fuerte proporción de calcio (90 por ciento), los valores por defecto son x=0,10 e y=0,28 (contenido de agua por defecto), lo que resulta en un factor corrector de 0,97. Este factor corrector por defecto para la cal hidratada puede incluirse en la Ecuación 2.6, Capítulo 2; Volumen 3.

Durante la producción de cal pueden generarse cantidades importantes de polvo de horno de cal (LKD) como producto derivado. Ante la ausencia de datos, puede suponerse una corrección aditiva del 2 por ciento para dar cuenta del LKD (es decir, es necesario multiplicar las emisiones por 1,02).

4.2.5.4. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.2.5.5. Incertidumbre

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y el factor de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las Directrices del IPCC del 2006 (Cuadro 2.5; Sección 2.3.2; Capítulo 2; Volumen 3).

En esta subcategoría la incertidumbre en los datos de actividad (producción de cal viva en toneladas) es del orden del 2 % al ser aplicado el Nivel 2. Respecto al factor de emisión la incertidumbre también es de 2%. Por tanto, la incertidumbre combinada tiene un valor muy bajo de solamente 2.8 % (Tabla 4.11).

Sin embargo, la incertidumbre de la corrección aditiva (LKD) es media (25-35 % asumiéndose el valor de 30 % como promedio, pero solo afecta al 2 % de las emisiones.

Tabla 4.11. Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.A.2 Producción de cal

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.A.2 Producción de cal	**CO_2**	2	2	2	2	2.4	2.8

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se utilizó para todo el periodo la misma fuente de datos de actividad (Anuarios Estadísticos de la ONEI) y la misma fuente para los criterios de expertos (pertenecientes al MICONS).

4.2.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones en esta subcategoría se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de INGEI.

Al comparar los resultados obtenidos mediante el uso del software del IPCC con las hojas de cálculo desarrolladas por el ETGEI, se detectaron pequeñas diferencias asociadas a aproximaciones de redondeo en el factor de emisión las cuales fueron arregladas. Por otra parte, se incorporaron ajustes a partir de la incorporación del factor de ajuste de la cal hidratada.

Verificación de los datos de la actividad

Fueron confirmadas las definiciones correctas de los diferentes tipos de cal producidos en el país. Se consideran en los datos de actividad las industrias que puedan producir cal no comercial, de modo que garanticen que estos datos han sido incluidos en los datos de actividad para el inventario.

Algunas de las 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 diferentes datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Comparación de las estimaciones actuales con versiones del INGEI anteriores, de manera de identificar posibles errores de entrada o cálculo y así justificar las divergencias.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MICONS (GEICON y GECEM), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.2.5.7 Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

4.2.5.8 Plan de mejoramiento

No está previsto un plan de mejoramiento porque no es una categoría principal, además, la aplicación de un método de Nivel 3 se considera difícil de implementar porque la producción de cal es en pequeñas fábricas muy dispersas en el país.

4.2.6. Producción de vidrio (2.A.3)

4.2.6.1 Descripción de la subcategoría

En el comercio se utilizan muchas variedades de artículos y de composiciones de vidrio, pero la industria del vidrio puede dividirse en cuatro categorías principales: recipientes, vidrios planos (ventanas), fibras de vidrio y vidrios especiales.

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.

En la práctica, los fabricantes de vidrio no producen vidrio sólo a partir de materias primas, sino que algunos emplean una cierta cantidad de chatarra de vidrio reciclada (o *cullet*, del inglés). La mayoría de las operaciones utilizan la mayor cantidad de *cullet* que se pueda obtener, lo que induce a veces restricciones en los requisitos de calidad del vidrio.

En Cuba a principios de la década de 1990 existían tres plantas de producción de vidrio en el país. Una planta ubicada en la provincia de Las Tunas la cual solo producía envases y cerró en 1994, otra en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque la cual también producía fundamentalmente envases y cerró en el 2005. Solamente ha funcionado durante todo el periodo la planta ubicada en La Lisa, provincia de La Habana la cual producía hasta el 2006 fundamentalmente frascos de medicamentos y perfumería. A partir de 2006 la producción solo estaba destinada a vajillería y ornamentales.

4.2.6.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de CO_2 de esta subcategoría contabilizaron 0.02 kt CO_2-eq lo cual representa menos de un 0.01 % de las emisiones de GEI de la categoría *2.A Industria de los Minerales*, inferiores en un 99.9 % y un 32.3 % a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016, respectivamente (Figura 4.10).

Se aprecia la notable disminución de las emisiones durante la década de 1990 asociada a la situación económica y al cierre de líneas productivas en la fábrica de Vidrios La Lisa y el cierre total de la fábrica de Las Tunas en 1994. El cambio del tipo de vidrio fabricado en el país (vidrio tipo Recipiente Flint a especial de vajilla) a partir de 2004, constituye otro factor que influye en la disminución de las emisiones al tener un factor de emisión 50 % inferior.

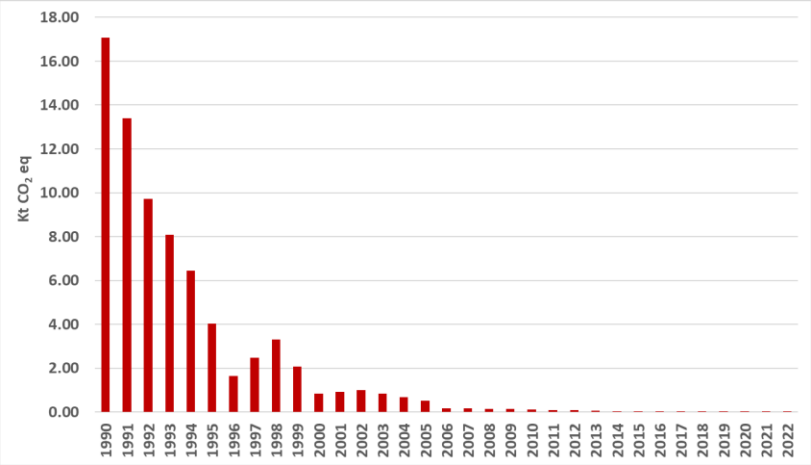


Figura 4.9 Emisiones de GEI (Kt de CO_2 eq) para la subcategoría 2.A.3 Producción de vidrio Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET.

4.2.6.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *2.A.3 Producción de vidrio* se utilizó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC del 2006.* En vez de recolectar las estadísticas nacionales sobre la producción total de vidrio, las emisiones se estiman basándose en los distintos procesos de fabricación de vidrio empleados en el país (p. ej., vidrio de recipientes y especial para vajilla) los cuales emplean generalmente diferentes tipos y proporciones de materias primas.

En el método de Nivel 2 se aplican factores de emisión por defecto para cada proceso de fabricación de vidrio. Sin embargo, la estimación debe corregirse debido al hecho de que una parte del vidrio reciclado (cullet) puede suministrarse también al horno (Ecuación 4.4).

Ecuación 4.4 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría 2.A.3 Producción de vidrio basadas en los datos nacionales sobre producción de vidrio según el proceso de fabricación (Nivel 2).

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i [M_{g,i} \bullet EF_i \bullet (1 - CR_i)]$$

Fuente: Ecuación 2.11; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- Emisiones de CO_2 = emisiones de CO_2 proveniente de la producción de vidrio, t
- Mg,i = masa de vidrio fundido de tipo i, t
- EF_i = factor de emisión para la fabricación de vidrio del tipo i, t de CO_2/t de vidrio fundido
- CRi = proporción de cullet para la fabricación de vidrio del tipo i, fracción

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad para esta subcategoría provienen de diferentes fuentes (Tabla 4.12) según los años:

Tabla 4.12: Producción anual por tipos de vidrio (t). Serie 1990-2022

Año	Producción de vidrio (t)	Fuente de datos de actividad	Tipo de vidrio
1990	147792	Unión de Cemento y Vidrio (CEMVID) del MINBAS.	Vidrio Tipo Recipiente
1991	**115974**		
1992	84156		
1993	**70000**		
1994	55844		
1995	**35022**		
1996	14199		
1997	**21385**		
1998	28571		
1999	**17879**		
2000	7186		
2001	**7922**		
2002	8658		
2003	**7230**		
2004	5801		
2005	**4373**		
2006	**3993**		
2007	**3613**	Fábrica de Vidrios La Lisa	Vidrio para Vajilla
2008	**3233**		
2009	**2853**		
2010	**2473**		
2011	**2093**		
2012	**1713**		
2013	**1333**		
2014	**953**		
2015	**570**		
2016	**540**		
2017	441		
2018	420		
2019	464		
2020	118		
2021	386		
2022	358		

Nota: valores resaltados representan valores estimados. Fuente: Equipo técnico de INGEI en base a datos proporcionados por MINBAS y Fábrica de Vidrios La Lisa.

Factores de emisión

El método de Nivel 2 se basa en la aplicación de factores de emisión por defecto y proporciones de cullet a los diferentes tipos de vidrio producidos en el país (Cuadro 2.6 Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006).

A partir de los datos específicos del país sobre la proporción de cullet en la fábrica de vidrios La Lisa para los años 2015- 2019 obtenidos por Pedroso (2020) y los valores

recomendados por el IPPC para los tipos de vidrios se obtuvo los siguientes factores de emisión para cada año del periodo (Tabla 4.13).

Tabla 4.13: Datos paramétricos utilizados para calcular el factor de emisión anual ajustado para la subcategoría 2.A.3 Producción de vidrio. Serie 1990-2022

Años	Tipo de vidrio	FE (D) para CO_2 (t CO_2/t vidrio)	Proporción de cullet (%)	FE ajustado para CO_2 (t CO_2/t vidrio)
1990-2005	Recipiente (flint)	0.21	45	0.12
2006-2014	Especial (vajilla)	0.1	54.3	0.05
2015			55.1	0.04
2016			55.3	0.04
2017			55.2	0.04
2018			55.1	0.04
2019			50.7	0.05
2020-2022			54.3	0.05

Fuente: Equipo técnico de INGEI en base a datos proporcionados por MINBAS y Fábrica de Vidrios La Lisa

Es una buena práctica utilizar los valores medios de los intervalos provistos, a menos que se sepa, que algunos otros valores dentro del intervalo son más representativos de las circunstancias específicas del país.

4.2.6.4. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.2.6.5. Incertidumbre

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y el factor de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las Directrices del IPCC del 2006 (Sección 2.4.2; Capítulo 2; Volumen 3).

En el Nivel 2 los datos sobre producción de vidrio se miden generalmente con una exactitud muy baja (2%). Es importante destacar que cuando los datos de la actividad disponibles no estén expresados como masa, sino como unidad (p. ej., la botella) o en área (p. ej., el m^2) y deben ser convertidos en unidades de masa, esto puede generar una incertidumbre adicional.

La incertidumbre asociada al uso del factor de emisión y de la proporción de cullet del Nivel 2 fue mayor y puede alcanzar el orden de un 10%. Por tanto, la incertidumbre combinada es del orden de 10.2% por lo que se considera como baja (Tabla 4.14).

Tabla 4.14. Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.A.3 Producción de vidrio

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.A.3 Producción de vidrio	**CO_2**	2	2	10	10	10.2	10.2

Fuente: Equipo Técnico de INGEI.

Consistencia de la serie temporal

Debido a la existencia de dos fuentes de datos de actividad y el uso de valores específicos de país en un intervalo corto de años y valores por defecto para la proporción de cullet en el vidrio, se utilizaron métodos de interpolación (años impares del periodo 1990-2006) y extrapolación (periodo 2007- 2016) recomendados por las *Directrices del IPCC 2006* con el objetivo de garantizar la consistencia de la serie 1990-2022.

A pesar de estas dificultades se considera que la serie mantiene la consistencia debido a que abarca toda la producción de vidrio en el país y el tipo de vidrio fabricado para el periodo estimado.

4.2.6.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 de esta subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU.

Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, el informe y el software del IPCC para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Adicionalmente a estas actividades se realizaron otras como:

- Comparación de las estimaciones actuales con versiones anteriores con el objetivo de identificar errores en los datos de entrada o en el procedimiento de cálculo. Las divergencias fueron justificadas.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Chequeos cruzados de la información entregada por las empresas versus la información pública.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MINDUS (CIIQ y Fábrica de Vidrio La Lis), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación.

Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

Las estimaciones realizadas se verificaron con los resultados obtenidos por Pedroso (2020) para el periodo 2015-2019 en la Fábrica de Vidrios La Lisa.

Los resultados muestran como el porcentaje de cullet, que se emplea en la empresa, está muy cercano el límite superior recomendado lo cual minimiza las emisiones de CO_2. Sin embargo, la utilización de estas chatarras de vidrio puede afectar la calidad del producto terminado, lo cual debe tenerse en cuenta en el control operacional del proceso.

Por otra parte, tal como se establece en las Directrices del IPCC 2006 si se estiman las emisiones con el empleo del método de Nivel 3, los resultados pueden comparase con los del Nivel 2 para ver si poseen un orden de magnitud similar.

El método de Nivel 2 basado en el cálculo a partir del porcentaje de cullet es inferior como promedio en aproximadamente un 67.72 % respecto a los valores estimados por el método de Nivel 3. Esta diferencia depende fundamentalmente de la cantidad y proporción de materias primas utilizadas en la industria en Cuba.

Sin embargo, si se utiliza un método de Nivel 1 por defecto se estarían sobrestimando las emisiones en aproximadamente un 77.13 % lo que evidencia la factibilidad de usar este método de Nivel 2.

4.2.6.7 Recálculos

Justificación de los nuevos cálculos y mejoras realizadas en la serie 1990-2022

En esta actualización se avanzó a un método de estimación de Nivel 2 debido a la obtención de la información sobre el tipo de vidrio fabricado en el país para cada año. Otras mejoras significativas fueron la certificación oficial de los datos para el intervalo 2017-2022 y el período de funcionamiento de cada fábrica productora de vidrios, así como la proporción de cullet para el periodo 2015-2019.

Implicaciones para los niveles de emisión

Las emisiones durante todo el periodo 1990-2005 fueron superiores en un 15.5 % al aplicar un método de Nivel 2 en la actualización. Sin embargo, en el año 2006 se aprecia un decrecimiento notable de 54.3 % debido al cambio del tipo de vidrio fabricado, al pasar de vidrio tipo recipiente a especial de vajilla (Figura 4.11).

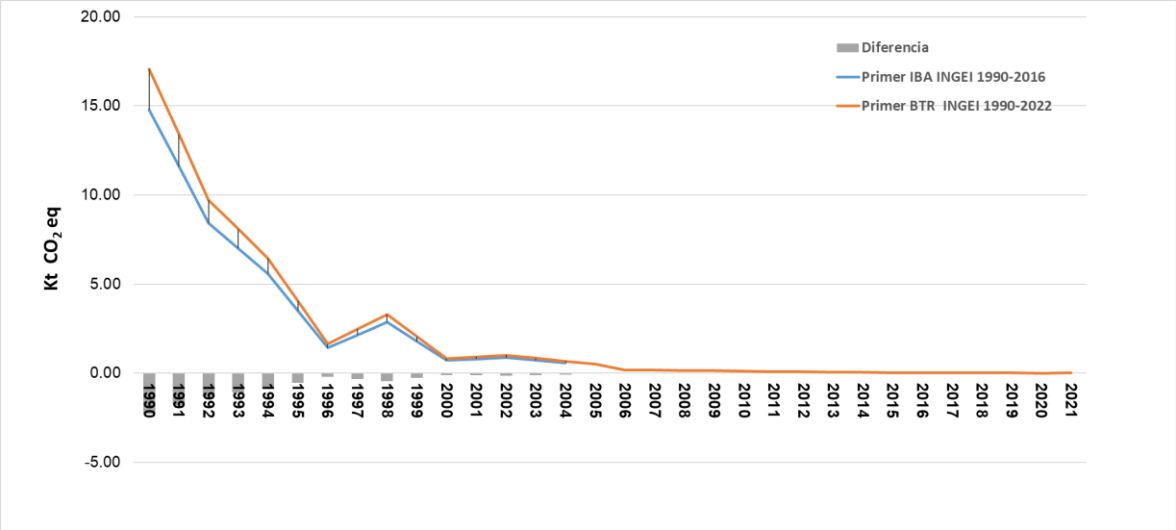


Figura 4.10 Subcategoría 2.A.3 Producción de vidrio: Recálculos de las emisiones (kt CO2-eq) del Primer BTR (serie 1990-2022) respecto al Primer IBA (serie 1990-2016). Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET.

4.2.6.8 Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de INGEI y a las recomendaciones de la revisión del INGEI, las mejoras planificadas de la subcategoría son las siguientes:

- Completamiento y certificación de la serie temporal de producción de la Fábrica de Vidrios La Lisa para el intervalo 2006-2016.
- Determinar la proporción de cullet típica de la producción de vidrio en la Fábrica de Vidrios La Lisa para el intervalo 2006-2022 a excepción del periodo 2015 – 2019.
- Completamiento y certificación de la serie temporal de producción nacional de vidrio tipo recipiente para los años impares del intervalo 1990-2005.

4.2.7. Otros usos de carbonatos en los procesos (2.A.4)

4.2.7.1 Descripción de la subcategoría

La piedra caliza ($CaCO_3$), la dolomita ($CaMg(CO_3)_2$) y otros carbonatos (p. ej., $MgCO_3$ y $FeCO_3$) son materias primas básicas que tienen aplicaciones comerciales en numerosas industrias además de las industrias ya analizadas individualmente (producción de cemento, producción de cal y producción de vidrio).

Las metodologías generales para estimar las emisiones de CO_2 provenientes del uso de carbonatos en las industrias de los minerales son aplicables también allí donde los carbonatos se usan en otras categorías de fuente como fundentes o como agentes de escorificación. Se considera en particular, cuatro amplias categorías de fuente: (1) las cerámicas, (2) otros usos de la ceniza de sosa, (3) la producción de magnesia no metalúrgica, y (4) otros usos de los carbonatos.

En el contexto nacional solamente se contabilizaron las emisiones relacionadas a *2.A.4.a Producción de cerámicas*. Las emisiones de *2.A.4.b Otros usos de la ceniza de sosa*, *2.A.4.c Producción de magnesia no metalúrgica* y *2.A.4.d Otros usos de los carbonatos* no fueron calculadas debido a la no disponibilidad de los datos de actividad.

Cerámicas

Las cerámicas incluyen la producción de ladrillos y tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y cerámica para el piso, vajillas y ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos inorgánicos. La mayoría de los productos cerámicos se fabrican a partir de uno o más tipos de arcilla (p. ej., esquistos, arcilla refractaria y arcilla plástica). Las materias primas son recogidas y finamente trituradas en operaciones de molturación sucesivas.

De manera análoga a los procesos de producción del cemento y de la cal, los carbonatos se calientan a altas temperaturas en un horno. Las emisiones de CO_2 relacionadas con los procesos de las cerámicas provienen de la calcinación de los carbonatos contenidos en las materias primas (particularmente de la arcilla, de los esquistos, de la piedra caliza, de la dolomita y de la witherita o carbonato de bario y de la piedra caliza como fundentes) así como de la inclusión de aditivos.

4.2.7.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de CO_2 de esta subcategoría contabilizaron 2.38 kt CO_2-eq lo cual representa el 0.76 % de las emisiones de GEI de la categoría *2.A Industria de los Minerales*, inferiores en un 87.73 % y un 32.19 % a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016, respectivamente (Figura 4.12).

Se evidencia la acentuada disminución descrita a principios de la década de 1990 pero a diferencia de otras subcategorías se estabilizan las emisiones durante el resto del periodo en un intervalo entre 4 y 7 kt de CO_2. A partir de 2018 las emisiones disminuyen hasta alcanzar valores alrededor de 2 kt asociado a la disminución de todas las cerámicas consideradas en relación a años anteriores.

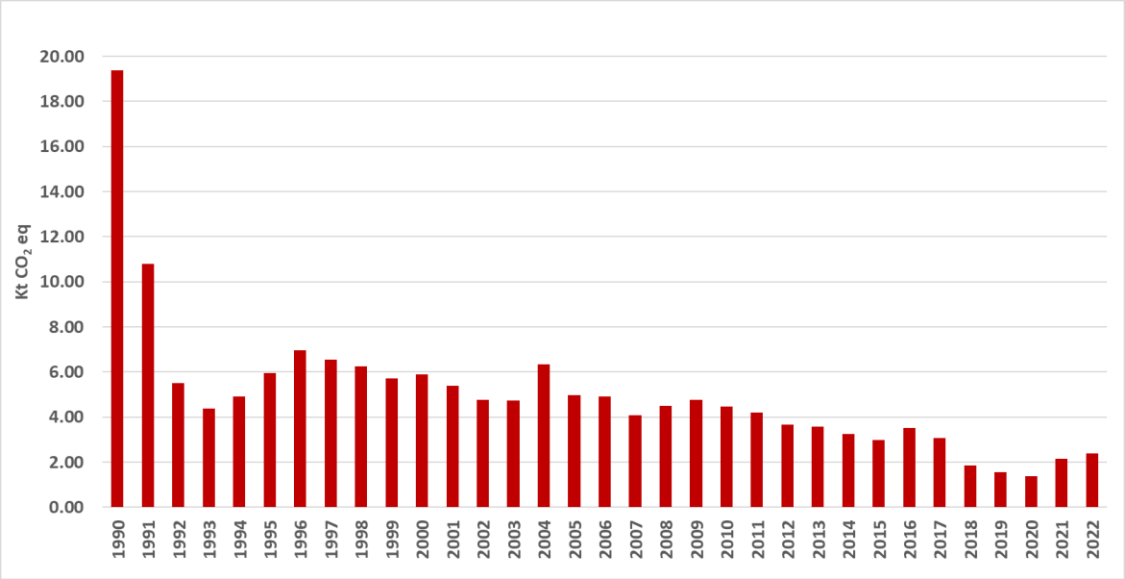


Figura 4.11 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la subcategoría 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET.

4.2.7.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de emisiones de la subcategoría *2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos* se utilizó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC del 2006.* En el método de Nivel 1 se supone que sólo la piedra caliza y la dolomita se usan como entradas de carbonatos en la industria y se permite el empleo de una fracción por defecto de piedra caliza en contraposición a la dolomita consumida.

Ecuación 4.5 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría 2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos basadas en la masa del carbonato producido (Nivel 1).

$$Emisiones\ de\ CO_2 = M_c \bullet (0{,}85\,EF_{ls} + 0{,}15\,EF_d)$$

Fuente: Ecuación 2.14; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- Emisiones de CO_2 = emisiones de CO_2 proveniente otros usos de carbonatos en los procesos, t
- Mc = masa del carbonato producido, t
- EFls o EFd = factor de emisión para la calcinación de la piedra caliza o de la dolomita, t de CO_2/ t de carbonato

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad de la producción de cal fueron obtenidos solamente de los Anuarios Estadísticos publicados por la ONEI específicamente en el Capítulo 11. Industria Manufacturera Tabla Producciones Industriales Seleccionadas, en los cuales se recoge la información procedente de todas las industrias que fabrican dichos productos (Tabla 4.15).

Es importante mencionar que varias producciones estaban expresadas inicialmente en unidades. La conversión a unidades de masa (toneladas) fue posible mediante el uso de valores promedios de masa unitaria a partir de información brindada y certificada por expertos consultados de GEICON y GECEM pertenecientes al MICONS.

Los valores utilizados son para muebles sanitarios de cerámica (29 Kg), elementos de pared cerámicos (2.8 kg) y para los azulejos se usó un valor promedio de los diferentes tipos producidos en el país (0.27 Kg).

Al contarse solamente con los datos de producción de cerámicas se debe calcular la cantidad de arcilla consumida multiplicando la producción por un factor de pérdidas por defecto de 1,1. Si no se dispone de otra información, para las arcillas se puede suponer un contenido de carbonato por defecto del 10 por ciento.

Si se desconoce la fracción de calcinación alcanzada, es coherente con las buenas prácticas que el compilador del inventario suponga que se alcanza un 100 por ciento de calcinación

Tabla 4.15 Fabricación anual de productos para la construcción seleccionados. Serie 1990-2022

Año	Cerámica vajillera (t)	Cerámica no vajillera (t)	Muebles sanitarios de cerámica (MU)	Materiales refractarios, ladrillos y piezas (Mt)	Ladrillos de barro (MMU)	Azulejos (MMU)
1990	4,321.7	3,468.5	427.7	9.8	124.2	67.3
1991	3,927.2	3,405.6	122.6	14.2	65.4	43.9
1992	3,731.0	1,548.0	97.0	6.3	32.7	24.7
1993	1,945.0	1,631.9	71.0	6.3	26.9	7.0
1994	741.0	537.5	71.7	10.7	30.0	8.3
1995	1,318.6	392.2	111.8	11.7	36.0	14.0
1996	1,690.9	812.4	198.3	14.0	41.3	15.0
1997	1,438.2	1,162.7	176.6	11.3	39.7	11.7
1998	1,915.8	879.5	193.7	12.8	37.2	8.0
1999	958.6	472.8	211.8	10.7	34.5	6.9
2000	509.0	376.1	252.9	10.6	35.6	6.5
2001	1,108.2	519.3	194.0	8.5	33.0	5.6
2002	174.4	520.4	191.0	10.7	28.0	6.2
2003	177.6	515.7	164.0	10.9	27.2	16.3
2004	300.0	475.2	170.1	6.4	40.5	14.8
2005	412.4	889.6	131.8	7.9	30.2	15.2
2006	139.5	1,225.4	141.2	6.5	30.2	12.9
2007	116.2	1,314.7	99.2	6.0	24.9	12.1
2008	85.9	1,075.3	131.9	6.9	27.2	13.0
2009	38.4	704.4	158.0	6.6	29.3	11.4
2010	120.7	1,052.7	158.9	7.8	26.8	9.2
2011	40.3	1,043.9	145.0	8.1	24.9	10.5
2012	27.4	987.4	171.2	8.1	20.7	9.8
2013	18.5	1,202.8	181.3	8.3	19.6	11.3
2014	61.1	1,360.0	153.1	6.7	18.0	11.6
2015	51.8	1,212.1	156.1	6.9	16.1	12.0
2016	24.7	1,087.1	170.2	5.8	20.2	12.5
2017	27.7	933.0	137.8	4.5	17.8	11.3
2018	23.7	16.0	103.8	4.4	9.7	12.5

Año	Cerámica vajillera (t)	Cerámica no vajillera (t)	Muebles sanitarios de cerámica (MU)	Materiales refractarios, ladrillos y piezas (Mt)	Ladrillos de barro (MMU)	Azulejos (MMU)
2019	17.7	27.4	81.2	3.4	8.3	9.9
2020	4.0	65.6	72.5	2.5	7.8	6.9
2021	7.1	68.0	61.9	2.8	13.4	5.9
2022	22.3	57.7	81.9	2.5	15.1	0.0

Fuente: ONEI

Factor de emisión

El factor de emisión para las metodologías de Nivel 1 y de Nivel 2 se basa en la masa de CO_2 liberado por masa de carbonato consumido (Cuadro 2.1; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006 (Tabla 4.16).

Tabla 4.16 Factores de emisión (t de CO_2/t de carbonato) utilizados

Carbonato	Nombre de los minerales	Factor de emisión (t de CO_2/t de carbonato)
$CaCO_3$	Calcita	0,43971
$CaMg(CO3)_2$	Dolomita	0,47732

Fuente: Cuadro 2.1, Capítulo 2, Volumen 3, Directrices del IPCC 2006

4.2.7.4. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.2.7.5. Incertidumbre

En teoría, la incertidumbre asociada al factor de emisión para esta categoría de fuente debería ser muy baja, puesto que el factor de emisión corresponde al cociente estequiométrico que refleja el CO_2 liberado durante la calcinación del carbonato. En los casos en que sólo se disponga de datos sobre la roca carbonatada, puede haber algo de incertidumbre asociada a la hipótesis de una cierta pureza para la fracción de piedra caliza y de dolomita (± 1 a ± 5 por ciento).

Las incertidumbres en los datos de la actividad fueron muy bajas (Tabla 4.17). Al suponer que el consumo de carbonatos se atribuye a los sectores y/o industrias consumidoras apropiadas, la incertidumbre asociada al pesaje o a las proporciones de carbonatos, para toda industria considerada, es de un 1 a un 3 por ciento. La incertidumbre del análisis químico global en relación con el contenido y la identidad de los carbonatos, también es de un 1 a un 3 por ciento.

Tabla 4.17 Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	**CO_2**	1.4	4.2	3	3	3.3	5.2

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se utilizó para todo el periodo, la misma fuente de datos de actividad (Anuarios Estadísticos de la ONEI) y la misma fuente para los criterios de expertos (pertenecientes al MICONS).

4.2.7.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 de esta subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU.

Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Al comparar los resultados obtenidos mediante el uso del software del IPCC con las hojas de cálculo desarrolladas por el ETGEI, se detectaron diferencias asociadas a la no introducción de datos paramétricos como el factor de pérdidas para convertir de producción a arcilla consumida para algunas producciones; así como, el contenido real de carbonato en la arcilla. Estas deficiencias fueron solucionadas.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MICONS (GEICON y GECEM), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y

documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación
No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.2.7.7 Recálculos
No se realizaron recálculos porque es la primera vez que se incluye esta subcategoría en el INGEI gracias a la colaboración de expertos del MICONS.

4.2.7.8 Plan de mejoramiento
En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de INGEI y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI, las mejoras planificadas de la subcategoría son las siguientes:

- Lograr el completamiento y certificación de la serie temporal de fabricación de otros productos de cerámica como los accesorios sanitarios entre otros con la mayor desagregación posible.
- Obtener datos de actividad sobre otros usos de la ceniza de sosa, la producción de magnesia no metalúrgica y otros usos de los carbonatos.
- Recolectar datos de actividad de nivel nacional sobre la piedra caliza y la dolomita consumidas.

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 químicos inorgánicos y orgánicos, para los cuales la experiencia de varios países ha confirmado que contribuyen significativamente a los niveles de emisión mundiales o nacionales.

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*
- *2.B.9. Producción fluoroquímica*

En el contexto nacional, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos de amoniaco, ácido nítrico y carburo de calcio.

4.3.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En el 2022 se contabilizaron en la categoría *2.B. Industria Química* 11.61 kt CO_2-eq lo cual representa un 3.28 % de las emisiones de GEI del sector para el último año de la serie temporal. Se aprecia una disminución de un 99.21 % y un 75.02 % respecto a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016, respectivamente (Figura 4.13) lo cual evidencia el deterioro de la industria química en el país respecto a la década de 1990.

Las emisiones correspondientes al año base 1990 y 1991 (aproximadamente la mitad del año anterior) son muy superiores al resto de la serie temporal debido a las difíciles condiciones económicas del país que influyeron directamente en la paralización casi total de la industria química nacional. El cierre definitivo de la planta de producción de amoníaco y una planta de ácido nítrico condicionan esta drástica disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Respecto a las emisiones de las subcategorías para el último año de la serie temporal, la *2.B.3 Producción de ácido nítrico* es la de mayor relevancia con un 80.2 % del total mientras que corresponden a la *2.B.5.b Producción de carburo de calcio* el 19.8 % restante.

En relación al año base 1990, se contabilizaron 1474.11 kt de CO_2-eq y la subcategoría *2.B.3 Producción de ácido nítrico e*s la más importante con un 59.63 % del total, mientras que corresponde a la subcategoría *2.B.1 Producción de amoníaco* el 38.73 % y el 1.63 % restante a la *2.B.5.b Producción de carburo de calcio* (Tabla 4.18).

En el resto de la serie temporal las emisiones anuales no superan los 100 kt de CO_2-eq a excepción de los años 1995 y 1996 con valores cercanos a 150 kt de CO_2-eq. A partir del 2016 los valores no superan los 50 kt anuales de CO_2 eq.

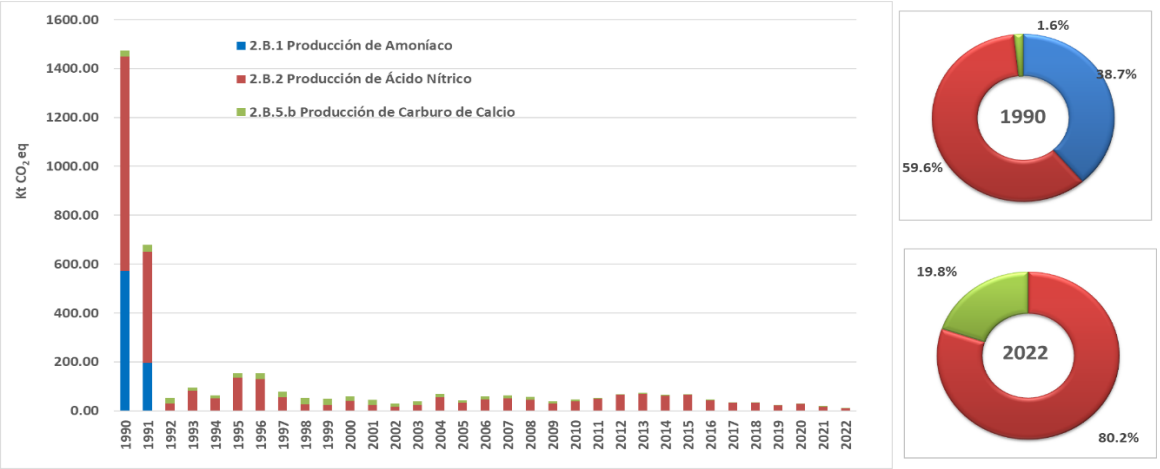


Figura 4.12 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la categoría 2.B. Industria Química por subcategorías. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.3.3 Aspectos metodológicos generales

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 2 para las subcategorías *2.B.3 Producción de ácido nítrico* a partir de datos de actividad a nivel de plantas de producción y el tipo de tecnología utilizado.

Se aplicó de igual forma un método Nivel 2 a la subcategoría *2.B.5.b Producción de carburo de calcio* al utilizar datos a nivel de planta. Para la subcategoría *2.B.1 Producción de amoníaco* se utilizó un método de Nivel 1. Fueron utilizados factores de emisión por defecto para las tres subcategorías estimadas seleccionados según las características nacionales del proceso productivo.

En esta actualización del inventario se incluyeron las emisiones asociadas a la producción y consumo de carburo de calcio y recalcularon los primeros años de la *2.B.3 Producción de ácido nítrico* debido a una mayor revisión y control de la calidad de las fuentes de información disponibles. La principal fuente de datos de actividad fue el Centro de Investigaciones de la Ingeniería Química, la Empresa Química "Revolución de Octubre" y ediciones anteriores del Inventario Nacional de GEI a partir de información de la ya desaparecida Unión Química.

Tabla 4.18 Emisiones de GEI (kt de-CO_2) para la categoría 2.B. Industria Química por subcategorías. Serie 1990-2022

Año	2.B.1 Producción de Amoníaco	2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	2.B.5.b Producción de Carburo de Calcio
1990	570.95	879.07	24.10
1991	195.51	454.11	29.15
1992	NO	29.15	22.89
1993	NO	81.72	11.59
1994	NO	50.35	12.91
1995	NO	134.59	19.84
1996	NO	130.04	24.50
1997	NO	54.40	22.54
1998	NO	26.50	26.99
1999	NO	23.21	25.24
2000	NO	39.81	18.58
2001	NO	23.90	20.02
2002	NO	16.34	14.66
2003	NO	23.56	15.46
2004	NO	55.02	14.28
2005	NO	31.52	10.70
2006	NO	45.80	12.66
2007	NO	51.30	11.01
2008	NO	44.77	12.73
2009	NO	30.27	7.26
2010	NO	38.91	7.97
2011	NO	49.21	4.55
2012	NO	64.60	6.51
2013	NO	69.24	2.57
2014	NO	61.56	3.07
2015	NO	64.31	6.27

Año	2.B.1 Producción de Amoníaco	2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	2.B.5.b Producción de Carburo de Calcio
2016	NO	43.39	4.89
2017	NO	31.50	1.95
2018	NO	31.10	2.09
2019	NO	20.99	3.32
2020	NO	27.15	2.55
2021	NO	16.04	1.79
2022	NO	9.31	2.30

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.3.4. Producción de amoníaco (2. B.1.)

4.3.4.1 Descripción de la subcategoría

El amoníaco (NH_3) es uno de los principales productos químicos industriales y el material nitrogenado producido más importante. El gas de amoníaco se utiliza directamente como fertilizante, en el tratamiento por calor, en la obtención de pulpa de papel, en la fabricación de ácido nítrico y de nitratos, en la fabricación del éster de ácido nítrico y de los compuestos nitrados, explosivos de diversa índole y como refrigerante.

La producción de amoníaco requiere una fuente de nitrógeno (N) y una de hidrógeno (H). La mayor parte del amoníaco se obtiene del gas natural (principalmente CH_4), aunque puede obtenerse H de otros hidrocarburos (carbón [por vía indirecta], petróleo) y agua.

El contenido de carbono (C) del hidrocarburo se elimina del proceso en la etapa primaria de reformado al vapor y en la etapa de conversión en CO_2 por desplazamiento, que es la principal emisión potencial de GEI.

4.3.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI

Solamente se produjo NH_3 en 1990 y 1991 contabilizándose 570.95 t y 195.51 t de CO_2 respectivamente. Las emisiones de 1991 disminuyeron en un 65.8% respecto al año precedente.

4.3.4.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de CO_2 de la subcategoría *2.B.1 Producción de amoníaco* se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en los datos de producción y un factor de emisión por defecto correspondiente (Ecuación 4.6).

Ecuación 4.6 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría Producción de cemento (Nivel 2).

$$E_{CO2} = AP \bullet FR \bullet CCF \bullet FOC \bullet 44/12 - R_{CO2}$$

Fuente: Ecuación 3.1; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- ECO_2 = emisiones de CO_2 (Kg).

- AP = producción de amoníaco (t).
- FR = requisito de combustibles por unidad de salida, GJ/t de amoníaco producido
- CCF = factor del contenido de carbono del combustible, kg. C/GJ
- FOC = factor de oxidación de carbono del combustible, fracción
- RCO_2 = CO_2 recuperado para utilización posterior en un proceso secundario como la producción de urea (kg).

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

En el país solo se registra producción de amoniaco en 1990 y 1991. A partir de estos años todo el amoníaco utilizado en las diversas ramas de la industria es importado. La producción de 1990 fue de 174 468 ton de las cuales corresponden 103 823 a Empresa Química "Revolución de Octubre "de Nuevitas, provincia de Camagüey. Esta fue la única fábrica en funcionamiento en 1991 con una producción correspondiente a 59 742 toneladas.

Para el método de Nivel 1, es una buena práctica utilizar los requisitos mayores de combustible por tonelada de amoníaco. Si no se dispone de información sobre el tipo de combustible, es una buena práctica utilizar el valor promedio para la oxidación parcial presentado en el Cuadro 3.1 (Sección 3.2.2.2; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC 2006).

De este propio cuadro se obtuvieron los siguientes datos: 42.5 GJ(NCV) / t de $NH_{3\ como}$ total de requisitos de combustible, 21 kg C/GJ como el factor del contenido de carbono del combustible y 1 como fracción del factor de oxidación de carbono del combustible.

Factores de emisión

Si no se dispone de información al nivel de plantas, es una buena práctica emplear los factores por defecto. Por lo general, estos factores representan valores medios o medianos de conjuntos de datos (determinados mediante análisis de expertos).

Fue seleccionado un factor de emisión de 3.273 t CO_2/t de amoníaco correspondiente al valor promedio – oxidación parcial proceso de producción.

4.3.4.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.3.4.5 Incertidumbre

En general no se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y el factor de emisión, por lo que consideraron las recomendadas por las Directrices del IPCC del 2006 (Sección 3.2.3; Capítulo 2; Volumen 3).

Los datos que se obtienen de los organismos nacionales de estadísticas no incluyen estimaciones de incertidumbre en el uso de combustibles, en la producción de

amoníaco y en la recuperación de CO_2 por lo que se puede recomienda usar un valor por defecto de 5%.

Las incertidumbres para los factores de emisión por defecto están presentadas en el Cuadro 3.1 por lo que considera una incertidumbre de 7% y, por tanto, una incertidumbre combinada de 7.3% (Tabla 4.19).

Tabla 4.19. Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.B.1 Producción de amoníaco

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.B.1 Producción de amoníaco	**CO_2**	2	2	7	7	7.3	7.3

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

Consistencia de la serie temporal

Se mantiene la consistencia de la serie temporal 1990-1991 porque cubre toda la producción nacional y una misma fuente para seleccionar el factor de emisión.

4.3.4.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se han aplicado las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 de esta subcategoría y las actividades propias del Equipo Técnico de IPPU. Al comparar los resultados obtenidos mediante el uso del software del IPCC con las hojas de cálculo desarrolladas por el ETGEI, se detectaron pequeñas diferencias asociadas a aproximaciones de redondeo las cuales fueron arregladas.

La principal recomendación hace referencia a que el factor de emisión utilizado se encuentre dentro del intervalo de los factores de emisión por defecto proporcionados para el método de Nivel 1 y, además, se debe garantizar que los factores de emisión sean coherentes con los valores derivados del análisis de la química del proceso. El factor de emisión utilizado al ser un valor por defecto cumple con estos requisitos.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MINDUS (CIIQ), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.3.4.7 Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

4.3.4.8 Plan de mejoramiento

No se consideraron mejoras para esta subcategoría debido a que la actividad solo se reportó en los dos primeros años de la serie y desde entonces 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 utiliza principalmente como materia prima en la fabricación de fertilizantes nitrogenados. Puede emplearse también en la producción de ácido adípico y de explosivos (p. ej., la dinamita), para el grabado de metales y en el procesamiento de metales ferrosos.

El ácido nítrico también 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 diversos colorantes y tinturas, productos farmacéuticos, para fotograbado en imprentas, en joyería y en la industria de la ingeniería.

Durante la producción de ácido nítrico (HNO_3) se genera N_2O como un producto derivado no intencional de la oxidación catalítica a altas temperaturas del amoníaco (NH_3). La cantidad de N_2O que se forma depende, entre otros factores, de las condiciones de combustión (presión, temperatura), de la composición y envejecimiento del catalizador y del diseño del quemador.

4.3.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI

Las emisiones de N_2O asociadas a la producción de ácido nítrico siguen un comportamiento muy similar a otras subcategorías como la *Producción de cemento y la Producción de cal* reportándose los mayores valores en 1990, muy superiores al resto del periodo (Figura 4.14).

En 2022, las emisiones de N_2O de esta subcategoría contabilizaron 9.31 kt de CO_2-eq lo que representa la totalidad de las emisiones de este GEI de la categoría *2.B Industria Química*, inferiores en un 98.9 % y un 78.5 % a las emisiones correspondientes a 1990 y 2016 respectivamente (Figura 4.14).

Las mayores emisiones de N_2O en todo el periodo (879.07 kt CO_2-eq) corresponden al año base 1990 debido al desarrollo alcanzado por la industria química desde décadas anteriores. A partir de este año disminuye bruscamente la producción de ácido en el país debido a condiciones económicas muy adversas asociadas a la caída del campo socialista de Europa del Este.

A partir de 1992 hasta el final de la serie, a excepción de los años 1995-1996, las emisiones no superan los 100 kt de CO_2-eq y se reporta el menor valor justamente en el año 2022 lo que evidencia la no recuperación de esta industria y la ausencia de cambios tecnológicos significativos que influyan directamente en las emisiones.

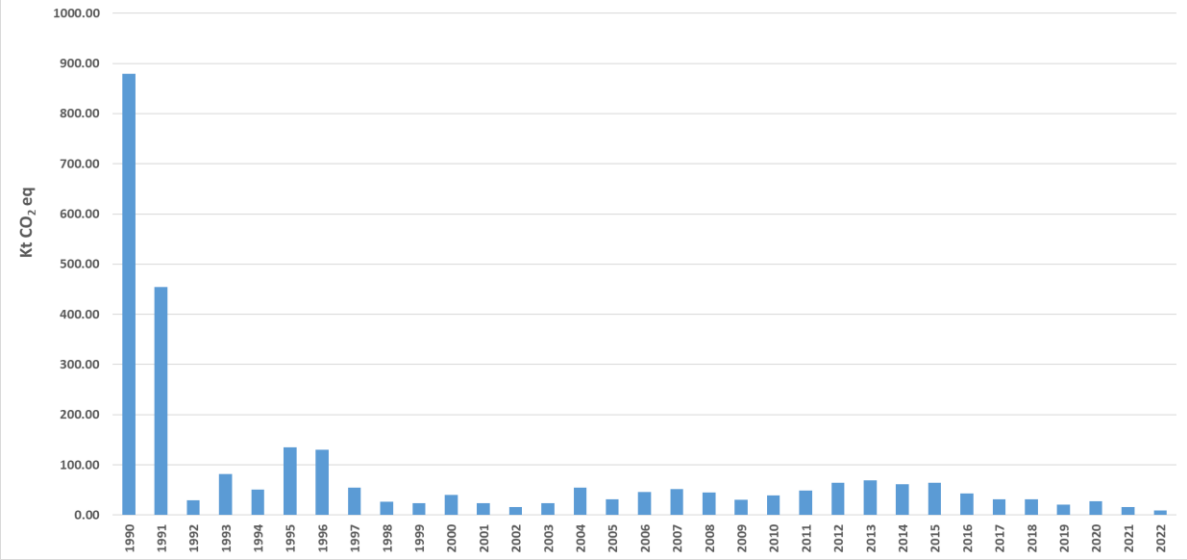


Figura 4.13 Emisiones de GEI (Kt de CO_2 eq) para la subcategoría 2.B.2 Producción de ácido nítrico. Serie 1990-2022. *Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET*

4.3.5.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de N_2O se aplicó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en la multiplicación de los datos de producción por el FE por defecto correspondiente (Ecuación 4.7).

Ecuación 4.7 Emisiones de N_2O (t) de la subcategoría 2.B.2 Producción de ácido nítrico basadas en los datos nacionales sobre producción de ácido nítrico por tipo de tecnología (Nivel 2).

$$E_{N2O} = \sum_{i,j} \left[EF_i \bullet NAP_i \bullet \left(1 - DF_j \bullet ASUF_j\right) \right]$$

Fuente: Ecuación 3.6; Capítulo 2; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- EN_2O = emisiones de N_2O (Kg)
- EFi = factor de emisión de N_2O para la tecnología de tipo *i*, (kg de N_2O/t de ácido nítrico producido)
- NAPi = producción de ácido nítrico de la tecnología de tipo *i* (t).
- DFj = factor de destrucción para la tecnología de reducción de tipo *j* (fracción).

- ASUFj = factor de utilización del sistema de reducción para la tecnología de reducción de tipo *j* (fracción).

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de actividad sobre la producción de ácido nítrico fueron proporcionados por la Empresa Química "Revolución de Octubre" de Nuevitas, provincia de Camagüey para toda la serie temporal.

Según los expertos del MINDUS consultados, en los primeros años de década de 1990 existían otras plantas de producción en el país. Ante esta situación, se utiliza como fuente de datos de actividad para los años 1990,1992 y 1994 los datos de actividad sobre la producción total anual de ácido nítrico proporcionados por la Unión Química y la ONEI los cuales están publicados en versiones anteriores del inventario de GEI (Tabla 4.20).

Tabla 4.20 Producción de ácido nítrico (t)

Año	Producción de ácido nítrico (t)
1990	663 445.8
1991	**342 722.9**
1992	22 000.0
1993	61 677.0
1994	38 000.00
1995	101 576.0
1996	98 147.0
1997	41 057.0
1998	19 998.0
1999	17 518.0
2000	30 046.0
2001	18 041.0
2002	12 331.0
2003	17 783.0
2004	41 525.0
2005	23 792.0
2006	34 567.0
2007	38 714.0
2008	33 786.0
2009	22 845.0
2010	29 369.0
2011	37 142.0
2012	48 755.0
2013	52 259.0

2014	46 457.0
2015	48 533.0
2016	32 746.0
2017	23 776.0
2018	23 473.0
2019	15 844.0
2020	20 488.0
2021	12 108.0
2022	7 026.0

Nota: valor resaltado representa un valor estimado. Fuente: Empresa Química "Revolución de Octubre" (1993, 1995-2022) y Unión Química y ONEI (1990,1992 y 1994).

Estas plantas cerraron alrededor de 1995 debido a las dificultades económicas ya descritas por lo que el resto de la serie coincide con la producción de la Empresa Química "Revolución de Octubre".

Factores de emisión

El factor de emisión de N_2O para la producción de ácido nítrico depende del tipo de proceso productivo. Fue declarado por la Empresa Química "Revolución de Octubre" que la tecnología empleada en Cuba durante el periodo considerado es de presión atmosférica (baja presión).

El factor de emisión de N_2O de este tipo de plantas de producción de ácido nítrico corresponde a 5 kg de N_2O/t de ácido nítrico producido según las *Directrices del IPCC de 2006 (*Cuadro 3.3; Sección 3.3.2.2; Capítulo 3; Volumen 3).

Los factores de emisión por defecto presentados en el Cuadro 3.3 incluyen, donde es pertinente, el impacto de la tecnología de reducción sobre las emisiones. Para usar estos factores, es necesario verificar que la tecnología de reducción esté instalada en las plantas individuales y en funciones a lo largo del año. Como no fue posible realizar esta acción se considera que no existen y se mantiene el FE de 5 kg de N_2O/t de ácido nítrico producido.

4.3.5.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.3.5.5 Incertidumbre

No se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos y el factor 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).

La incertidumbre del factor de emisión es del 10% para este tipo de tecnología y para los datos de actividad es del 2% por lo que la incertidumbre combinada es del orden de 10.2% (Tabla 4.21).

Tabla 4.21 Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.B.2 Producción de ácido nítrico

Categoría de fuente	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	2	10	10	10.2	10.2

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se usó el mismo factor de emisión a partir de la información suministrada por el MINDUS sobre el tipo de tecnología. Respecto a los datos de actividad, a pesar de contar con 2 fuentes de información los datos de actividad de los primeros años de la década de 1990 son consistentes con el comportamiento de la industria en Cuba en general y los criterios de expertos consultados.

4.3.5.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Se realizaron las actividades rutinarias para el control de la calidad como son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Adicionalmente a estas actividades se realizaron otras como:

- Comparación de las estimaciones actuales con versiones anteriores con el objetivo de identificar errores en los datos de entrada o en el procedimiento de cálculo. Las divergencias fueron justificadas.
- Confirmación de referencias bibliográficas citadas.
- Chequeos cruzados de la información entregada por las empresas versus la información pública.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MINDUS (CIIQ y Empresa Química “Revolución de Octubre”), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación.

Las recomendaciones realizadas por los revisores expertos han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.3.5.7 Recálculos

Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras

A partir de las diferencias encontradas entre la serie de producción de ácido nítrico de la Empresa Química "Revolución de Octubre respecto a los datos publicados en versiones anteriores del inventario, se decidió utilizar dos fuentes de datos de actividad que reflejaran mejor las características de la industria en los primeros años de la década de 1990.

Implicaciones para los niveles de emisión

Al cambiar el PCG de un AR2 a un AR5 disminuyen las emisiones expresadas en kt de CO_2 eq en un 14.5 % aproximadamente. Sin embargo, para los primeros años de la serie temporal, al considerar la producción de otras fábricas, aumentan las emisiones respecto a las reportadas en el primer IBA: 231.2 %, 125.2% y 93.1 % para los años 1990,1991 y 1992 respectivamente (Figura 4.15).

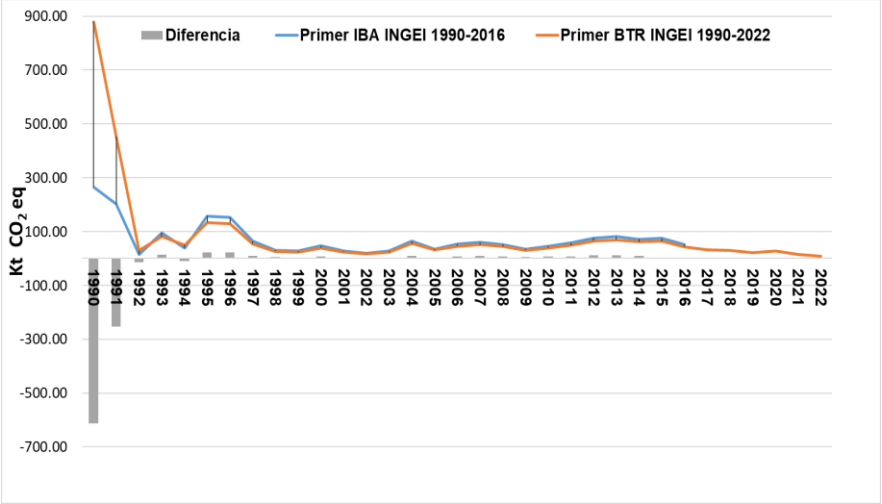


Figura 4.14 Subcategoría 2.B.2 Producción de ácido nítrico: Recálculos de las emisiones (kt CO_2-eq) del Primer BTR (serie 1990-2022) respecto al Primer IBA (serie 1990-2016). *Fuente: Equipo Técnico de INGEI, INSMET*

4.3.5.8 Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de INGEI y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI, las mejoras planificadas de la subcategoría son las siguientes:

- Completar la serie de producción anual nacional desglosada por las fábricas existentes en los primeros años de la década de 1990.
- Obtener información más específica sobre la planta de la Empresa Química "Revolución de Octubre" con el objetivo de determinar si existen métodos instalados de reducción de emisiones para mejorar el Nivel 2 así como la información necesaria para aplicar un método de Nivel 3.
- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: NO_x en esta categoría.

4.3.6. Producción de carburo (2.B.5.)

4.3.6.1 Descripción de la subcategoría

Existen emisiones de gas de efecto invernadero que están asociadas a la producción de carburo de silicio (SiC) y carburo de calcio (CaC_2). La producción de carburo puede traducirse en la emisión de GEI como CO_2 y CH_4 y otros gases como CO y SO_2.

El carburo de silicio es un abrasivo artificial importante. Se produce a partir de la arena de sílice o de cuarzo y del coque de petróleo. El carburo de calcio se utiliza en la producción de acetileno, en la fabricación de cianamida y como agente reductor en los hornos de arco eléctrico para el acero. Se fabrica a partir de dos materias primas que contienen carbono: el carbonato de calcio (piedra caliza) y el coque de petróleo.

En Cuba solamente se ha producido carburo de calcio hasta el año 2011 y a partir de este año se comienza a importar por lo que solamente se incluyen las emisiones de CO_2 de la subcategoría *2.B.5.b Producción de carburo de calcio.*

4.3.6.2 Tendencia de las emisiones de GEI

Las emisiones de CO_2 asociadas a la producción de carburo de calcio muestran un comportamiento diferente a otras subcategorías del sector ya que las mayores emisiones no se reportan en el año base 1990 y se registran durante la segunda mitad de la década de 1990 con valores superiores a las 25 kt de CO_2-eq.

Se aprecian claramente varios subperiodos muy bien diferenciados: 1990 a 2001 con valores alrededor de las 20 kt de CO_2 eq (excepto 1993 y 1994); 2002 a 2010 con valores oscilan en el intervalo entre 5 y 15 kt de CO_2-eq y 2011-2022 que, debido al cierre de la planta productora de carburo de calcio, disminuyen las emisiones por debajo de los 5 kt de CO_2-eq anuales.

En 2022, las emisiones de esta subcategoría contabilizaron 2.30 kt de CO_2-eq lo que representa el 19.81 % de la categoría *2.B Industria Química*. Este valor es inferior en un 90.5 % y un 25.7 % a las emisiones correspondientes a los años 1990 y 2016 respectivamente (Figura 4.16).

.

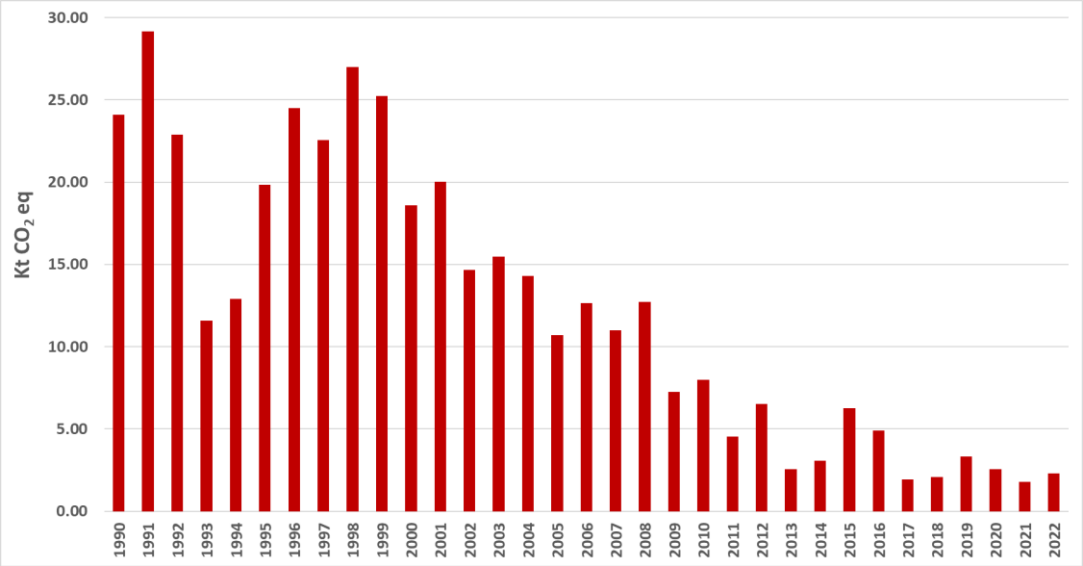


Figura 4.15 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la subcategoría 2.B.5.b Producción de carburo de calcio. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET.

4.3.6.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de CO_2 se aplicó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en la multiplicación de los datos de producción desagregados por plantas por el factor de emisión por defecto correspondiente al no tener factores de emisión específicos de país (Ecuación 4.8).

Ecuación 4.8 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría 2.B.5.b Producción de carburo de calcio basadas en los datos nacionales sobre producción (Nivel 2).

$$E_{CO2} = AD \bullet EF$$

Fuente: Ecuación 3.11; Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- ECO_2 = emisiones de CO_2, t
- AD = datos de la actividad sobre el consumo de coque de petróleo o de la producción de carburo, t de materia prima utilizada o t de carburo producido
- EF = factor de emisión de CO_2.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos de la actividad requeridos para el método de Nivel 2 incluyen los datos al nivel de plantas sobre el carburo de calcio producido y sobre la cantidad utilizada en la producción de acetileno para las aplicaciones de soldadura.

Los datos de actividad sobre la producción de carburo de calcio y consumo de carburo de calcio para los periodos 1990-2011 y 2012-2022 respectivamente, fueron

proporcionados por el Centro de Investigación sobre la Ingeniería Química. En el periodo 1990-2011 toda la demanda de consumo del producto era cubierta por una planta que dejó de producir en ese año y se comenzó a importar este producto para su empleo en la obtención de acetileno (Tabla 4.22).

Factor de emisión

Cuando se utiliza la producción de carburo como dato de la actividad, el factor de emisión debe corresponder al promedio de las emisiones de CO_2 por unidad de salida para la producción de carburo, t de CO_2/t de carburo producido. Para estimar las emisiones provenientes del carburo de calcio se necesita incluir las emisiones de CO_2 que se atribuyen indirectamente al carburo de calcio que se emplea en la producción de acetileno.

La Ecuación 3.11 puede aplicarse allí donde el dato de actividad corresponde a la cantidad de CaC_2 utilizado y el factor de emisión asociado a este uso. Al no disponerse de factores específicos de la planta se usan los factores de emisión por defecto tanto para la producción como el consumo de carburo de calcio según el Cuadro 3.8 Capítulo 3; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

- Producción (t de CO_2 /t de carburo de calcio producido): 1.09
- Consumo (t de CO_2 /t de carburo de calcio consumido): 1.1

Tabla 4.22 Producción de carburo de calcio (t)

Año	Producción de carburo de calcio (t)	Consumo de carburo de calcio (t)
1990	11,004.6	11,004.6
1991	13,308.6	13,308.6
1992	10,454.2	10,454.2
1993	5,292.8	5,292.8
1994	5,895.1	5,895.1
1995	9,057.1	9,057.1
1996	11,185.0	11,185.0
1997	10,293.0	10,293.0
1998	12,325.6	12,325.6
1999	11,526.5	11,526.5
2000	8,482.0	8,482.0
2001	9,140.1	9,140.1
2002	6,695.3	6,695.3
2003	7,057.5	7,057.5
2004	6,520.9	6,520.9
2005	4,884.8	4,884.8
2006	5,780.2	5,780.2
2007	5,028.2	5,028.2
2008	5,811.1	5,811.1
2009	3,317.0	3,317.0
2010	3,639.1	3,639.1

Año	Producción de carburo de calcio (t)	Consumo de carburo de calcio (t)
2011	2,077.4	2,077.4
2012	0	5917.7
2013	0	2337.2
2014	0	2788.4
2015	0	5701.24
2016	0	4443.6
2017	0	1768.2
2018	0	1896.9
2019	0	3014.1
2020	0	2315.1
2021	0	1629.8
2022	0	2094.4

Fuente: Grupo Empresarial de la Industria Química

4.3.6.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.3.6.5 Incertidumbre

No se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y el factor de emisión, por lo que consideraron las recomendaciones de las Directrices del IPCC del 2006 (Sección 3.6.3; Capítulo 3; Volumen 3).

En general, los factores de emisión de CO_2 por defecto son relativamente inciertos pues el proceso de producción de carburo a escala industrial difiere de la estequiometría de las reacciones químicas teóricas. Cuando no se disponga de valores de incertidumbre provenientes de otras fuentes, se puede usar un valor por defecto de ±10 por ciento.

Es una buena práctica obtener estimaciones de incertidumbre al nivel de la planta, las cuales deberían ser menores que valores de incertidumbre asociados a los valores por defecto. En el caso que los datos de la actividad hayan sido obtenidos de las plantas, las estimaciones de incertidumbre pueden obtenerse a través de los productores. Al no contar con esta información específica se puede usar un valor por defecto de ±5 por ciento (Tabla 4.23).

Tabla 4.23 Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.B.5.b Producción de carburo de calcio

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.B.5 Producción de carburo de calcio	**CO_2**	5	5	10	10	11.2	11.2

Fuente: Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se consultó la misma fuente de información para la serie temporal de los datos de actividad de producción y consumo del periodo 1990-2011 y el completamiento del periodo 2012-2022 a partir de la misma.

4.3.6.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Se realizaron las actividades rutinarias para el control de la calidad como son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MINDUS (CIIQ), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.3.6.7 Recálculos

No se realizaron recálculos porque es la primera vez que se incluye el consumo de esta sustancia para toda la serie temporal, para la estimación de esta subcategoría en el INGEI.

4.3.6.8 Plan de mejoramiento

No se consideraron mejoras para esta subcategoría por los avances realizados en su estimación respecto al INGEI serie 1990- 2016.

4.4. Industria de los metales (2.C.)

4.4.1 Descripción de la categoría

La categoría *2.C Industria de los metales* incluye las emisiones de GEI que resultan de la producción de diversos metales.

En esta categoría es necesario cuidar de no efectuar cómputos dobles ni omitir emisiones de CO_2 pues las emisiones de CO_2 que resultan de la función del carbono, tanto como reactivo en los procesos y como fuente de calor para sostener las reacciones químicas involucradas en los procesos metalúrgicos, están estrechamente relacionadas en muchos casos (IPCC,2006).

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 solamente se contabilizan solamente las emisiones de CO_2 procedentes de la subcategoría *2.C.1.a Producción de Hierro y Acero* específicamente de la producción de acero. Las emisiones del resto de las subcategorías no ocurren en el país.

4.4.2. Producción de Hierro y Acero (2.C.1.)

4.4.2.1 Descripción de la subcategoría

Durante la producción de hierro y acero ocurren emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O, aunque en las directrices del IPCC 2006 no se explica la metodología para el cálculo de este último gas. Durante la producción de sinterizado, arrabio y de hierro reducido directo también se emiten CO_2 y CH_4 mientras que en la producción de pellets se emite solamente CO_2.

El proceso principal puede desarrollarse en lo que se denomina una instalación «integrada» que incluye típicamente los altos hornos y los hornos básicos de oxígeno para la fabricación de acero (BOF, del inglés, *Basic Oxygen Furnace*), o bien, en algunos casos, los hornos de reverbero (OHF, del inglés, *Open Hearth Furnace*).

La producción del acero puede realizarse en plantas integradas a partir del mineral de hierro, o bien en instalaciones secundarias que producen acero principalmente a partir de chatarra de acero reciclada en hornos de arco eléctrico (EAF, del inglés, *Electric Arc Furnace*). Estos hornos son los que se utilizan actualmente en el país en las dos acerías: Antillana de Acero y ACINOX en las provincias de La Habana y Las Tunas, respectivamente. El CH_4 puede ser emitido también en el proceso de fabricación del acero, pero se supone que estas emisiones son insignificantes (IPCC, 2006).

4.4.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de CO_2 de esta subcategoría contabilizaron 1.14 kt CO_2-eq lo cual representa la totalidad de las emisiones de GEI de la categoría *2.C Industria de los Metales.* Este valor es inferior en un 99.7 % y un 93.1 % a las emisiones de 1990 y 2016, respectivamente (Tabla 4.22).

Al igual que otras subcategorías del sector las mayores emisiones corresponden al año base 1990 por las razones económicas ya mencionadas. Es importante resaltar que la disminución tan marcada a partir de 1993, se debe al cambio del horno de solera por un horno de arco eléctrico en la acería "Antillana de Acero" (Figura 4.18 y Tabla 4.24).

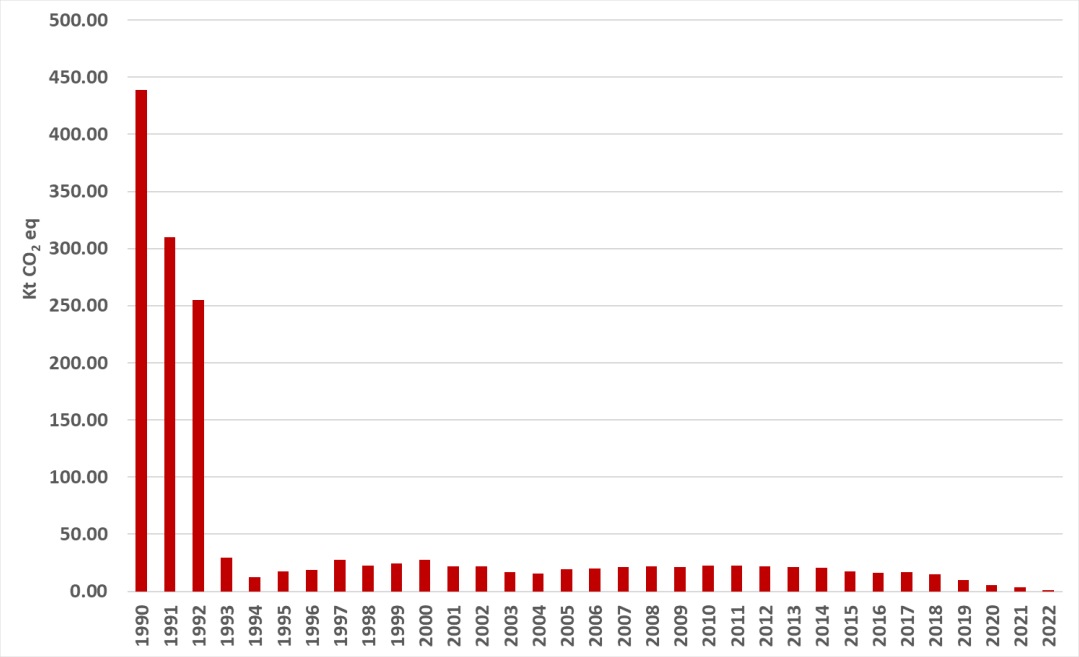


Figura 4.16 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la subcategoría 2.C.1.a Producción de hierro y acero. Producción de acero. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 4.24 Emisiones de GEI (kt de CO_2) para la categoría 2.C. Industria de los metales, subcategoría 2.C.1.a Producción de hierro y acero, producción de acero. Serie 1990-2022

Año	2.C.1.a Producción de hierro y acero. Producción de acero
1990	438.58
1991	309.82
1992	254.65
1993	29.68
1994	12.68
1995	17.54
1996	18.77
1997	27.55
1998	22.74
1999	24.23

Año	2.C.1.a Producción de hierro y acero. Producción de acero
2000	27.28
2001	21.81
2002	21.71
2003	16.63
2004	15.23
2005	19.42
2006	20.23
2007	21.00
2008	21.91
2009	21.27
2010	22.21
2011	22.57
2012	22.16
2013	21.38
2014	20.61
2015	17.74
2016	16.40
2017	16.81
2018	15.10
2019	9.90
2020	5.32
2021	3.37
2022	1.14

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.4.2.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de CO_2 se aplicó el método Nivel 1 de las *Directrices del IPCC de 2006,* basado en la multiplicación de los datos de producción desagregados por plantas por el factor de emisión por defecto correspondiente según el tipo de horno utilizado (Ecuación 4.9).

Ecuación 4.9 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría 2.C.1.a Producción de hierro y acero. Producción de acero basadas en los datos nacionales desagregados por acerías y tipos de hornos utilizados (Nivel 1).

$$\text{Hierro y acero: } E_{CO2,\,no-energía} = BOF \bullet EF_{BOF} + EAF \bullet EF_{EAF} + OHF \bullet EF_{OHF}$$

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 (t).
- BOF: producción de acero en hornos BOF (t).
- EF_{BOF}: factor de emisión de CO_2 (t de CO_2/t de acero BOF).
- EAF: producción de acero en hornos EAF (t).

- EF_{EAF}: factor de emisión de CO_2 (t de CO_2/t de acero EAF).
- OHF: producción de acero en hornos OHF (t).
- EF_{EAF}: factor de emisión de CO_2 (t de CO_2/t de acero BOF).

No ocurren en el país los procesos productivos para obtener sinterizado, pellets, hierro reducido directo y arrabio por lo que las emisiones de estas fuentes se declaran como NO OCURREN.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La producción anual de acero fue obtenida de los Anuarios Estadísticos de la ONEI (Tabla 4.23). Esta información nacional fue dividida por tipo de horno utilizado en el proceso a partir de información provista por GESIME.

En Cuba se han utilizado los hornos de arco eléctrico en la fabricación del acero desde el inicio del periodo considerado a excepción de Antillana de Acero para el período 1990-1993, periodo en el cual fue utilizado un horno de solera (tipo Martin), desmantelado en 1993.

Es importante destacar que durante los años 1992 y 1993 estuvieron funcionando ambos tipos de hornos por lo que se requiere diferenciar la cantidad de acero producido por cada horno (Tabla 4.25).

Tabla 4.25 Producción de acero en toneladas por acerías y tipos de hornos (t)

Año	Producción de acero horno arco eléctrico (EAF) (t)	Producción de acero Horno de solera (OHF) (t)
1990	0	254 990
1991	0	180 130
1992	13 518	147 426
1993	88 186	13 157
1994	158 525	0
1995	219 256	0
1996	234 657	0
1997	344 427	0
1998	284 225	0
1999	302 842	0
2000	341 035	0
2001	272 620	0
2002	271 393	0
2003	207 906	0
2004	190 432	0
2005	242 767	0
2006	252 843	0
2007	262 447	0
2008	273 838	0
2009	265 818	0

Año	Producción de acero horno arco eléctrico (EAF) (t)	Producción de acero Horno de solera (OHF) (t)
2010	277 587	0
2011	282 080	0
2012	276 951	0
2013	267 200	0
2014	257 614	0
2015	221 776	0
2016	204 996	0
2017	210 100	0
2018	188 700	0
2019	123 700	0
2020	66 500	0
2021	42 100	0
2022	14 200	0

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI, INSMET a partir de información de la ONEI y GESIME

Factor de emisión

El factor de emisión por defecto de CO_2 depende del tipo de producción, es decir, del tipo de horno utilizado según las Directrices de 2006 (Cuadro 4.1; Capítulo 4; Volumen 3).

Por tanto, los factores de emisión utilizados son:

- Horno arco eléctrico (EAF): 0.08 t CO_2/t de acero producido
- Horno de solera (OHF): 1.72 t CO_2/t de acero producido.

4.4.2.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.4.2.5 Incertidumbre

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 4.4; Sección 4.2.3.; Capítulo 4; Volumen 3). Para el dato de actividad la incertidumbre es del 10% mientras que para el factor de emisión es de 25% lo que genera una incertidumbre combinada de 26.2% (Tabla 4.26).

La mayor fuente de incertidumbre corresponde a la relacionada con el factor de emisión por defecto y, por lo tanto, a la ausencia de factores país específico.

Tabla 4.26 Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.C.1.a Producción de hierro y acero, producción de acero

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.C.1.a Producción de hierro y acero, producción de acero	**CO_2**	10	10	25	25	26.2	26.2

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se consultaron las mismas fuentes de información para la serie temporal de los datos de actividad de producción de acero y datos paramétricos de los tipos de hornos utilizados en el proceso productivo.

4.4.2.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Se realizaron las actividades rutinarias para el control de la calidad como son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Se realizaron otras actividades de control de la calidad específicas como:

- Revisión de las incoherencias en los datos específicos de las plantas. Con el objetivo de determinar la introducción de errores por el empleo de diferentes técnicas de medición, o si las variaciones en los datos fueron por diferencias en las condiciones operativas y/o tecnológicas.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos del MINDUS (GESIME), así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.4.2.7 Recálculos

No se realizaron recálculos en esta subcategoría.

4.4.2.8 Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de INGEI y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI, la mejora planificada de la subcategoría es:

- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: NO_x, COVDM, CO y SO_x en esta categoría.

4.5. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes (2.D.)

4.5.1 Descripción de la categoría

La categoría *2.D 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 asociadas al uso de lubricantes. No se cuenta con información sobre el consumo de cera de parafina por lo que se declara como NO ESTIMADA. No se incluyen las emisiones de GEI indirectos debido al uso de solventes.

4.5.2. Uso de lubricantes (2.D.1.)

4.5.2.1 Descripción de la subcategoría

El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte. Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. Se pueden subdividir en: (a) aceites para motores y aceites industriales y (b) grasas. Estos difieren según sus características físicas (p. ej., la viscosidad), de sus aplicaciones comerciales y de su destino ambiental.

4.5.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de CO_2 de esta subcategoría contabilizaron 19.80 kt CO_2-eq lo cual representa la totalidad de las emisiones de GEI de la categoría *2.D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes.* Este valor es inferior en un

69.37 % y un 32.23 % a las emisiones de 1990 y 2016, respectivamente (Figura 4.19 y Tabla 4.27).

Al igual que otras subcategorías del sector las mayores emisiones corresponden al año base 1990 por las razones económicas ya mencionadas. En el resto del periodo se aprecian subperíodos bien diferenciados: 1991 – 2001 con emisiones anuales superiores a los 30 kt de CO_2-eq (a excepción de los años 1993 -1995) debido a una disminución de la producción nacional y las importaciones mientras que, en los años 1991, 1997 y 1998 sobrepasan el umbral de las 40 kt de CO_2-eq y el intervalo 2002 – 2022 en los cuales no se sobrepasa las 30 kt de CO_2-eq anuales.

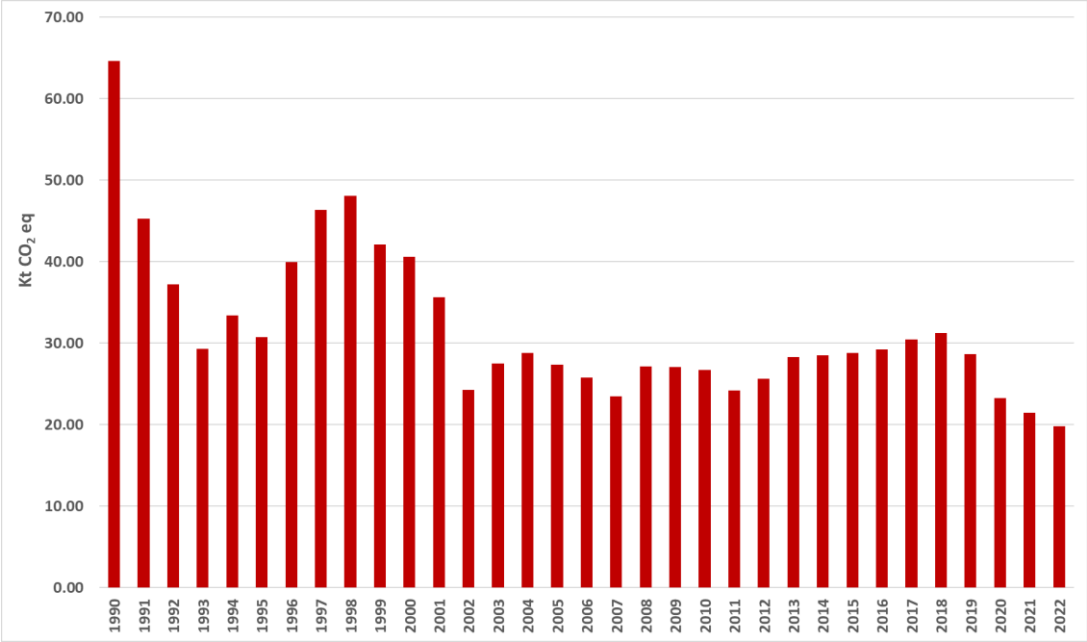


Figura 4.17 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la subcategoría 2.D.1. Consumo de lubricantes. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 4.27 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la categoría 2.D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes subcategoría 2.D.1. Consumo de lubricantes. Serie 1990-2022

Año	2.D.1 Consumo de lubricantes
1990	64.65
1991	45.31
1992	37.23
1993	29.33
1994	33.43
1995	30.73
1996	39.96
1997	46.34
1998	48.10
1999	42.11
2000	40.58
2001	35.62
2002	24.30

Año	2.D.1 Consumo de lubricantes
2003	27.48
2004	28.80
2005	27.36
2006	25.78
2007	23.48
2008	27.18
2009	27.05
2010	26.75
2011	24.21
2012	25.64
2013	28.30
2014	28.49
2015	28.82
2016	29.22
2017	30.47
2018	31.22
2019	28.64
2020	23.28
2021	21.44
2022	19.80

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.5.2.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de CO_2 se aplicó el método Nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006,* a partir de datos desagregados de consumo de lubricantes y grasas y los datos paramétricos de lubricantes y grasas: contenido de carbono y el factor que representa la fracción de carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso (ODU, *del inglés, Oxidised During Use*) expresado en TeraJoule (TJ) (Ecuación 4.10).

Ecuación 4.10 Emisiones de CO_2 (t) de la subcategoría 2.D.1. Uso de lubricantes basadas en los datos nacionales sobre el consumo total de lubricantes y grasas desagregados, (Nivel 2).

$$CO_2\ Emisiones = \sum_i \left(LC_i \bullet CC_i \bullet ODU_i\right) \bullet 44/12$$

Fuente: Ecuación 5.3; Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- CO_2 Emisiones = emisiones de CO_2 generadas por los lubricantes, toneladas de CO_2
- LCi = consumo de lubricante de tipo i, TJ
- CCi = contenido de carbono del lubricante i, tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ)
- ODUi = factor ODU del lubricante i, fracción
- 44/12 = cociente de masa del CO_2/C

El lubricante i se refiere a los aceites para motores y/o aceites industriales y a las grasas de manera separada, excluida la cantidad utilizada en los motores de 2 tiempos, cantidad que no fue posible determinar en la estimación de las emisiones.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

El consumo anual de lubricantes y grasas agregado fue obtenido de los Anuarios Estadísticos de la ONEI (Tabla 4.28). A partir de los datos desagregados de producción para todo el periodo se determinó el consumo desagregado de lubricantes y grasas. Para convertir los datos de consumo de los lubricantes y grasas en toneladas se multiplica por el valor calórico neto (VCN) de 40.2 TJ/Gg.

Tabla 4.28 : Consumo de lubricantes y grasas (t)

Año	Consumo no energético de lubricantes (Mt)	Consumo no energético de grasas (Mt)
1990	108.57	4.33
1991	75.99	3.41
1992	61.525	1.93
1993	49.43	1.27
1994	56.53	0.67
1995	51.86	1.04
1996	67.40	1.50
1997	77.86	2.94
1998	80.94	2.56
1999	70.84	2.36
2000	68.27	2.23
2001	59.34	4.26
2002	40.82	1.58
2003	46.09	2.11
2004	48.47	1.53
2005	46.08	1.32
2006	43.31	1.69
2007	39.59	0.97
2008	45.68	1.66
2009	45.38	2.02
2010	45.02	1.38
2011	40.71	1.39
2012	43.09	1.61
2013	47.63	1.47
2014	48.00	1.30
2015	48.59	1.15
2016	49.25	1.22
2017	51.44	0.93
2018	52.58	1.48
2019	48.18	1.56
2020	39.23	1.00
2021	36.07	1.21
2022	**33.33**	**1.01**

Nota: Mt: Miles de toneladas. Los valores resaltados representan valores estimados. Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI, INSMET a partir de información de la ONEI

Factor de emisión

Al tener datos desagregados por lubricantes y grasas, en el método de Nivel 2 se emplea el valor del factor ODU por separado de 0,2 y 0.05 respectivamente (Cuadro 5.2 Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006) presentado en la Tabla 4.29. Este factor ODU puede aplicarse entonces al factor de contenido de carbono general, que puede ser específico del país o el valor por defecto para los lubricantes (20 t C/TJ), para determinar los niveles de emisión nacionales desde esta fuente.

Tabla 4.29 Datos paramétricos utilizados para la subcategoría 2.D.1 Uso de lubricantes. Serie 1990-2022

Lubricante / tipo de uso	Valor calórico neto (TJ/Gg)	Factor ODU	Contenido de Carbono (CC) (t de C/TJ)
Aceite lubricante (aceite para motores /aceites industriales)	40.2	0.2	20
Grasas	40.2	0.05	20

Fuente: Cuadro 5.2 Capítulo 5; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

4.5.2.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.5.2.5 Incertidumbre

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 5.2.3.; Capítulo 4; Volumen 3).

Una gran parte de la incertidumbre en las estimaciones de emisiones está relacionada con la dificultad para determinar la cantidad de productos no energéticos utilizados en los países individuales; basándose en el dictamen de expertos sobre la exactitud de las estadísticas energéticas, para estas incertidumbres se puede emplear un valor por defecto del 5 por ciento en los países con estadísticas de energía bien desarrolladas, y de 10 a 20 por ciento en los demás países.

Los factores ODU por defecto desarrollados son muy inciertos, pues están basados en un conocimiento limitado de los índices de oxidación típicas de los lubricantes. El dictamen de los expertos sugiere que se utilice una incertidumbre por defecto de 50 por ciento por lo que la incertidumbre combinada es alta (Tabla 4.30).

Tabla 4.30 Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2. D.1.Consumo de lubricantes

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
2.D.1 Consumo de lubricantes	**CO_2**	5	5	50	50	50.2	50.2

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI, INSMET

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se consultaron las mismas fuentes de información para la serie temporal de producción, importación y consumo de grasas y lubricantes en usos no energéticos.

4.5.2.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Se realizaron las actividades rutinarias para el control de la calidad como son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.

Se realizaron otras actividades de control de la calidad específicas como:

- Revisar la coherencia del consumo anual total respecto de los datos de producción, importación y exportación.

Al comparar los resultados obtenidos mediante el uso del software del IPCC con las hojas de cálculo desarrolladas por el ETGEI, se detectaron pequeñas diferencias asociadas a aproximaciones de redondeo, las cuales fueron arregladas.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos de la ONEI, así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.5.2.7 Recálculos

No se realizaron recálculos porque es la primera vez que se incluye esta subcategoría en el INGEI.

4.5.2.8 Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de INGEI y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI, las mejoras planificadas de la subcategoría son las siguientes:

- Determinar la fracción exacta de consumo anual de grasas y lubricantes en la serie temporal de consumo de grasas y lubricantes para el período 1990-2022.
- Obtener estadísticas mediante el criterio de expertos del uso de lubricantes y grasas en los motores de dos tiempos para disminuir las incertidumbres en el cálculo de las emisiones.
- Recopilar información sobre el consumo de cera de parafina.
- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: NO_x, COVDM, CO y SO_x en esta categoría.

4.6. Manufactura y utilización de otros productos (2.G.)

4.6.1 Descripción de la categoría

La categoría *2.G 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 (No ocurre)*
- *2.G.2. SF_6 y PFC de otros usos de productos (No ocurre)*
- *2.G.3. N_2O de usos de productos.*

En el contexto nacional solo se registra la actividad relacionada con el uso de N_2O en diferentes aplicaciones médicas.

4.6.2. N_2O del uso de productos (2.G.3.)

4.6.2.1 Descripción de la subcategoría

Las emisiones por evaporación de óxido nitroso (N_2O) pueden producirse a partir de varios tipos de uso de los productos, incluidos:

• Las aplicaciones médicas (uso de anestésicos, analgésicos y usos veterinarios);

• Los usos como propulsor en los productos de aerosol, principalmente en la industria alimenticia

• Los agentes oxidantes y decapantes utilizados en la fabricación de semiconductores;

• Los agentes oxidantes en los sopletes empleados en joyería y otros usos.

En el contexto nacional solamente se produce N_2O con el fin de ser utilizado en aplicaciones médicas.

4.6.2.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de N_2O de esta subcategoría contabilizaron 8.56 kt CO_2-eq lo cual representa la totalidad de las emisiones de GEI de la categoría *2.G Manufactura y utilización de otros productos.* Este valor es inferior en un 77.86 % a las emisiones de 2016, (Figura 4.20).

A diferencia de otras subcategorías del sector las mayores emisiones corresponden al periodo 2006 – 2010, a comienzos de estar instalada la fábrica de N_2O en el país, contabilizándose en el año 2006 el valor máximo de la serie temporal. A partir de 2011 disminuyen las emisiones por debajo del umbral de las 50 kt de CO_2-eq oscilando alrededor de las 40 kt de CO_2-eq hasta 2017.

En el periodo 2018 – 2020 disminuyen las emisiones nuevamente estabilizándose alrededor de 25 kt de CO_2-eq anuales volviendo a decrecer a los valores mínimos de todo el periodo por debajo alrededor de las 10 kt de CO_2-eq para el último año incluido (Tabla 4.31).

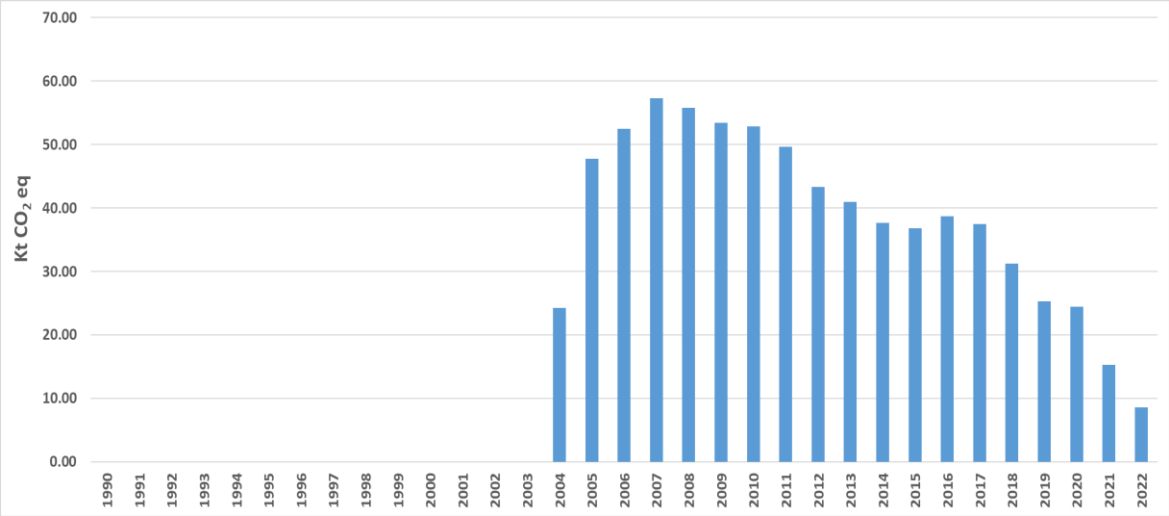


Figura 4.18 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la subcategoría 2.G.3 N_2O del uso de productos. Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 4.31 Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) para la categoría 2.G Manufactura y utilización de otros productos subcategoría 2.G.3 N_2O del uso de productos. Serie 1990-2022

Año	2.G.3 N_2O del uso de productos
1990	NO
1991	NO
1992	NO
1993	NO
1994	NO
1995	NO

Año	2.G.3 N_2O del uso de productos
1996	NO
1997	NO
1998	NO
1999	NO
2000	NO
2001	NO
2002	NO
2003	NO
2004	24.27
2005	47.75
2006	52.43
2007	57.27
2008	55.81
2009	53.42
2010	52.88
2011	49.65
2012	43.27
2013	40.93
2014	37.66
2015	36.82
2016	38.68
2017	37.45
2018	31.21
2019	25.27
2020	24.44
2021	15.29
2022	8.56

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

4.6.2.3 Aspectos metodológicos

Para la estimación de las emisiones de N_2O se aplicó el método único (Nivel 1) disponible en las *Directrices del IPCC de 2006,* a partir de datos sobre las cantidades de N_2O suministrado que se obtienen de los fabricantes y distribuidores de productos de N_2O (Ecuación 4.11).

Ecuación 4.11 Emisiones de N_2O (t) de la subcategoría N_2O de usos de productos basada en los datos nacionales sobre el consumo de N_2O (Nivel 1).

$$E_{N2O}(t) = \sum_i \left\{ \left[0.5 \bullet A_i(t) + 0.5 \bullet A_i(t-1) \right] \bullet EF_i \right\}$$

Fuente: Ecuación 8.24; Capítulo 8; Volumen 3; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

- E N_2O (t) = emisiones de N_2O en el año t, toneladas
- Ai (t) = cantidad total de N_2O suministrada en el año t en la aplicación de tipo i, toneladas
- Ai (t-1) = cantidad total de N_2O suministrada en el año t-1 en la aplicación de tipo i, toneladas
- EFi = factor de emisión para la aplicación de tipo i, fracción

La Ecuación 8.24 cubre más de un año pues se supone que tanto el suministro como el uso son continuos a lo largo del año; esto es, el N_2O suministrado a mitad del año t-1 no se usa ni se emite en su totalidad hasta mediados del año t.

A pesar de que existe un tiempo de retardo entre la fabricación, la entrega y el uso, es probable que sea pequeño en el caso de las aplicaciones médicas, pues los hospitales reciben normalmente entregas frecuentes para evitar el mantenimiento de grandes almacenes.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La producción anual de N_2O fue obtenida de la Dirección de Sostenimiento y Desarrollo del Grupo Empresarial de la Industria Química (GEIQ) perteneciente al MINDUS. Al no obtenerse información sobre el consumo real del N_2O a partir de las importaciones y exportaciones se asume que todo el N_2O producido se consume (Tabla 4.32).

Tabla 4.32 Producción de N_2O (t)

Año	Producción de N_2O (t)
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	0.0
2002	0.0
2003	0.0
2004	183.18
2005	177.17
2006	218.54
2007	213.71
2008	207.49
2009	195.69

Año	Producción de N_2O (t)
2010	203.39
2011	171.32
2012	155.23
2013	153.64
2014	130.61
2015	147.26
2016	144.63
2017	137.98
2018	97.54
2019	93.16
2020	91.32
2021	24.08
2022	40.53

Fuente: GEIQ, MINDUS

Factor de emisión

Aplicaciones médicas

Se supone que el N_2O administrado no se modifica químicamente en el cuerpo y que la totalidad es devuelta a la atmósfera. Es razonable suponer un factor de emisión de 1,0 t N_2O/ t de N_2O consumido.

4.6.2.4 Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No se aplica ninguna flexibilidad en esta subcategoría

4.6.2.5 Incertidumbre

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 8; Volumen 3).

Las incertidumbres en la cantidad de N_2O suministrado por tipo de distribuidores de productos de N_2O pueden variar mucho en cada país. Se determinó la incertidumbre del dato de actividad por criterios de expertos y al estar vinculada a la producción de una sola fábrica es muy baja del orden de 2 %.

En la bibliografía se supone ampliamente que el N_2O inhalado por los pacientes durante la anestesia no es metabolizado por lo que razonable suponer que todo el N_2O administrado finalmente se devuelve a la atmósfera y que el factor de emisión es 1,0 t N_2O/ t de N_2O consumido (Tabla 4.33).

Tabla 4.33. Resumen de la incertidumbre combinada para el año 2022 de la subcategoría 2.G.3 N_2O del uso de productos

Categoría de fuente	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %

2.G.3 N_2O de usos de productos	**N_2O**	2	2	0	0	2	2

Consistencia de la serie temporal

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se consultaron las mismas fuentes de información para la serie temporal de producción de N_2O.

4.6.2.6 Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Se realizaron las actividades rutinarias para el control de la calidad como son:

- Desarrollo de planillas de información base en la cual se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, fuentes y supuestos utilizados. Esto permite mantener la información ordenada y documentada para futuras actualizaciones.
- Verificación cruzada de los datos presentes en las planillas de información base, y el informe para garantizar que, en los archivos, la información es consistente.
- Revisión y corrección de las unidades y factores de emisión en las planillas de cálculo.
- Comparación de las emisiones con las de otros países.

Garantía de la calidad

Previo a la actualización del sector IPPU, el ETGEI ha desarrollado un análisis de la inclusión de las recomendaciones levantadas durante la revisión externa de la subcategoría principalmente de expertos de la GEIQ y del MINDUS, así como del proceso de revisión del capítulo de IPPU y del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación. Las recomendaciones realizadas por los revisores han sido listadas y documentadas reflejando el estado de la implementación de dichas recomendaciones (Anexo 4).

Verificación

No se realizaron actividades de verificación para esta subcategoría.

4.6.2.7 Recálculos

No se realizaron recálculos porque es la primera vez que se incluye esta subcategoría en el INGEI.

4.6.2.8 Plan de mejoramiento

En respuesta al análisis propio del Equipo Técnico de INGEI y a las recomendaciones de la revisión experta del INGEI, la mejora planificada de la subcategoría es:

- Obtener el consumo real para toda la serie temporal 1990 – 2022 a partir de los datos sobre importación, exportación y producción.

CAPÍTULO 5: SECTOR AGRICULTURA (CRT 3)

5.1. Panorama del sector.

5.1.1. Descripción general del sector.

En el Inventario de GEI del sector Agricultura se incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las actividades agrícolas y pecuarias en tierras gestionadas, donde ha habido intervención humana y se han aplicado prácticas agroproductivas, ecológicas o sociales.

A continuación, se muestran las categorías y subcategorías del sector Agricultura, de acuerdo a las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, según siglas en inglés) de 2006 (IPCC, 2006) para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Categorías y subcategorías del Sector Agricultura (CRF 3).

ID Categoría	Categoría	ID Subcategoría	Subcategoría	GEI
3.A	Fermentación entérica	3.A.1	Ganado vacuno	CH_4
		3.A.2	Ovinos	CH_4
		3.A.3	Porcinos	CH_4
		3.A.4	Otras especies	CH_4
3.B	Gestión del estiércol	3.B.1	Ganado vacuno	CH_4, N_2O
		3.B.2	Ovinos	CH_4, N_2O
		3.B.3	Porcinos	CH_4, N_2O
		3.B.4	Otras especies	CH_4, N_2O
		3.B.5	Emisiones indirectas de N_2O por gestión del estiércol	N_2O
3.C	Cultivo del arroz	3.C.1	Irrigadas	CH_4
		3.C.2	Alimentadas a lluvia	CH_4
		3.C.3	Aguas profundas	CH_4
		3.C.4	Otros	CH_4
3.D	Suelos agrícolas	3.D.1	Emisiones directas de N_2O en suelos gestionados	N_2O

		3.D.2	Emisiones indirectas de N_2O en suelos gestionados	N_2O
3.E	Quemas prescritas de sabanas			CH_4, N_2O
3.F	Quemas de residuos agrícolas	3.F.1.	Cereales	CH_4, N_2O
		3.F.2.	Legumbres	CH_4, N_2O
		3.F.3.	Tubérculos y raíces	CH_4, N_2O
		3.F.4.	Caña de azúcar	CH_4, N_2O
		3.F.3.	Otros	CH_4, N_2O
3.G	Encalado	3.G.1	Caliza	CO_2
		3.G.2	Dolomita	CO_2
3.H	Aplicación de urea			CO_2
3.I	Otros fertilizantes que contienen carbono			CO_2

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Las emisiones fueron estimadas con la utilización de las Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Directrices del IPCC de 2006 en lo sucesivo), considerando las Modalidades, procedimientos y directrices (MPG) para la implementación del Marco de Transparencia Reforzado (MTR) del Acuerdo de París, que se establecieron en la Decisión 18/CMA.1, adoptada en la Conferencia de las Partes de Katowice en el 2018 (COP 24). También se emplearon los formatos tabulares para el Reporte Único que estableció la Decisión 5/CMA., adoptada en la COP 26 de Glasgow en el 2021.

5.1.2. Emisiones generales del sector.

En 2022, las emisiones de GEI del sector Agricultura contabilizaron 10,540.66 kt CO_2 eq, disminuyendo en 36.46 % desde 1990 y 17.96 % desde el 2016 (Tabla 5.2 y Figura 5.1). En todas las categorías de este sector se produce una reducción en sus emisiones desde los inicios de la serie temporal y resulta marcado en los primeros cuatro años (1991-1994), cuando inicia en Cuba un largo período de crisis económica, que causa la reducción súbita de la producción agrícola y pecuaria, que eran altamente dependientes de insumos importados como los alimentos para el ganado, combustibles, fertilizantes, pesticidas, entre otros.

En este Período Especial, el PIB cae un 36 %, debido al colapso de la Unión Soviética en 1991 y el recrudecimiento del embargo estadounidense desde 1992. También se destacan los últimos dos años, a partir de la ocurrencia de la pandemia Covid-19, que impactó significativamente en todas las actividades económicas en el país, entre ellas la agricultura.

Tabla 5.2. Sector Agricultura: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por categoría, serie 1990-2022.

Año	3.A. Fermentación entérica	3.B. Gestión del estiércol	3.C. Cultivos del arroz	3.D. Suelos agrícolas	3.G. Encalado	3.H. Aplicación de urea	Totales
1990	8,838.89	1,800.58	299.09	5,468.19	46.86	135.04	16,588.65
1991	8,830.42	1,762.78	299.28	4,855.55	20.20	63.21	15,831.45
1992	8,638.34	1,683.81	281.57	3,871.27	9.46	34.29	14,518.74
1993	8,495.83	1,611.67	183.30	3,288.54	4.22	20.19	13,603.76

1994	8,580.58	1,618.74	147.33	3,121.30	2.90	16.63	13,487.49
1995	8,623.34	1,617.16	140.31	3,036.08	2.55	15.68	13,435.13
1996	8,602.30	1,602.34	261.93	3,327.12	8.45	32.52	13,834.67
1997	8,755.92	1,653.91	251.40	3,204.60	8.89	35.90	13,910.61
1998	8,754.03	1,640.80	189.83	3,258.22	8.98	108.80	13,960.65
1999	8,432.91	1,624.79	198.54	3,228.25	5.68	97.25	13,587.42
2000	8,690.36	1,708.83	173.50	3,334.45	9.11	80.87	13,997.13
2001	8,529.70	1,676.27	131.50	3,127.12	6.60	78.53	13,549.71
2002	8,429.97	1,679.84	236.30	3,202.52	4.47	84.52	13,637.62
2003	8,618.12	1,732.58	250.04	2,730.37	1.98	15.89	13,348.97
2004	8,391.85	1,694.60	194.01	2,830.27	1.35	33.77	13,145.85
2005	8,002.88	1,626.51	204.32	2,330.32	0.92	24.92	12,189.87
2006	8,128.36	1,688.11	248.24	2,366.71	0.09	29.74	12,461.25
2007	8,235.22	1,704.64	272.99	2,447.91	1.44	36.31	12,698.51
2008	8,290.12	1,712.74	281.29	2,567.56	5.10	44.98	12,901.79
2009	8,397.92	1,732.89	328.47	2,456.99	3.59	17.73	12,937.59
2010	7,955.65	1,649.89	338.80	2,712.91	5.06	34.19	12,696.50
2011	8,047.21	1,657.18	255.77	2,538.26	4.55	78.51	12,581.48
2012	8,131.95	1,666.92	270.74	2,599.73	5.38	62.77	12,737.48
2013	8,142.93	1,678.89	318.49	2,618.93	5.63	48.74	12,813.60
2014	8,279.97	1,720.17	327.38	2,916.50	5.28	113.53	13,362.83
2015	8,105.29	1,708.42	178.67	2,692.47	4.16	41.23	12,730.23
2016	8,149.72	1,740.09	222.38	2,687.42	4.30	45.02	12,848.93
2017	7,844.67	1,702.04	229.29	2,532.20	5.28	68.37	12,381.85
2018	7,746.89	1,694.16	267.78	2,515.51	4.58	35.32	12,264.24
2019	7,578.02	1,650.51	213.46	2,369.32	4.72	19.24	11,835.28
2020	7,455.34	1,585.55	201.08	2,203.53	3.85	17.15	11,466.50
2021	7,249.40	1,553.68	179.57	2,106.63	3.30	35.91	11,128.49
2022	6,969.93	1,515.34	80.59	1,961.20	3.08	10.52	10,540.66

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

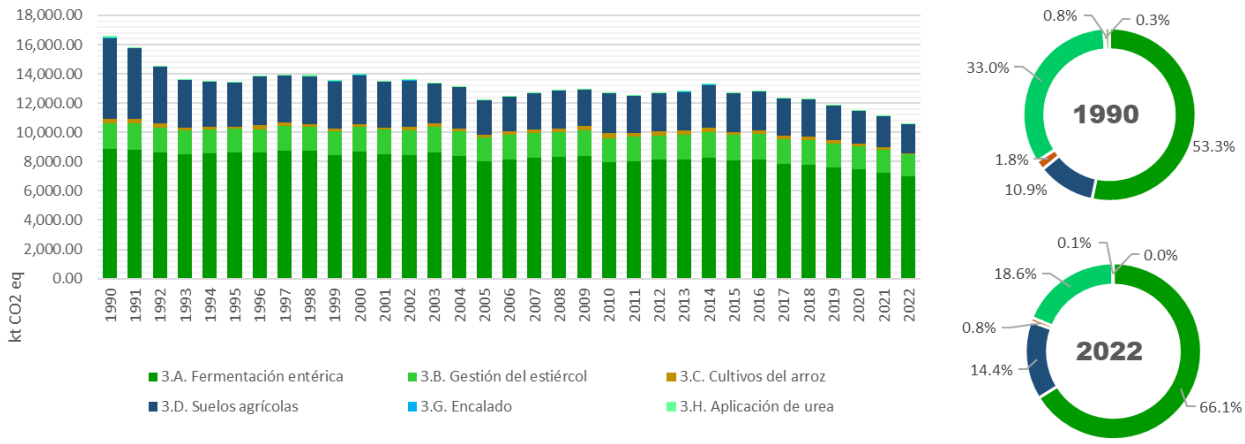


Figura 5.1. Sector Agricultura: emisiones de GEI (kt CO2 eq) por categoría, serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En el 2022, la categoría 3.A. *Fermentación entérica* acumula las mayores emisiones, alcanzando un total de 6.969,93 kt CO_2 eq, para un 66.12 %. Su proporción la convierte en una categoría significativa para este sector, al superar el 25 % de las emisiones. La 3.D. *Suelos agrícolas* y la 3.B. *Gestión del estiércol* le continúan con el 18.61 % y 14.38 %, respectivamente. En menores porcentajes se encuentran las otras categorías, las cuales alcanzan en conjunto solo el 0.89 %. Lo anterior demuestra la importancia de las emisiones de CH_4 que provienen de la ganadería en el balance de GEI del país.

Las distintas categorías mantienen un comportamiento similar a lo largo de toda la serie, con las mayores emisiones de GEI en 1990 y, coincidentemente, las menores en el 2022. Con antelación se explicó que ambos periodos se caracterizaron por situaciones coyunturales en el país, que impactaron negativamente en la producción agropecuaria. Uno de los sectores más afectados fue la ganadería, que es altamente dependiente de recursos importados y, ante la escasez de éstos, tuvo una importante reducción en el tamaño de los rebaños vacuno y porcino.

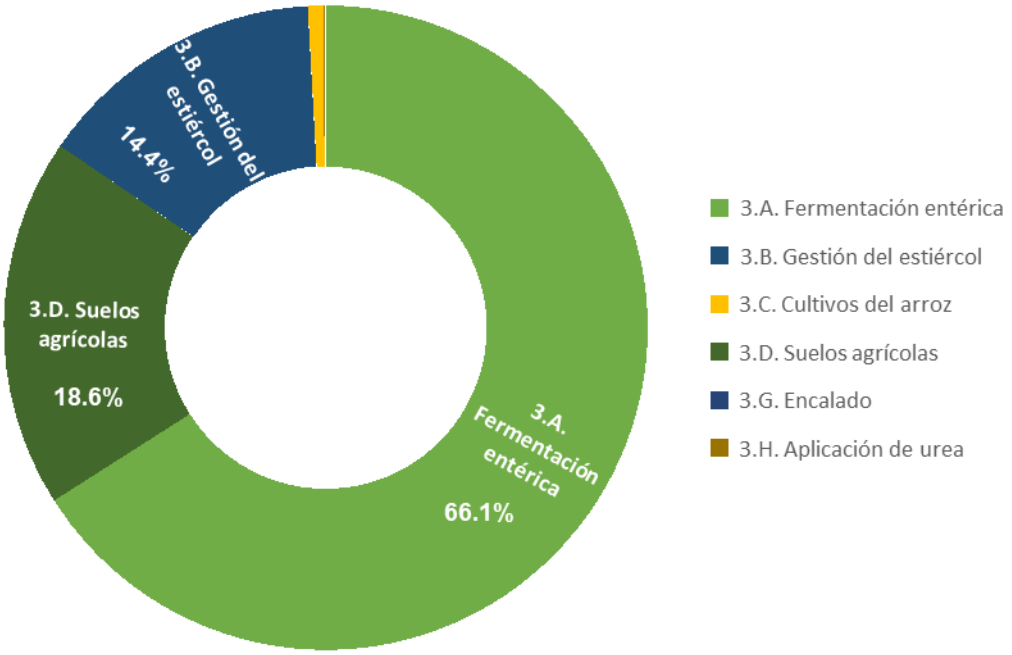


Figura 5.2. Sector Agricultura: emisiones de GEI (kt CO2 eq) por categoría, serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Con relación a los tipos de GEI que se emiten desde el sector Agricultura (Figura 5.3), la mayor proporción lo tiene el CH_4 con un 91.21 % (7,389.04 kt CO_2 eq), influyendo en ello las emisiones de las categorías asociadas a la ganadería. El CO_2 es el segundo en importancia con un 4.70 % y, por último, el N_2O con un 4.09 %. Respecto a los gases precursores, no se estimaron en la actual serie.

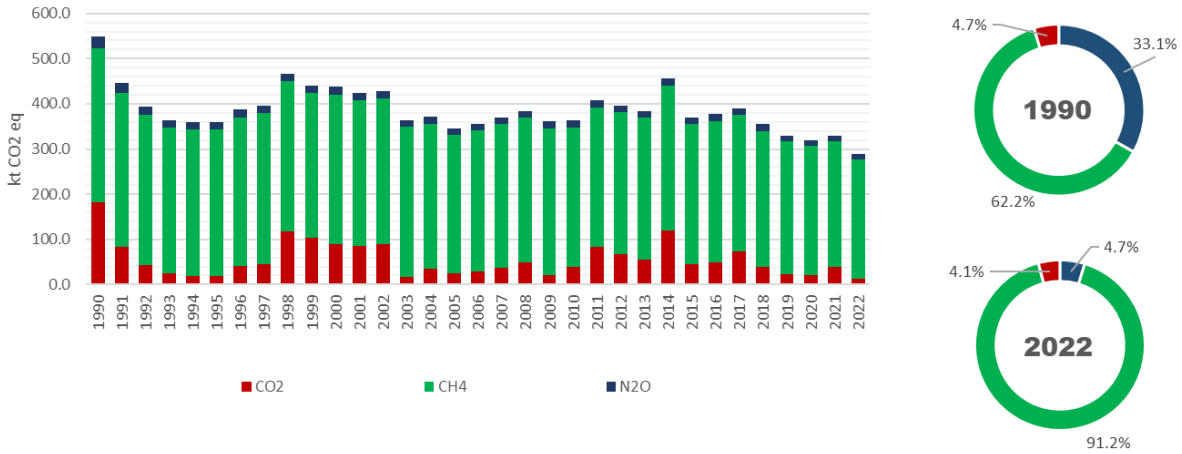


Figura 5.3. Sector Agricultura: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por tipo de GEI, serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.1.3 Aspectos metodológicos del sector.

Las emisiones de GEI en el sector Agricultura se calcularon a partir de las metodologías propuestas por las Directrices del IPCC de 2006, para todas las categorías consideradas. Se aplicó el método Nivel 2 para ganado vacuno, en la categoría 3.A. *Fermentación entérica* (CH_4) y la 3.B. *Gestión del estiércol* (CH_4, N_2O), mientras que en el resto de las especies se empleó el Nivel 1. En relación a lo anterior, solo se determinaron factores de emisión propios de país para el CH_4 en ganado vacuno; en cambio, no se utilizaron factores de emisión propios para el N_2O en esta especie, pero se aplicó un Nivel 2 por la metodología empleada.

En la Categoría 3.C. Cultivo del arroz, en todas las subcategorías de la Categoría 3.D Suelos agrícolas, así como en 3.G Encalado y 3.H Aplicación de urea, se aplicó un método Nivel 1. Para mayor detalle de la información, se sugiere revisar las secciones específicas de cada una. En la Tabla 5.3 se observa un resumen de los métodos aplicados por categoría y por tipo de GEI.

Tabla 5.3. Sector Agricultura: métodos aplicados por categoría.

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.A. – Fermentación entérica	CH_4	Nivel 2 Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006 y específico de país	Estadística Complementaria del MINAG y GPOR Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) Juicio de Experto
3.B. – Gestión del estiércol	CH_4, N_2O	Nivel 2 Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006 y específico de país	Estadística Complementaria del MINAG y GPOR ONEI Juicio de Experto
3.C – Cultivo del arroz	CH_4	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del GAG Juicio de Experto
3.D – Suelos agrícolas	N_2O	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del MINAG ONEI Juicio de Experto
3.E – Quema prescrita de sabanas	NE	NE	NE	NE
3.F – Quema de residuos agrícola	NE	NE	NE	NE
3.G – Encalado	CO_2	Nivel 1	IPCC, 2006	Estadística Complementaria del MINAG
3.H – Aplicación de urea	CO_2	Nivel 1	IPCC, 2006	Estadística Complementaria del MINAG
3.I – Otros fertilizantes que contienen carbono	NO	NO	NO	NO
3.J – Otros	NO	NO	NO	NO

NE = No estimada; NO = No ocurre.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Se emplearon tres importantes fuentes de información en la obtención de los datos de actividad para las categorías del sector Agricultura para la serie completa 1990-2022. Los datos de la población animal de las distintas especies de ganado (número de cabezas), la superficie (hectáreas) y los volúmenes de producción (kilogramos por hectárea) de los cultivos agrícolas se tomaron de los anuarios estadísticos de la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI).

Por otra parte, la cantidad de fertilizantes, cal y urea aplicados a los suelos, por tipos y volúmenes (toneladas), se obtuvieron del sistema estadístico complementario del Ministerio de la Agricultura (SIEC), a través de su Dirección de Suelos y Fertilizantes, mientras que el Grupo Empresarial Agrícola (GAG) suministró los datos de las áreas (hectáreas) destinadas al cultivo del arroz en cada provincia.

Los datos paramétricos de alimentación y sistemas de manejo del ganado, los sistemas de tratamiento de residuales en la ganadería y las tecnologías de manejo en el cultivo del arroz fueron provistos por las instituciones científicas, referidas en los arreglos institucionales, y otras entidades académicas vinculadas al sector, como el Instituto de Ciencia Animal (ICA) y la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH).

El aporte de estas entidades, con la asistencia técnica del Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero (ETGEI) del Instituto de Meteorología (INSMET), fue determinante en la refinación de los datos de actividad y paramétricos sobre las poblaciones ganaderas, alimentación animal, manejo del estiércol, aplicación de fertilizantes, cal y urea en los suelos agrícolas y manejo del cultivo del arroz para la estimación de las emisiones en las distintas categorías.

Las categorías que no se estimaron (NE) en el sector Agricultura, son la 3.E. Quema prescrita de sabanas y la 3.F. Quema de residuos agrícolas. En Cuba se establece la prohibición del uso del fuego en las áreas agrícolas, mediante el Decreto No. 52 y Reglamento del Decreto-Ley No. 50 “Sobre la conservación, mejoramiento y manejo sostenible de los suelos y el uso de los fertilizantes”, del 21 de septiembre del 2021[4]; sin embargo, los Artículos 62 y 63 del Decreto-Ley autoriza la realización de quemas con carácter excepcional, además de otras que ocurren por accidentes o violaciones. No se recoge la información de las quemas en las áreas agrícolas ni se dispone de los datos de actividad requeridos para estas categorías.

5.2. Fermentación entérica (3.A.)

5.2.1. Descripción de la categoría

La categoría 3.A. *Fermentación entérica* incluye las emisiones de Metano (CH_4) que se produce en los sistemas digestivos de los animales (fundamentalmente en el rumen de los rumiantes).

El metano se origina con la acción de bacterias y protozoos contenidos en el sistema digestivo de los animales que, al intervenir en el proceso de la digestión, en especial de los herbívoros, favorecen la ruptura de los carbohidratos en moléculas simples, con la consiguiente formación de CO_2, CH_4, N_2, y, adicionalmente, pueden encontrarse trazas de O_2, H_2, H_2S, y CO. La cantidad

[4] Gaceta Oficial No. 120 Ordinaria de 2021.

de CH_4 que es liberada depende del tipo, edad y peso de los animales, así como de la cantidad y calidad del alimento consumido, entre otros factores.

La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.A.1. Ganado vacuno
- 3.A.2. Ovinos
- 3.A.3. Porcinos
- 3.A.4. Otras especies

En el contexto nacional, el ganado vacuno se divide según su categoría animal en: terneros/as, añojos/as, novillas, toretes, vacas, toros, toros de reproducción y bueyes. Se realizó un ajuste en la desagregación de esta subcategoría para una mayor correspondencia con las Guías del IPCC, utilizando la Opción B, lo que resultó en:

3.A.1.a Otros

3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras (Vacas lecheras)

3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro (Vacas no lecheras, bueyes y toros con fines reproductivos)

3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento (Terneros/as, añojos/as, novillas, toretes y toros)

En la subcategoría de Otras especies se incluyeron las restantes especies de animales que se explotan en el país con fines productivos, siendo las siguientes:

- 3.A.4.a. Búfalos
- 3.A.4.b. Caprinos (cabras)
- 3.A.4.c. Equinos (caballos)
- 3.A.4.d. Mulas y asnos
- 3.A.4.e. Aves de corral

Las aves de corral incluyen a las gallinas ponedoras y de carne, los reproductores y reemplazos de ponedoras y reproductores, así como otras especies avícolas, por ejemplo: patos, pavos y otras. Sin embargo, se consideró no incluirlas por no constituir una especie clave para la fermentación entérica.

En el cálculo de las emisiones de todas las subcategorías se utilizaron las metodologías propuestas por las Directrices del IPCC de 2006. Se aplicó el método Nivel 2 para las emisiones de CH_4 de la subcategoría 3.A.1 *Ganado vacuno*, empleando los factores de emisión específicos del país; en cambio, para las restantes especies o subcategorías se aplicó un método Nivel 1, con factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

5.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

La Categoría 3.A. Fermentación entérica ha sido en todos los inventarios una de las mayores contribuyentes en las emisiones de GEI, identificándose como una categoría principal. En la actual serie 1990-2022 alcanza a ser la primera en importancia dentro del sector Agricultura, con un 65.75 % de las emisiones del sector en el 2022.

En el 2022, las emisiones contabilizaron 6.969,93 kt CO_2 eq, disminuyendo en un 21.14 % desde 1990 y un 14.48 % desde el 2016 (Tabla 5.4 y Figura 5.3). La causa principal de la tendencia de la categoría son los cambios experimentados por la población animal, fundamentalmente en el ganado vacuno, cuya disminución inició en 1990, cuando ocurre en Cuba un largo período de crisis económica, que provocó un abrupto y sostenible déficit de insumos para la ganadería, principalmente alimentos concentrados para el ganado, combustibles, fertilizantes, pesticidas, entre otros. Lo anterior no permitió mantener la ganadería intensiva y altamente dependiente de recursos de los años 80s, lo que condujo a una disminución significativa en los rendimientos del ganado y en el tamaño de su rebaño. También se destacan los últimos tres años, cuando se implementan fuertes restricciones en el país para enfrentar la pandemia Covid-19.

Tabla 5.4. 3.A. Fermentación entérica: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por subcategoría, 1990-2022.

Año	3.A.1 Ganado vacuno			3.A.2 Ovinos	3.A.3 Porcinos	3.A.4 Otras especies			
	3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras	3.A.1.a.ii Otro Ganado vacuno maduro	3.A.1.a.iii Ganado vacuno en Crecimiento			3.A.4.a. Búfalos	3.A.4.b Caprinos	3.A.4.d Equinos	3.A.4.c. Mulas y asnos
1990	1.662,30	2,984.14	3,466.33	347.34	51.77	11.40	4.73	300.64	10.25
1991	1.497,07	3,248.40	3,359.63	356.08	38.86	13.71	3.81	302.40	10.47
1992	1.451,03	3,341.05	3,190.82	296.58	22.52	15.71	4.06	305.83	10.75
1993	1.363,75	3,457.47	3,156.67	151.38	18.33	17.09	14.03	306.28	10.84
1994	1.368,67	3,486.42	3,219.44	145.87	18.24	16.17	14.03	300.99	10.75
1995	1.382,52	3,472.08	3,275.86	137.34	18.84	17.56	14.76	293.78	10.61
1996	1.403,11	3,488.94	3,232.34	125.99	17.26	21.87	16.59	286.07	10.14
1997	1.463,03	3,476.02	3,253.05	187.29	20.00	27.41	54.92	264.75	9.44
1998	1.494,19	3,442.70	3,263.89	218.78	21.31	32.34	53.77	218.53	8.51
1999	1.403,31	3,325.56	3,061.17	286.24	26.14	36.04	68.96	216.92	8.57
2000	1.633,64	3,341.55	2,966.12	360.09	26.73	44.66	100.11	209.06	8.40
2001	1.652,19	3,169.32	2,953.29	353.30	21.10	48.51	106.25	217.17	8.57
2002	1.598,99	3,097.17	2,935.18	365.95	26.29	56.06	121.30	220.50	8.54
2003	1.617,26	3,135.50	3,037.94	361.23	35.28	61.60	133.07	227.61	8.62
2004	1.339,81	3,228.45	2,999.97	337.40	29.92	67.30	146.52	233.86	8.62
2005	1.058,63	3,194.63	2,928.07	330.54	25.84	74.54	145.53	236.63	8.48
2006	1.060,25	3,261.20	2,891.18	386.58	32.30	81.16	163.93	243.33	8.43
2007	1.152,96	3,226.85	2,939.86	371.43	33.45	89.47	157.65	255.02	8.51
2008	1.195,82	3,127.88	3,029.15	374.50	29.36	96.87	158.76	269.14	8.65
2009	1.297,19	3,001.85	3,153.08	361.77	27.68	102.87	155.43	289.20	8.85
2010	1.314,13	2,766.47	2,964.99	330.67	26.38	103.33	131.33	309.25	9.10
2011	1.176,09	2,910.34	3,087.00	297.60	25.76	101.64	118.20	323.92	6.66
2012	1.177,94	2,939.62	3,151.41	294.32	25.82	98.56	91.14	343.68	9.46
2013	1.220,22	2,869.98	3,182.75	284.90	26.08	96.87	87.58	364.74	9.80

2014	1.195,65	2,878.00	3,294.68	304.28	27.35	94.56	85.22	390.05	10.19
2015	1.175,55	2,680.67	3,323.79	236.24	27.81	93.94	146.61	410.36	10.33
2016	1.146,99	2,690.99	3,341.73	231.41	32.73	95.48	165.96	433.84	10.58
2017	1.027,02	2,594.23	3,253.05	219.41	36.98	93.17	162.08	447.96	10.78
2018	1.067,52	2,515.22	3,187.51	206.05	39.31	92.86	165.90	461.56	10.95
2019	977,26	2,551.41	3,135.59	206.22	45.91	91.48	100.13	458.89	11.14
2020	946,34	2,472.95	3,155.27	204.15	19.37	83.47	99.95	461.21	12.63
2021	894,53	2,368.80	3,115.40	202.01	21.10	78.69	98.97	459.60	10.30
2022	861,13	2,265.28	2,985.68	197.65	27.21	75.61	88.83	457.53	11.00

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Con respecto a las subcategorías (Figura 5.3), el 3.A.1 *Ganado vacuno* acumula la mayoría de las emisiones, representando el 87.69 % del total de las emisiones en el 2022, con 6.112,09 kt CO_2 eq. Su proporción la convierte en una categoría significativa para este sector, al superar el 25 % de las emisiones. Le siguen 3.A.4 *Otras especies* con el 9.08 %, los 3.A.2 *Ovinos* con el 2.84 % y, por último, los 3.A.3 *Porcinos* con 0.39 %.

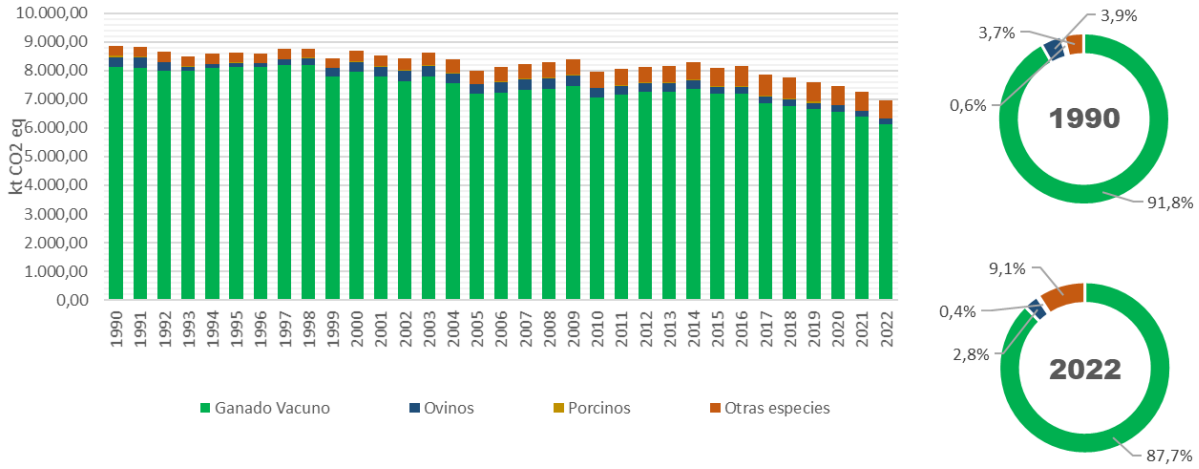


Figura 5.3. 3.A. Fermentación entérica: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En la siguiente figura se observan las emisiones de CH_4 (kt CO_2 eq) en el 2022 por los tipos de ganado, encontrándose los mayores valores en la 3.A.1.a.iii *Ganado vacuno en crecimiento,* con un 42.84 % de las emisiones, y la 3.A.1.a.ii *Otro ganado vacuno maduro,* con 32.50 %. A pesar que en la 3.A.1.a.ii se incluyeron los rebaños de animales jóvenes (terneros/as, añojos/as, novillas, toretes y toros de ceba), éstos alcanzan una proporción del 60.67 % de la población vacuna, en comparación con el 28.83 % de los otros vacunos maduros y el 10.50 % de las vacas lecheras. Esas proporciones pueden estar influyendo en el orden de importancia que se observa entre los tipos de ganado. Con menores acumulados de emisiones aparecen la 3.A.1.a.i *Vacas lecheras maduras* con el 12.35 %, la 3.A.4.d *Equinos* con 6.56 %, la 3.A.2 *Ovinos con* 2.84 %, así como los restantes que no superan el 2.9 %.

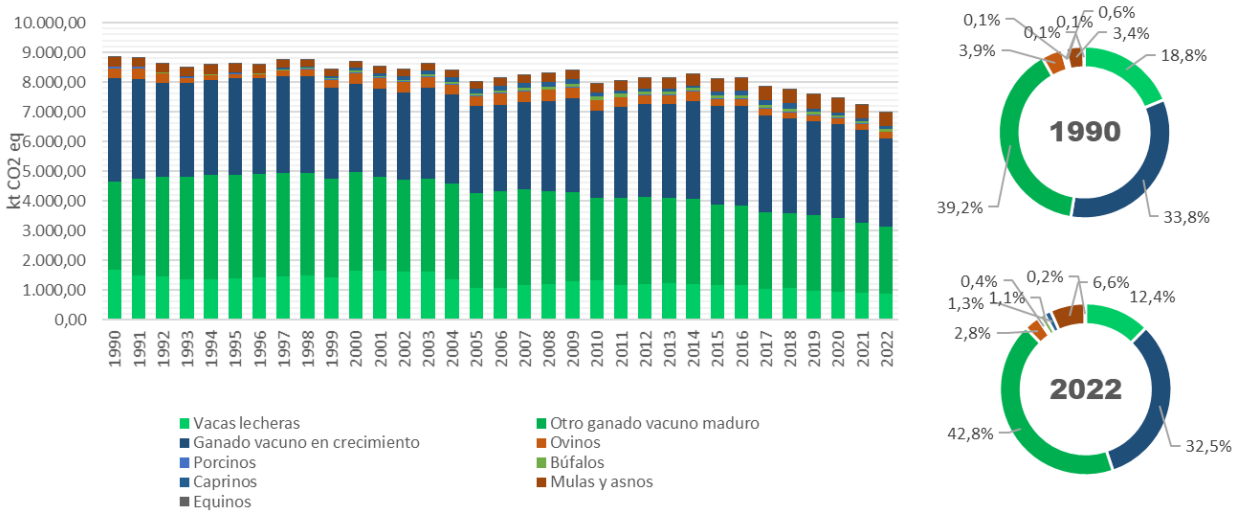


Figura 5.4. 3.A. Fermentación entérica: emisiones de GEI (kt CO2 eq) por tipos de ganado, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría.

En la estimación de las emisiones de GEI de la categoría 3.A. *Fermentación entérica* se emplearon las Directrices del IPCC de 2006. Se aplicó el método Nivel 2 para las emisiones de CH_4 de la subcategoría 3.A.1 *Ganado vacuno*, usando factores de emisión país específico, y un método Nivel 1 en las restantes especies (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. 3.A. Fermentación entérica: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.A.1 Ganado vacuno	CH_4	Nivel 2	Por defecto del IPCC, 2006 y específico de país	Estadística Complementaria del MINAG Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)
3.A.1.a Otros (Opción B)				
3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras				
3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro				
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento				
3.A.2 Ovinos	CH_4	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	(ONEI)
3.A.3 Porcinos	CH_4	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del (GPOR) (ONEI)
3.A.4.a. Búfalos	CH_4	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del MINAG
3.A.4.b. Caprinos	CH_4	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	(ONEI)

3.A.4.c. Mulas y asnos	CH_4	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	(ONEI)
3.A.a.d. Equinos	CH_4	Nivel 1	Por defecto del IPCC, 2006	(ONEI)

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En el cálculo de las emisiones de CH_4 derivadas de la fermentación entérica, para los métodos de Nivel 1 y 2, se utilizaron las mismas ecuaciones (Ecuación 10.19 y 10.20) del Capítulo 10, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006.

$$Emisiones\ de\ CH_4 = FE_{(T)} \bullet \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Fuente: Ecuación 10.19; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones de CH_4 = CH_4 emitido por fermentación entérica, Gg CH_4/año
- $FE_{(T)}$ = 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

$$Total\ CH_{4\ Entérica} = \sum_i E_i$$

Fuente: Ecuación 10.20; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Total $CH_{4\ Entérica}$= emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH_4 año^{-1}
- E_i = emisiones de las i th categorías y subcategorías de ganado

5.2.3.1. Datos de actividad de la categoría.

Se utilizaron los datos de actividad de las poblaciones de especies animales (cabezas año[1]) que se publican en las series estadísticas anuales de la ONEI (2024)[5], excepto el número de cabezas de ganado bufalino, que se tomó de la estadística complementaria del Ministerio de la Agricultura (MINAG). El cálculo del factor de corrección para la subcategoría de ganado vacuno y varios de sus datos paramétricos específicos del país, se obtuvieron del Centro Nacional de Control Pecuario (CENCOP), que registra la media ponderada mensual del número de animales, desagregada por las categorías del ganado. El factor de corrección empleado es quinquenal a partir del 2001. En el caso de los porcinos se trabajó con la población promedio en los menores de 6 meses, que tienen una duración de vida de 165 días; los mayores de 6 meses no se sacrifican durante el año.

En el ganado porcino se trabajó, básicamente, con los datos de la ONEI; sin embargo, la información no se encuentra desagregada por las distintas categorías de animales y no permite la separación en mayores y menores de seis meses de edad. Como solución, se tomaron los datos del sistema estadístico complementario del Grupo Empresarial Porcino (Gpor) - que registra aproximadamente el 40 % de la masa total del país -, y se aplicó su porcentaje del

[5] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

movimiento del rebaño por categorías a los datos de la ONEI. La población de cerdos por año se desglosó en animales mayores de seis meses, que incluye las categorías de reproductoras, sementales, cochinatas y cochinatos, y menores de seis meses, que lo conforman las crías, precebas y cebas. Lo anterior se hizo considerando la edad y el peso promedio establecido en el Manual de Buenas Prácticas Porcina en Cuba (Abeledo *et. al*., 2016)[6].

Las aves no se incluyen por no constituir una especie clave para la fermentación entérica.

Tabla 5.6. 3.A. Fermentación entérica: datos de actividad de la población animal (miles de cabezas año^{-1}) por especie, serie 1990-2022.

Año	Ganado vacuno	Ovinos	Porcinos	Búfalos	Caprinos	Equinos	Mulas/ asnos
1990	4,802.6	2,481.0	1,848.9	7.4	33.8	596.5	36.6
1991	4,735.5	2,543.4	1,387.8	8.9	27.2	600.0	37.4
1992	4,609.3	2,118.4	804.2	10.2	29.0	606.8	38.4
1993	4,583.0	1,081.3	654.6	11.1	100.2	607.7	38.7
1994	4,617.1	1,041.9	651.5	10.5	100.2	597.2	38.4
1995	4,632.0	981.0	672.8	11.4	105.4	582.9	37.9
1996	4,601.1	899.9	616.4	14.2	118.5	567.6	36.2
1997	4,606.0	1,337.8	714.2	17.8	392.3	525.3	33.7
1998	4,643.7	1,562.7	760.9	21.0	384.1	433.6	30.4
1999	4,405.8	2,044.6	933.5	23.4	492.6	430.4	30.6
2000	4,110.2	2,572.1	954.7	29.0	715.1	414.8	30.0
2001	4,038.1	2,523.6	753.4	31.5	758.9	430.9	30.6
2002	3,972.0	2,613.9	938.8	36.4	866.4	437.5	30.5
2003	4,025.1	2,580.2	1,259.9	40.0	950.5	451.6	30.8
2004	3,942.3	2,410.0	1,068.4	43.7	1,046.6	464.0	30.8
2005	3,685.5	2,361.0	922.8	48.4	1,039.5	469.5	30.3
2006	3,718.2	2,761.3	1,153.7	52.7	1,170.9	482.8	30.1
2007	3,767.8	2,653.1	1,194.8	58.1	1,126.1	506.0	30.4
2008	3,801.4	2,675.0	1,048.4	62.9	1,134.0	534.0	30.9
2009	3,872.4	2,584.1	988.6	66.8	1,110.2	573.8	31.6
2010	3,992.8	2,361.9	942.1	67.1	938.1	613.6	32.5
2011	4,059.4	2,125.7	919.9	66.0	844.3	642.7	32.8
2012	4,084.3	2,102.3	922.0	64.0	651.0	681.9	33.8
2013	4,092.4	2,035.0	931.3	62.9	625.6	723.7	35.0
2014	4,134.5	2,173.4	976.7	61.4	608.7	773.9	36.4
2015	4,043.2	1,687.4	993.1	61.0	1,047.2	814.2	36.9

[6] Abeledo, C. M.; Martínez, Victoria; Cabrera, Yaneris; Fuente, J. L. y Cruz, María Tamara. 2016. Manual de Buenas Prácticas Porcina en Cuba. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, Cuba. ISBN 9789597208297. 117 p.

2016	4,011.4	1,652.9	1,169.1	62.0	1,185.4	860.8	37.8
2017	3,863.2	1,567.2	1,320.7	60.5	1,157.7	888.8	38.5
2018	3,806.3	1,471.8	1,403.9	60.3	1,185.0	915.8	39.1
2019	3,815.3	1,473.0	1,639.7	59.4	715.2	910.5	39.8
2020	3,752.4	1,458.2	691.9	54.2	713.9	915.1	45.1
2021	3,657.3	1,442.9	753.4	51.1	706.9	911.9	36.8
2022	3,516.8	1,411.8	971.8	49.1	634.5	907.8	39.3

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

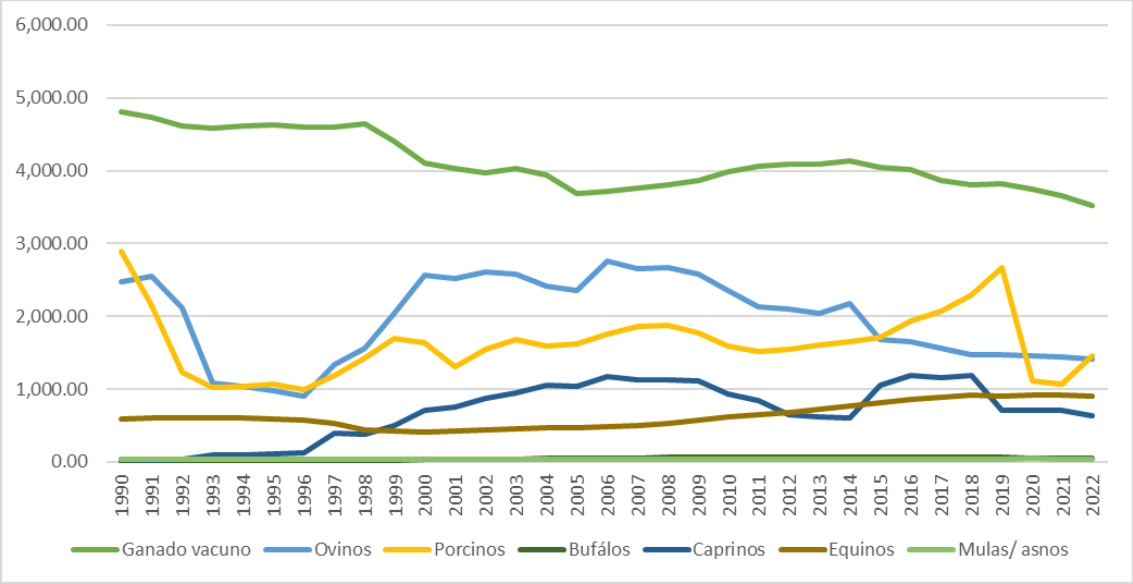


Figura 5.5. 3.A. Fermentación entérica: variaciones de la población animal por especie en la serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Esta información muestra una disminución de las poblaciones de animales a partir de 1990, con una recuperación desde 1996, para disminuir nuevamente desde el 2014. Lo anterior no ocurre en el ganado vacuno, que se observa la tendencia hacia la disminución desde 1990, con un ligero incremento desde el 2006, que no se sostuvo a partir del 2019; no obstante, este rebaño no logra alcanzar las cifras que tuvieron a principios de la década de 1990. Con antelación se explicó que, a partir de 1990 ocurrió una crisis económica en el país, con escasez de insumos para la actividad pecuaria, que impactó en el tamaño de los rebaños, principalmente en el vacuno, porcino y ovino. Similar situación se presentó a partir del 2019, con la ocurrencia de la pandemia Covid-19, que afectó los niveles de importaciones y la producción nacional.

5.2.4 Ganado vacuno (3.A.1.).

5.2.4.1 Descripción de la subcategoría.

Esta subcategoría incluye emisiones de CH_4, el cual se produce como subproducto de los procesos digestivos en vacunos.

En el contexto nacional, el ganado vacuno se divide según su categoría animal en: terneros/as, añojos/as, novillas, toretes, vacas, toros, toros de reproducción y bueyes. Se realizó un ajuste en

la desagregación de esta subcategoría para coincidir la misma a lo que recomiendan las Guías del IPCC, utilizando la Opción B, lo que resultó en:

3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras	Vacas lecheras
3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro	Vacas no lecheras Bueyes Toros para fines reproductivos
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento	Terneros/as Añojos/as Novillas Toretes Toros

5.2.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 6.112,09 kt CO2 eq, disminuyendo en un 24.66 % desde 1990 y en un 14.87 % desde 2016 (Tabla 5.4 y Figura 5.3). La principal causa en la tendencia y las variaciones interanuales es el descenso de la población en general desde el 1990, condicionado por la carencia de recursos, insumos e inversiones en este sector, debido a la situación económica y financiera del país, agravado por el bloqueo de EEUU a Cuba.

En la Figura 5.6 se observa que el 3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento acumula la mayoría de las emisiones, representando un 48.85 % de la subcategoría, seguido por el 3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro con el 37.06 % y el 3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras con el 14.09 %. No ocurren grandes variaciones en la tendencia año a año de la subcategoría, pero se aprecia una paulatina disminución en las emisiones, con los mayores valores en la década de los 90 y los menores en los últimos años.

A pesar de la crisis económica que enfrentó el país desde 1991 hasta el 2000, cuando la ganadería dejó de recibir los recursos e insumos que mantenían su explotación intensiva, se protegió la población animal con medidas drásticas. La principal acción fue el cambio en la forma de tenencia del ganado, entregando a los productores privados parte de los rebaños que pertenecían a las empresas estatales. Con ello, se evitó el descenso marcado en el número de animales, como sucedió en los rebaños porcino y ovino. Sin embargo, el sector de la ganadería no se ha recuperado con el paso del tiempo y esto se refleja en la tendencia a lo largo de la serie, siendo significativo a partir del 2019, con la ocurrencia de la pandemia Covid-19.

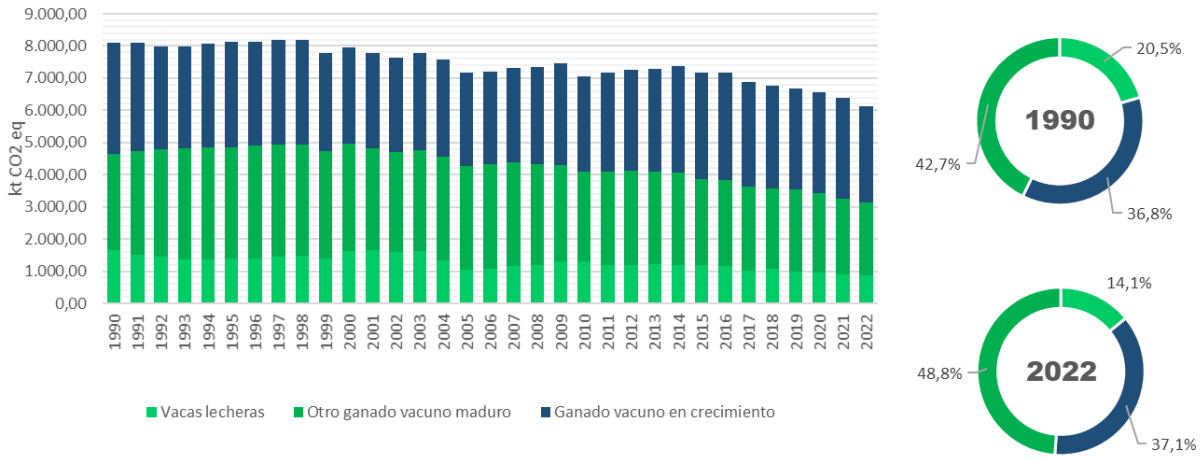


Figura 5.6. 3.A.1 Ganado vacuno: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.4.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría.

Para la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 2 para sus distintos componentes. En la Tabla 5.7 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente animal y por tipo de GEI.

Tabla 5.7. 3.A.1 Ganado vacuno: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.A.1 Ganado vacuno	CH_4	Nivel 2	Por defecto del IPCC, 2006 y específico de país	Estadística Complementaria del MINAG Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)
3.A.1.a Otros (Opción B)				
3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras				
3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro				
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento				

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En el cálculo de las emisiones de CH_4 en los métodos de Nivel 2 se utilizaron las mismas ecuaciones de cálculo (Ecuación 10.19 y 10.20 y 10.21).

$$Emisiones = EF_{(T)} \bullet \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Fuente: Ecuación 10.19; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Emisiones de CH_4 = CH_4 emitido por fermentación entérica, Gg CH_4/año
- $EF_{(T)}$ = 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

$$\text{Total } CH_{4\,\text{Entérica}} = \sum_i E_i$$

Fuente: Ecuación 10.20; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- Total $CH_{4\ \text{Entérica}}$= emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH_4 $año^{-1}$
- E_i = emisiones de las i th categorías y subcategorías de ganado

5.2.4.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos.

En el *Ganado vacuno* se utilizaron los datos de actividad de la cantidad de animales por año (cabezas año[1]), desagregados por las distintas categorías de la especie. Los datos se obtuvieron de las series estadísticas anuales de la ONEI (2024)[7], procedentes del Centro Nacional de Control Pecuario (CENCOP), que registra la media ponderada mes a mes del número de animales promedios por año.

Para establecer analogía entre la clasificación del *Ganado vacuno*, según las Directrices del IPCC de 2006*,* con la empleada por la ONEI, se realizó la siguiente distribución. Para ello, se consideraron las categorías del vacuno y sus respectivas edades, según el calendario del flujo zootécnico en Cuba (Mazorra, et. al.; 2018)[8].

3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras	Vacas lecheras
3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro	Vacas no lecheras Bueyes Toros con fines de reproducción
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento	Terneros / as (nacimiento hasta 12 meses de edad) Añojos / as (desde 12 a 18 meses de edad) Novillas (desde 18 meses de edad hasta el 1er parto) Toretes (desde 18 a 24 meses de edad) Toros (desde 24 meses de edad hasta el sacrificio o su conversión a buey)

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura

Lo anterior facilitó la identificación de datos paramétricos para el cálculo de los factores de emisión propio específicos del Nivel 2.

Tabla 5.8. 3.A.1 Ganado vacuno: datos de actividad de la población animal (miles de cabezas año^{-1}) por grupos de animales de la Subcategoría Ganado vacuno, serie 1990-2022.

Año	Vacas lecheras	Vacas no lecheras	Bueyes	Toros de reprod.	Añojas	Añojos	Novillas	Toretes	Toros de ceba	Terneros (as)
1990	557.5	973.7	216.8	53.0	347.6	301.5	810.4	221.5	162.7	1157.9

[7] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

[8] Mazorra, C.A.; González, J.A.; Martínez, J.; Serrano, J.O. & Fontes, D. 2018. Calendario de flujo zootécnico. Una herramienta para pronosticar la conformación de los rebaños de animales domésticos productivos. Disponible en: file:///C:/Users/Janet/Downloads/y placencia,+16- +CALENDARIO+FLUJO+ZOOTECNICO-1.pdf

1991	521.7	1012.5	259.8	67.0	331.1	285.0	822.2	208.8	151.8	1075.6
1992	535.3	966.7	310.8	75.3	299.7	265.5	809.8	209.1	130.0	1007.1
1993	503.1	958.7	351.8	73.6	296.8	267.6	779.7	212.5	133.3	1005.9
1994	496.6	935.0	376.1	73.1	330.5	300.3	739.3	217.0	145.6	1003.6
1995	502.4	901.4	395.8	70.1	342.0	315.6	723.9	233.5	150.5	996.8
1996	511.2	886.8	414.1	64.9	351.3	322.3	701.4	230.5	146.0	972.6
1997	535.8	866.1	426.1	61.6	360.9	324.8	696.0	231.6	152.4	950.7
1998	549.3	867.2	416.9	59.7	362.5	321.2	695.8	235.4	150.7	985.0
1999	515.0	834.5	408.9	52.1	348.3	318.3	652.4	222.4	128.9	925.0
2000	528.5	760.5	413.7	40.1	319.9	304.4	594.2	186.5	108.3	854.1
2001	534.5	725.5	392.6	33.9	323.6	292.8	580.8	190.5	112.8	851.1
2002	519.3	716.7	378.5	32.4	322.2	292.3	584.1	194.0	105.7	826.8
2003	523.2	726.3	382.4	33.1	314.4	285.5	615.4	211.7	114.5	818.6
2004	446.0	771.0	377.1	33.3	301.6	280.4	595.6	204.6	128.1	804.6
2005	352.4	777.6	362.9	32.1	292.0	262.4	609.9	201.8	122.9	671.4
2006	341.2	815.2	355.3	31.8	266.3	245.9	608.6	193.8	131.3	728.8
2007	365.5	832.1	333.1	30.8	274.4	260.5	593.6	193.7	144.4	739.7
2008	371.0	836.2	301.5	29.0	278.0	266.1	604.0	203.7	153.7	758.3
2009	399.5	809.0	284.7	27.6	275.8	259.8	620.9	208.1	179.1	807.9
2010	431.8	810.9	279.1	30.2	287.3	270.3	661.1	211.2	202.3	808.6
2011	379.2	873.7	279.8	29.6	283.6	268.5	682.4	218.6	228.8	815.2
2012	379.2	883.3	284.2	27.2	281.7	259.3	701.1	210.2	251.6	806.5
2013	400.3	862.7	279.3	24.0	275.5	258.6	695.9	202.2	273.6	820.3
2014	390.3	878.7	271.5	22.0	281.8	268.8	715.8	208.2	291.8	805.6
2015	401.0	822.9	250.9	18.8	268.6	253.6	725.2	219.9	300.8	781.5
2016	365.3	857.7	229.5	17.0	263.4	246.4	754.0	214.1	299.7	764.3
2017	330.2	842.6	210.0	15.6	256.3	237.1	736.9	203.2	295.7	735.6
2018	338.7	830.4	193.7	14.8	244.6	226.4	749.9	198.9	275.9	733.0
2019	312.9	858.2	185.5	13.8	250.6	232.0	721.7	185.7	276.3	778.6
2020	311.4	821.8	187.5	13.2	250.6	239.1	715.6	189.4	285.4	738.4
2021	305.7	776.7	187.4	12.8	240.0	221.6	718.1	188.8	282.1	724.1
2022	299.0	723.3	192.8	13.6	228.1	206.7	720.6	177.2	254.9	700.6

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En esta categoría se utilizaron los datos de actividad desagregados (cabezas de las especies animales/año), los cuales fueron obtenidos de las series estadísticas anuales de la ONEI o de la información complementaria del Centro Nacional de Control Pecuario (CENCOP), a partir de la media ponderada mes a mes de los animales promedios por año. Se realizó el cálculo del factor de corrección para el ganado vacuno, de forma quinquenal, que son los datos disponibles en el

CENCOP, a partir del año 2001 hasta 2004. Posteriormente, se aplicó la misma operación del 2005 hasta 2009 y así sucesivamente: 2010, 2015 y 2020, éste último hasta el 2022 (Tabla 5.9).

Tabla 5.9. 3.A.1 Ganado vacuno: Factor de corrección para la categoría vacuna.

Categoría	Factor de Corrección Anual				
	2001-2024	2005-2009	2010-2014	2015-2019	2020-2022
Terneros	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00
Añojos	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
Toretes	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Toros de Ceba	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00
Bueyes	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00
Sementales	0.99	1.00	1.01	0.99	1.00
Total de Machos	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
Terneras	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
Añojas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Novillas	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00
Vacas	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
Total de Hembras	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total de Vacunos	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Parte de los datos paramétricos que se utilizaron en la determinación de los factores de emisión país específicos del *Ganado vacuno* se obtuvieron por criterio de expertos[9], que fueron: pesos vivos (kg), incrementos de peso (kg día^{1}) y digestibilidad del alimento (%). Se realizó un reajuste de los datos cada 10 años, considerando el valor predominante del parámetro en una década para las distintas categorías de la especie. A continuación, se muestran las tablas con los datos paramétricos obtenidos por criterios de expertos[10].

Tabla 5.10. 3.A.1. Ganado vacuno: pesos corporales por grupo de animales cada decena de años.

Categoría animal	Unidad	1990-1999	2000-2009	2010-2022
Terneros/as	kg	50	45	40
Añojos	kg	120	110	90
Toretes	kg	210	190	170
Toros	kg	305	280	250

[9] Fuente: Juicio experto de investigadores y otros profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

[10] Fuente: Juicio experto de investigadores y otros profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

Sementales	kg	500	470	420
Bueyes	kg	520	450	400
Añojas	kg	115	105	85
Novillas	kg	230	220	210
Vacas	kg	450	420	380
Promedio para hembra adulta	**kg**	**375**	**375**	**375**

Fuente: Estimación basada en juicio de expertos de centros científicos y académicos vinculados al sector.

Tabla 5.11. 3.A.1. Ganado vacuno: incrementos de peso vivo por grupo de animales cada decena de años.

Categoría animal	Unidad	1990-1999	2000-2009	2010-2022
Terneros/as	kg/animal/día	0.101	0.070	0.070
Añojos	kg/animal/día	0.389	0.360	0.280
Toretes	kg/animal/día	0.500	0.440	0.440
Toros	kg/animal/día	0.520	0.500	0.440
Sementales	kg/animal/día	0.000	0.000	0.000
Bueyes	kg/animal/día	0.000	0.000	0.000
Añojas	kg/animal/día	0.360	0.360	0.250
Novillas	kg/animal/día	0.130	0.130	0.125
Vacas	kg/animal/día	0.000	0.000	0.000

Fuente: Estimación basada en juicio de expertos de centros científicos y académicos vinculados al sector.

Tabla 5.12. 3.A.1. Ganado vacuno: digestibilidad de la dieta por grupo de animales cada decena de años.

Categoría animal	Unidad	1990-1999	2000-2009	2010-2022
Terneros/as	%	61.5	61.0	61.0
Añojos	%	50.0	47.0	47.0
Toretes	%	50.0	47.0	47.0
Toros	%	50.0	47.0	47.0
Añojas	%	50.0	47.0	47.0
Novillas	%	50.0	47.0	47.0
Vacas	%	52.8	48.0	48.0
Bueyes	%	47.0	45.0	45.0
Sementales	%	50.0	47.0	47.0

Fuente: Estimación basada en juicio de expertos de centros científicos y académicos vinculados al sector.

El dato paramétrico de la producción de leche promedio día^{-1} (la productividad anual entre 365 días) se obtuvo de la ONEI (2024)[11]. El porcentaje anual de vacas que paren procede de la estadística complementaria del MINAG, que se obtuvo a partir del año 1998, por lo que se extrapoló la media de los años 1998 al 2000 a los años del 1990 al 1997.

Tabla 5.13. 3.A.1. Ganado vacuno: producción de leche dia^{-1}, porcentaje de grasa en la leche y porcentaje (%) de vacas que paren en el año.

Año	Productividad (kg leche día-1)	% contenido de grasa en la leche	% vacas que paren
1990	5.10	3.5	41.0
1991	4.31	3.5	41.0
1992	3.19	3.5	41.0
1993	3.19	3.5	41.0
1994	3.51	3.5	41.0
1995	3.48	3.5	41.0
1996	3.43	3.5	41.0
1997	3.33	3.5	41.0
1998	3.27	3.5	40.0
1999	3.29	3.5	41.0
2000	3.18	3.6	43.0
2001	3.18	3.6	41.0
2002	3.11	3.6	41.0
2003	3.18	3.6	41.0
2004	3.15	3.6	41.0
2005	2.72	3.6	37.0
2006	3.30	3.6	39.0
2007	3.60	3.6	37.0
2008	3.99	3.6	38.0
2009	4.08	3.6	42.0
2010	3.99	3.6	40.0
2011	4.33	3.6	40.0
2012	4.37	3.6	39.0
2013	4.03	3.6	39.0
2014	4.13	3.6	38.0
2015	3.37	3.6	37.0
2016	4.60	3.6	36.0
2017	4.45	3.6	34.0
2018	4.67	3.6	36.0

[11] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

2019	4.48	3.6	38.0
2020	4.01	3.6	36.0
2021	3.35	3.6	36.0
2022	3.08	3.6	36.0

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura

Para estimar la ingesta de energía bruta se calculó la cantidad de energía (MJ día^{-1}) que necesita un animal para su mantenimiento y actividades:

Energía neta mantenimiento (ENm)

$$NE_m = Cf_i \bullet (Peso)^{0,75}$$

Fuente: Ecuación 10.3; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Energía neta de actividad (ENa)

$$NE_a = C_a \bullet NE_m$$

Fuente: Ecuación 10.4; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Energía neta para el crecimiento (ENg)

$$NE_g = 22{,}02 \bullet \left(\frac{BW}{C \bullet MW}\right)^{0,75} \bullet WG^{1097}$$

Fuente: Ecuación 10.6; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Energía neta para lactancia (Enl)

$$NE_l = Leche \bullet (1{,}47 + 0{,}40 \bullet Grasa)$$

Fuente: Ecuación 10.8; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Energía neta para el trabajo (ENw)

$$NE_{trabajo} = 0{,}10 \bullet NE_m \bullet Horas$$

Fuente: Ecuación 10.11; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Energía neta para la preñez (ENp)

$$NE_p = C_{preñez} \bullet NE_m$$

Fuente: Ecuación 10.13; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM)

$$REM = \left[1123 - \left(4\,092 \bullet 10^{-3} \bullet DE\%\right) + \left[1126 \bullet 10^{-5} \bullet (DE\%)^2\right] - \left(\frac{25{,}4}{DE\%}\right)\right]$$

Fuente: Ecuación 10.14; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (REG)

$$REG = \left[1164 - \left(5\,160 \bullet 10^{-3} \bullet DE\%\right) + \left[1\,308 \bullet 10^{-5} \bullet (DE\%)^2\right] - \left(\frac{37{,}4}{DE\%}\right)\right]$$

Fuente: Ecuación 10.15; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Energía Bruta (GE)

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{trabajo} + NE_p}{REM}\right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG}\right)}{\frac{DE\%}{100}}\right]$$

Fuente: Ecuación 10.16; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

En las Tablas se muestran los valores utilizados para la determinación de la ingesta de energía bruta en el *Ganado vacuno* para el año 1990. Esta información se utiliza para estimar el factor de emisión específico con la Ecuación 5-3.

Tablas 5.14. 3.A.1. Ganado vacuno: parámetros empleados en la determinación de la energía bruta por grupos de animales en pastoreo directo. Año 1990.

Grupos de animales	Peso en pie, kg	Cfi-por defecto	Energía neta necesaria para mantenimiento (ENm)	Coeficiente de alimentación (Ca)	Energía neta para actividad (ENa)	Peso hembra adulta en condición corporal moderada (kg)	Coeficiente de crecimiento	Aumento de peso diario (kgdía-1)	Energía neta para crecimiento (ENc)	Coeficiente para la preñez	% vacas que paren
Vacas lecheras	450	0.386	37.71	0.17	6.41	375	0.8	0.000	0.000	0.1	0.41
Vacas no lecheras	450	0.322	31.46	0.36	11.33	375	0.8	0.000	0.000	0.1	0.41
Terneros(as)	50	0.322	6.05	0.17	1.03	375	0.8	0.101	0.46		
Añojas	115	0.322	11.31	0.36	4.07	375	0.8	0.360	3.50		
Novillas	230	0.322	19.02	0.36	6.85	375	0.8	0.130	1.92		
Añojos	120	0.322	11.67	0.36	4.2	375	1	0.389	3.33		
Toretes	210	0.322	17.76	0.36	6.39	375	1	0.500	6.66		
Toros ceba	305	0.322	23.50	0.36	8.46	375	1	0.520	9.20		
Bueyes	520	0.322	35.06	0.17	5.96	375	1	0.000	0.000		
Toros/reprod.	500	0.370	39.12	0.17	6.65	375	1.2	0.000	0.000		
Fuente	Juicio experto	IPCC-2006 Cuadro 10.4	IPCC-2006 Ecuación 10.3	IPCC-2006 Cuadro 10.5	IPCC-2006 Ecuación 10.4	Juicio experto	IPCC-2006 Ecuación 10.6	Juicio experto	IPCC-2006 Ecuación 10.6	IPCC-2006 Cuadro 10.7	Estadística Complementaria MINAG

Tablas 5.14. 3.A.1. Ganado vacuno: parámetros empleados en la determinación de la energía bruta por grupos de animales en pastoreo directo. Año 1990. Continuación.

Grupos de animales	Energía neta para la preñez (ENp)	Productividad (kg leche día-1)	Energía para lactancia (ENl)	Horas trabajadas	Energía neta para la labor	Relación EN para mantenimiento en dieta/E digestible consumida (REM)	Relación EN para crecimiento en dieta/E digestible consumida (REG)	Digestibilid ad de los alimentos (ED)	Energía bruta (EB)
Vacas lecheras	1.55	5.10	12.23			0.46	0.22	52.8	249.78
Vacas no lecheras	1.29					0.46	0.22	52.8	182.56
Terneros(as)						0.5	0.29	61.5	25.62
Añojas						0.44	0.19	50.0	106.82
Novillas						0.44	0.19	50.0	138.13
Añojos						0.44	0.19	50.0	107.28
Toretes						0.44	0.19	50.0	180.06
Toros ceba						0.44	0.19	50.0	242.28
Bueyes				4	14.03	0.42	0.15	47.0	282.17
Toros/reprod.						0.44	0.19	50.0	208.75
Fuente	IPCC-2006 Ecuación 10.13	Calculado a partir de los datos ONEI	IPCC-2006 Ecuación 10.8	Juicio experto	IPCC-2006 Ecuación 10.11	IPCC-2006 Ecuación 10.14	IPCC-2006 Ecuación 10.15	Juicio experto	IPCC-2006 Ecuación 10.16

5.2.4.3.2. Factores de emisión.

En el *Ganado vacuno* se desarrollaron factores de emisión país específico. La fórmula utilizada para el cálculo de éstos fue la Ecuación 5-3

$$EF = \left[\frac{GE \bullet \left(\frac{Y_m}{100} \right) \bullet 365}{55{,}65} \right]$$

Fuente: Ecuación 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- E = Factor de emisión (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}),
- GE= Ingesta de energía bruta (MJ cabeza^{-1} día^{-1}),
- Ym = 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.

Los factores de emisión (FE) país específico para el Nivel 2 en el *Ganado vacuno* fueron calculados a partir de datos paramétricos aportados por los criterios de expertos[12], las estadísticas complementarias del (MINAG) y el sistema nacional de estadística (ONEI, 2024).

Tabla 5.15. 3.A.1. Ganado vacuno: factores de emisión específico de país por tipo de *Ganado vacuno* para la categoría de *Fermentación entérica* (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Año	Vacas Lecheras	Vacas no lecheras	Bueyes	Toros con fines reproductivos	Terneros (as)	Añojas	Añojos	Toretes	Toros	Novillas
1990	106.490	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1991	102.486	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1992	96.810	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1993	96.810	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1994	98.432	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1995	98.280	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1996	98.026	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1997	97.520	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1998	97.149	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
1999	97.317	77.828	120.288	88.995	10.921	45.538	45.738	76.764	103.292	58.889
2000	110.396	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2001	110.396	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579

[12] Fuente: Juicio experto de investigadores y otros profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

2002	109.969	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2003	110.396	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2004	107.288	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2005	107.288	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2006	110.979	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2007	112.660	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2008	115.116	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2009	115.966	87.805	117.805	95.483	9.874	50.551	49.288	80.489	114.003	65.579
2010	108.692	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2011	110.768	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2012	110.942	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2013	108.867	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2014	109.408	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2015	104.698	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2016	112.137	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2017	111.082	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2018	112.565	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2019	111.544	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2020	108.536	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2021	104.506	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886
2022	102.858	81.456	107.845	87.759	9.039	37.75	38.922	74.047	98.884	62.886

Fuente: Juicio de expertos de centros científicos y académicos vinculados al sector, con base en las *Directrices del IPCC de 2006.*

5.2.5. Ovinos (3.A.2.).

5.2.5.1. Descripción de la subcategoría.

Esta subcategoría incluye las emisiones de CH_4 producidas en el proceso digestivo de los ovinos.

5.2.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 197.65 kt CO_2 eq, disminuyendo en un 43.10 % desde 1990 y en un 14.59 % desde 2016 (Tabla 5.4 y Figura 5.3). La principal causa en la tendencia interanual son las variaciones en la población de la especie (Figura 5.8). Se observa un descenso importante a partir de 1991, cuando comienza una crisis económica en Cuba, caracterizada por la escasez de recursos e insumos como los combustibles, fertilizantes, alimentos concentrados y otros, que limitó la producción intensiva en este ganado. Posteriormente, se aprecia una recuperación entre 1997 al 2003 y 2006 al 2009, con descensos en los años 2004 y 2005, 2010 al 2013 y 2015 en adelante, cuando se estabiliza la cantidad de animales. En estas variaciones pudo influir la ocurrencia de eventos climáticos extremos, como la sequía del 2004 – 2005, que afectó la producción de los pastos y otros alimentos para los rebaños.

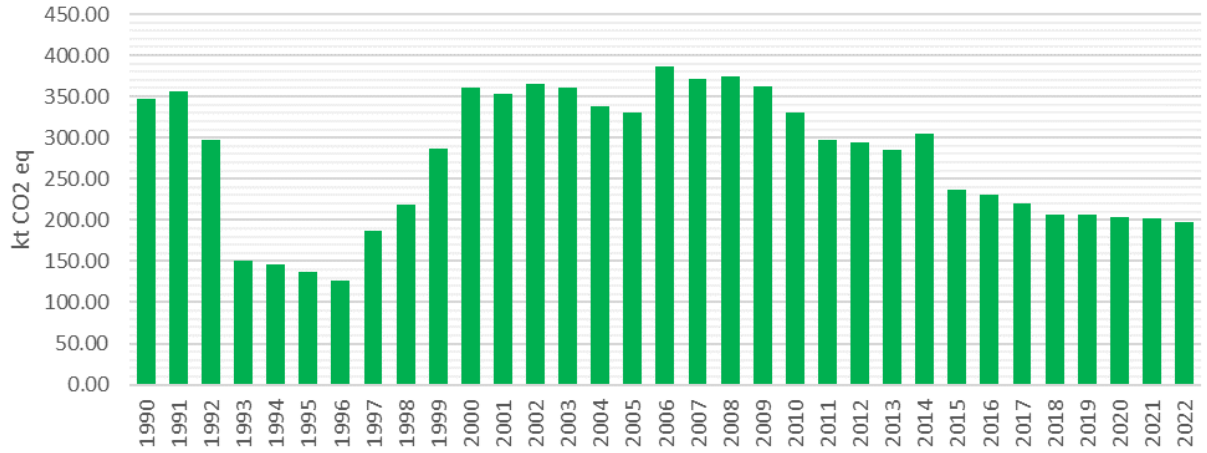


Figura 5.8. 3.A.2 Ovinos: emisiones de GEI (kt CO_2 eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.5.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría.

En la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1. Se multiplicaron las poblaciones anuales de la especie por el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.16. 3.A.2 Ovinos: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.A.2 Ovinos	CH_4	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	(ONEI)

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.5.3.1 Datos de actividad de la subcategoría.

La población animal (cabezas año-1) fue obtenida de las series estadísticas anuales de la ONEI (2024)[13], donde aparecen los datos de actividad por año, abarcando toda la serie temporal.

5.2.5.3.2 Factores de emisión.

Para esta especie se utilizaron los factores de emisión por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 10.10), para países en desarrollo.

[13] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

Tabla 5.17. 3.A.2 Ovinos: factores de emisión por defecto de la subcategoría (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Tipo de Ganado	FE
3.A.2 Ovinos	5.0

Fuente: Cuadro 10.10; Capítulo 10; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.2.6. Porcinos (3.A.3.).

5.2.6.1. Descripción de la subcategoría.

Esta subcategoría incluye las emisiones de CH_4 que se produce como subproducto de los procesos digestivos en porcinos.

5.2.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022 las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 27.21 kt CO2 eq, disminuyendo en un 47.44 % desde 1990 y en un 16.88 % desde 2016 (Tabla 5.18 y Figura 5.9). La principal causa en la tendencia interanual son las variaciones en la población de la especie. Se observa un descenso importante a partir de 1990, con una recuperación desde 1999 hasta el 2019; la cantidad de animales comienza a disminuir desde ese año, influenciado por la situación económica del país posterior a la pandemia Covid-19 y el recrudecimiento del bloqueo económico financiero de EEUU a Cuba.

Tabla 5.18. 3.A.3 Porcinos: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022.

Año	3.A.3.a. Porcinos menores de 6 meses	3.A.3.b. Porcinos mayores de 6 meses	3.A.3 Porcinos (Total)
1990	24.05	27.72	51.77
1991	17.43	21.43	38.86
1992	9.92	12.60	22.52
1993	8.49	9.84	18.33
1994	8.92	9.33	18.24
1995	9.03	9.81	18.84
1996	8.72	8.53	17.26
1997	10.78	9.21	20.00
1998	15.27	6.04	21.31
1999	17.70	8.44	26.14
2000	15.67	11.07	26.73
2001	12.93	8.16	21.10
2002	14.22	12.07	26.29
2003	9.79	25.49	35.28
2004	12.13	17.79	29.92
2005	16.24	9.60	25.84
2006	14.02	18.28	32.30
2007	15.57	17.89	33.45
2008	19.18	10.18	29.36
2009	18.00	9.68	27.68

2010	14.99	11.39	26.38
2011	13.82	11.94	25.76
2012	14.39	11.42	25.82
2013	15.60	10.47	26.08
2014	15.67	11.68	27.35
2015	16.44	11.37	27.81
2016	17.58	15.16	32.73
2017	17.30	19.68	36.98
2018	20.45	18.86	39.31
2019	23.96	21.95	45.91
2020	9.90	9.47	19.37
2021	7.44	13.66	21.10
2022	11.19	16.02	27.21

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Con respecto a los componentes de esta subcategoría, el 3.A.3.a. Porcinos mayores de 6 meses acumula la mayoría de las emisiones, representando el 58.89 % del total de las emisiones en el 2022, mientras que la 3.A.3.b. Porcinos menores de 6 meses alcanza un 41.11 % (Figura 5.9).

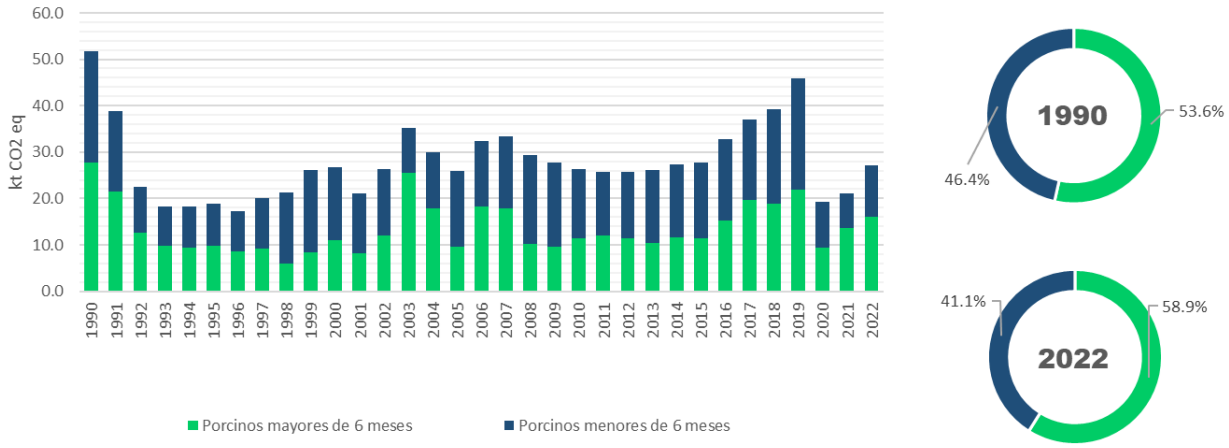


Figura 5.9. 3.A.3 Porcinos: emisiones de GEI (kt CO_2 eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.6.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría.

En la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1. Se multiplicaron las poblaciones anuales de la especie por el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.19. 3.A.3 Porcinos: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.A.3.a. Porcinos menores de 6 meses	CH_4	Nivel 1	IPCC, 2006	Estadística Complementaria del (GPOR) (ONEI)
3.A.3.b. Porcinos mayores de 6 meses				

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.6.3.1. Datos de actividad de la subcategoría.

La población animal (cabezas año^{-1}) fue obtenida de las series estadísticas anuales de la ONEI (2024)[14], donde aparecen los datos de actividad por año, abarcando toda la serie temporal; sin embargo, la información no se encuentra desagregada por las distintas categorías de animales y no permite la separación en mayores y menores de seis meses de edad. Como solución, se tomaron los datos del sistema estadístico complementario del Grupo Empresarial Porcino (Gpor) - que registra aproximadamente el 40 % de la masa total del país -, y se aplicó su porcentaje del movimiento del rebaño por categorías a los datos de la ONEI. La población de cerdos por año se desglosó en animales mayores de seis meses que no se sacrificaron en el año (peso de 70 kg) e incluye las categorías de reproductoras, sementales, cochinatas y cochinatos; el otro grupo fueron los porcinos menores de seis meses, con una duración de vida de 165 días y peso promedio de 18 kg, que lo conforman las crías, precebas y cebas. Lo anterior se hizo considerando la edad y el peso promedio establecido en el Manual de Buenas Prácticas Porcina en Cuba, a partir del criterio de expertos del Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) y del Grupo Empresarial Porcino (Gpor).

Tabla 5.20. 3.A.3 Porcinos: datos de actividad de la población animal (miles de cabezas año^{-1}) por componentes, serie 1990-2022.

Año	3.A.3.a. Porcinos menores de 6 meses	3.A.3.b. Porcinos mayores de 6 meses	3.A.3 Porcinos (Total)
1990	858.8	990.1	1,848.9
1991	622.5	765.3	1,387.8
1992	354.2	450.0	804.2
1993	303.1	351.5	654.6
1994	318.4	333.1	651.5
1995	322.6	350.2	672.8
1996	311.6	304.8	616.4
1997	385.1	329.1	714.2
1998	545.3	215.6	760.9
1999	632.0	301.5	933.5
2000	559.5	395.2	954.7
2001	461.9	291.5	753.4

[14] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

2002	507.9	430.9	938.8
2003	349.6	910.3	1,259.9
2004	433.1	635.3	1,068.4
2005	580.1	342.7	922.8
2006	500.8	652.9	1,153.7
2007	555.9	638.9	1,194.8
2008	684.9	363.5	1,048.4
2009	642.8	345.8	988.6
2010	535.3	406.8	942.1
2011	493.4	426.5	919.9
2012	514.1	407.9	922.0
2013	557.3	374.0	931.3
2014	559.6	417.1	976.7
2015	587.1	406.0	993.1
2016	627.7	541.4	1,169.1
2017	617.7	703.0	1,320.7
2018	730.2	673.7	1,403.9
2019	855.7	784.0	1,639.7
2020	353.7	338.2	691.9
2021	265.7	487.7	753.4
2022	399.5	572.3	971.8

Fuente: Juicio de expertos de centros científicos vinculados al sector, con base en las *Directrices del IPCC de 2006.*

5.2.6.3.2 Factores de emisión.

En esta especie se utilizaron los factores de emisión por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006 (Tabla 5-22), para países en desarrollo de América Latina.

Tabla 5.21. 3.A.3 Porcinos: factores de emisión por defecto de la subcategoría (kgCH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Tipo de Ganado	FE
3.A.3 Porcinos	1.0

Fuente: Cuadro 10.10; Capítulo 10; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.2.7 Otras especies (3.A.4.).

5.2.7.1 Descripción de la subcategoría.

Esta subcategoría incluye las emisiones de CH_4 que se producen como subproducto de los procesos digestivos de otras especies de menor participación en la población animal nacional. Las especies consideradas son las siguientes:

- 3.A.4.a. Búfalos
- 3.A.4.b. Caprinos (cabras)
- 3.A.4.c. Equinos (caballos)
- 3.A.4.d. Mulas y asnos

5.2.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 632.98 kt CO2 eq, que representa un incremento del 93.56 % en relación a 1990 y una disminución en un 10.33 % desde 2016 (Tabla 5.22 y Figura 5.10).

Tabla 5.22. 3.A.4 Otras especies: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022.

Año	3.A.4.a. Búfalos	3.A.4.b Caprinos	3.A.4.c. Mulas y asnos	3.A.4.d Equinos	Total
1990	11.40	4.73	10.25	300.64	327.01
1991	13.71	3.81	10.47	302.40	330.39
1992	15.71	4.06	10.75	305.83	336.35
1993	17.09	14.03	10.84	306.28	348.24
1994	16.17	14.03	10.75	300.99	341.94
1995	17.56	14.76	10.61	293.78	336.71
1996	21.87	16.59	10.14	286.07	334.66
1997	27.41	54.92	9.44	264.75	356.52
1998	32.34	53.77	8.51	218.53	313.16
1999	36.04	68.96	8.57	216.92	330.49
2000	44.66	100.11	8.40	209.06	362.23
2001	48.51	106.25	8.57	217.17	380.50
2002	56.06	121.30	8.54	220.50	406.39
2003	61.60	133.07	8.62	227.61	430.90
2004	67.30	146.52	8.62	233.86	456.30
2005	74.54	145.53	8.48	236.63	465.18
2006	81.16	163.93	8.43	243.33	496.84
2007	89.47	157.65	8.51	255.02	510.66
2008	96.87	158.76	8.65	269.14	533.41
2009	102.87	155.43	8.85	289.20	556.34
2010	103.33	131.33	9.10	309.25	553.02
2011	101.64	118.20	6.66	323.92	550.43
2012	98.56	91.14	9.46	343.68	542.84
2013	96.87	87.58	9.80	364.74	558.99
2014	94.56	85.22	10.19	390.05	580.01
2015	93.94	146.61	10.33	410.36	661.24
2016	95.48	165.96	10.58	433.84	705.86
2017	93.17	162.08	10.78	447.96	713.98
2018	92.86	165.90	10.95	461.56	731.27
2019	91.48	100.13	11.14	458.89	661.64
2020	83.47	99.95	12.63	461.21	657.25
2021	78.69	98.97	10.30	459.60	647.56
2022	75.61	88.83	11.00	457.53	632.98

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

La principal causa en la tendencia interanual son las variaciones en las poblaciones de las distintas especies. Ocurre un incremento en la cantidad de animales de estos otros ganados a partir de 1990, con un descenso desde el 2009 hasta el 2018. La situación económica del país posterior a la pandemia Covid-19 y el recrudecimiento del bloqueo económico y financiero de EEUU a Cuba, influenció en la disminución del número de animales a partir del 2019.

Con respecto a los componentes de esta subcategoría, el 3.A.4.d. *Equinos* acumula la mayoría de las emisiones, representando el 72.28 % del total de las emisiones en la serie, mientras que la 3.A.3.b. *Caprinos* alcanza a tener un 14.03 %, la 3.A.4.a *Búfalos* un 11.95 % y la 3.A.4.c *Mulas y asnos* solo un 1.74 % (Figura 5.10).

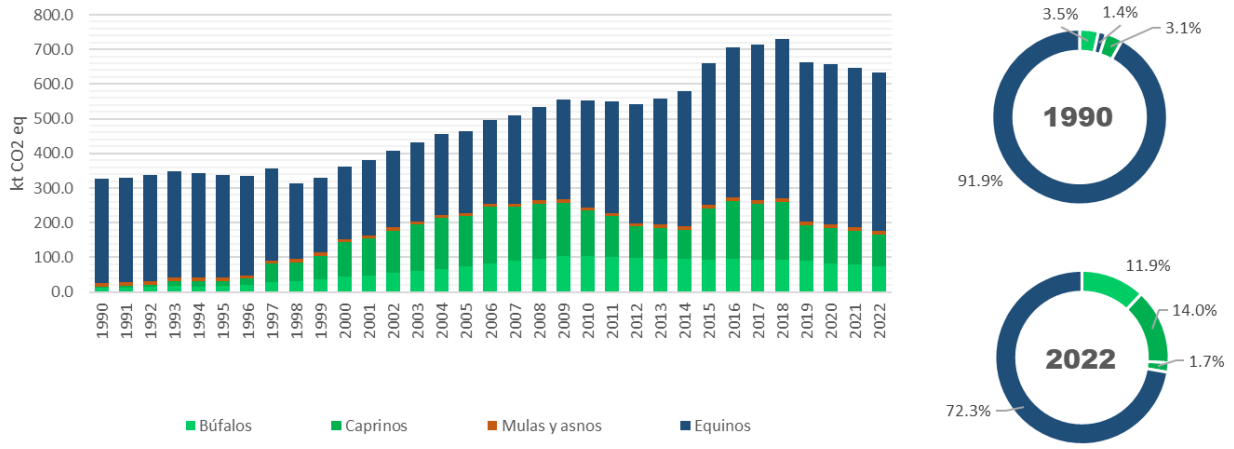


Figura 5.10. 3.A.4 Otras especies: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.7.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría.

En la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1. Se multiplicaron las poblaciones anuales de cada especie por el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.23. 3.A.4 Otras especies: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.A.4.a. Búfalos	CH_4	Nivel 1	IPCC, 2006	(ONEI)
3.A.4.b. Caprinos	CH_4	Nivel 1	IPCC, 2006	(ONEI)
3.A.4.c. Mulas y asnos	CH_4	Nivel 1	IPCC, 2006	(ONEI)
3.A.4.d. Equinos	CH_4	Nivel 1	IPCC, 2006	(ONEI)

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.2.7.3.1. Datos de actividad de la subcategoría.

La población animal (cabezas año^{-1}) fue obtenida de las series estadísticas anuales de la ONEI (2024)[15], donde aparecen los datos de actividad por año, abarcando toda la serie. Lo anterior

[15] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

corresponde a todos los ganados en esta subcategoría, exceptuando la bufalina, cuyo dato de actividad se tomó de la estadística complementaria del Ministerio de la Agricultura.

5.2.7.3.2. Factores de emisión.

Para estas especies se utilizaron los factores de emisión por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006 (Tabla 5.24), para países en desarrollo.

Tabla 5.24. 3.A.4 Otras especies: factores de emisión por defecto para las otras especies de animales (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Tipo de Ganado	FE
3.A.4.a. Búfalos	55.0
3.A.4.b. Caprinos	5.0
3.A.4.c. Mulas y asnos	18.0
3.A.4.d. Equinos	10.0

Fuente: Cuadro 10.10; Capítulo 10; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.2.8. Incertidumbre.

La incertidumbre combinada de esta categoría para el 2022, 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 5.25.

Tabla 5.25. 3.A. Fermentación entérica. Resumen de la incertidumbre combinada.

Código Categoría del IPCC	GEI	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
		(+) %	(-) %	(+) %
3.A.1. Ganado vacuno	CH_4	20.0	20.0	28.0
3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras	CH_4	20.0	20.0	28.0
3.A.1.a.ii Otro Ganado vacuno maduro	CH_4	20.0	20.0	28.0
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento	CH_4	20.0	20.0	28.0
3.A.2 Ovinos	CH_4	20.0	30.0	36.1
3.A.3 Porcinos	CH_4	20.0	30.0	36.1
3.A.4.a Búfalos	CH_4	20.0	30.0	36.1
3.A.4.b Caprinos	CH_4	20.0	30.0	36.1
3.A.4.c Mulas y asnos	CH_4	20.0	30.0	36.1
3.A.4.d Equinos	CH_4	20.0	30.0	36.1

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, con base en las Directrices del IPCC de 2006

Los datos de actividad y paramétricos fueron obtenidos desde diferentes fuentes y cada una tiene sus propios controles de calidad sobre la información que captan y difunden. No obstante, a partir de la información disponible, no resultó posible evaluar las funciones de densidad de probabilidades asociadas con los datos de actividad. Por lo cual, se aplicaron los valores de incertidumbre recomendados por las *Directrices del IPCC de 2006 (*Sección 10.2.3; Capítulo 10; Volumen 4). La incertidumbre asociada a los datos de población procedentes de estadísticas nacionales es de ± 20%.

En esta categoría se utilizaron FE por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*. Para los cuales se utilizó el valor de incertidumbre de ± 30%, recomendado por las *Directrices del IPCC de 2006 (*Sección 10.3.4; Capítulo 10; Volumen 4). La estimación de las emisiones de CH_4 del componente ganado vacuno se realizó con un método Nivel 2, para el cual, no se contó con un análisis de las incertidumbres que reflejará su situación en particular, por lo tanto, siguiendo las *Directrices del IPCC de 2006* se supuso que la incertidumbre en el método de Nivel 2 fuera de ± 20%.

5.2.9. Consistencia de la serie temporal.

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se utilizó la misma fuente de datos de actividad y los mismos factores de emisión.

5.2.10. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación.

5.2.10.1 Control de la calidad.

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se aplicaron las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la categoría; además, el Equipo Técnico Sectorial realizó actividades rutinarias durante el proceso de elaboración del inventario, que contribuyó con el control de la información y su calidad. Las acciones se enuncian a continuación:

- Se desarrollaron planillas de información base para cada categoría, en las cuales se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, así como las fuentes y los supuestos. Todos los datos se encuentran compilados en un solo fichero, para que esté centralizada la información y sea rápida su revisión y actualización, cuando corresponda.
- Todos los datos fueron ingresados a una plataforma digital para la realización de los cálculos correspondientes, que sirva de reservorio/almacenamiento de toda la información, la cual aparece de forma ordenada, coherente, exhaustiva, exacta, sin doble cómputo, evitando los errores asociados a la transcripción manual, y que permita futuras actualizaciones.
- Se realizó verificación cruzada de los diferentes datos presentes en las planillas de información base, en la plataforma digital y el informe, para garantizar que la información es consistente. Los errores detectados se corrigieron de inmediato.
- Se revisaron las Guías del IPCC de 2006 y otras referencias bibliográficas citadas.
- Se hicieron comparaciones de las estimaciones actuales con versiones de INGEI anteriores, de manera que se identificaran posibles errores de entrada o cálculo y así justificar las divergencias.
- La información fue validada por los proveedores de los datos.
- Se realizó una revisión de los cálculos, hojas de trabajo e informes por parte de los revisores internos que son parte del Equipo Técnico Sectorial de Agricultura.

5.2.10.2 Garantía de la calidad.

En todo el proceso de elaboración del inventario de GEI en el sector Agricultura se tuvo la asesoría técnica del Equipo Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Instituto de

Meteorología. Sus recomendaciones fueron tenidas en cuenta y se incorporaron en los análisis y cálculo de las emisiones para la categoría.

5.2.10.3 Verificación.

No hubo verificación con fuentes externas para esta categoría.

5.2.11. Recálculos.

Esta categoría fue considerada principal en ediciones anteriores, por lo cual es necesario la mejora constante de la estimación de las emisiones. Las mejoras metodológicas se realizaron, principalmente, en las subcategorías 3.A.1 *Ganado vacuno* y 3.A.3 *Porcinos.* La primera se desagregó en tres componentes: 3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras, 3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro y 3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento, con datos de actividad y paramétricos más exhaustivos, que permitió la estimación de factores de emisión específicos de país más refinados para un Nivel 2. En cambio, la población porcina fue desagregada en dos grupos: 3.A.3.a Porcinos mayores de 6 meses y 3.A.3.b Porcinos menores de 6 meses de edad, con datos también más exhaustivos y refinados.

Por lo anterior, uno de los principales avances en este ciclo fue la refinación de los factores de emisión en el ganado vacuno, logrados con el fortalecimiento de capacidades instituciones y técnicas en el sector a partir a partir de la implementación del primer proyecto CBIT en Cuba.

En comparación con respecto al inventario anterior (Serie 1990 - 2016), se aplicaron factores de emisión país refinados para las emisiones de CH_4 en el ganado vacuno y sus respectivos SGE y por defecto, procedentes de las Directrices del IPCC de 2006, para el resto de las especies.

Tabla 5.26. 3.A Fermentación entérica Comparación entre emisiones de GEI (Gg de CO2 eq) del INGEI de 2016 (serie 1990-2016) y el INGEI de 2022 (serie 1990-2022) (3.A)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2022
BUR 2016	5,053.41	4,997.49	4,806.09	4,485.60	4,823.32	4,881.19	4,886.54	-	-
NIR 2022	8,838.89	8,623.34	8,690.36	8,002.88	7,955.65	8,105.29	8,149.72	7,455.34	6,969.93
Diferencia	3,785.48	3,625.85	3,884.27	3,517.28	3,132.33	3,224.10	3,263.18	-	-
%	42.83	42.05	44.70	43.95	39.37	39.78	40.04	-	-

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En la Tabla 5.26 y Figura 5.11 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la Categoría con respecto del inventario anterior (Serie 1990-2016). La diferencia se debe principalmente a la utilización de datos más exhaustivos y el refinamiento de los factores de emisión país específicos de la Subcategoría 3.A.1 Ganado vacuno, en el Nivel 2. Esto generó en el 2016 un aumento de 3,263.18 kt CO_2 eq (40.04 %) en las emisiones de GEI de la categoría en la Serie 1990-2022, con respecto a la Serie 1990-2016.

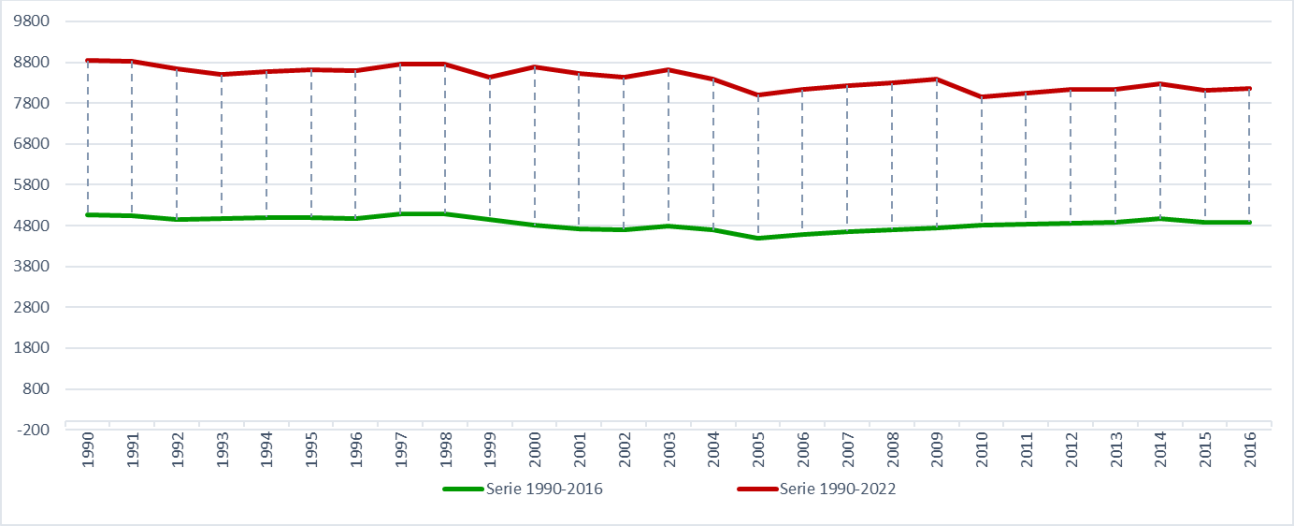


Figura 5.11. 3.A. Fermentación entérica: comparación entre las emisiones de GEI (kt CO_2 eq) del INGEI 2022 (serie 1990-2022) e INGEI 2020 (serie 1990-2020). Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura

5.2.12. Plan de mejoramiento.

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico de Agricultura en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

1. Obtener información de los datos de actividad de la categoría, desagregados por región agroclimática.
2. Revisión más exhaustiva de los datos paramétricos, incluyendo fuentes secundarias para los datos de digestibilidad de los alimentos y pesos vivos.
3. Desarrollo y mejora de los factores de emisión país específicos para las componentes animales de mayor importancia, así como para el análisis de sus incertidumbres.

5.3. Gestión del Estiércol (3.B.)

5.3.1. Descripción de la categoría.

El estiércol del ganado doméstico es otra fuente de emisiones de GEI, ya que el mismo está compuesto principalmente de material orgánico. Cuando este material orgánico se descompone en un medio anaeróbico, las bacterias metanogénicas producen CH_4; por otra parte, si las excretas se descomponen en un medio aeróbico, se genera N_2O. Estas condiciones ocurren a menudo cuando se manejan grandes cantidades de animales en una zona confinada (ej. vaquerías, establos, granjas de aves y cerdos, etc.), 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.

La cantidad de emisiones depende del sistema de tratamiento utilizado: almacenamiento sólido, esparcido diario, lagunas anaeróbicas, como un combustible, sistema líquido, etc. Los mayores volúmenes de GEI corresponden al manejo en forma líquida, por facilitar la descomposición anaeróbica de las sustancias orgánicas contenidas en el estiércol. En las emisiones influyen

otras condiciones, tales como: la temperatura, la humedad, viento, radiación solar, ubicación de las excretas, etc.

En esta categoría, para estimar las emisiones de GEI, se tomaron en consideración todos los componentes animales. Se incluyeron los animales herbívoros (ganado vacuno, búfalos, ovinos, caprinos, equinos, mulas y asnos) y no herbívoros (cerdos y aves de corral). Las excretas de éstos últimos, al igual que la de los herbívoros, se manejan con distintos objetivos: producción de abonos, obtención de energía, alimento animal, etc.

La categoría está conformada por las siguientes subcategorías:

- 3.B.1. Ganado vacuno
- 3.B.2. Ovinos
- 3.B.3. Porcinos
- 3.B.4. Otros ganados
- 3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O

En el cálculo de las emisiones de todas las subcategorías se utilizaron las metodologías propuestas por las Directrices del IPCC de 2006. La estimación de CH_4 y N_2O directo para las subcategorías del ganado vacuno se realizó mediante un método de Nivel 2; mientras, en el resto de las especies para ambos gases se utilizó un Nivel 1 con factores de emisión por defecto del IPCC de 2006. En la estimación del N_2O indirecto de la gestión del estiércol se empleó un Nivel 1.

5.3.2 Tendencia de las emisiones de GEI.

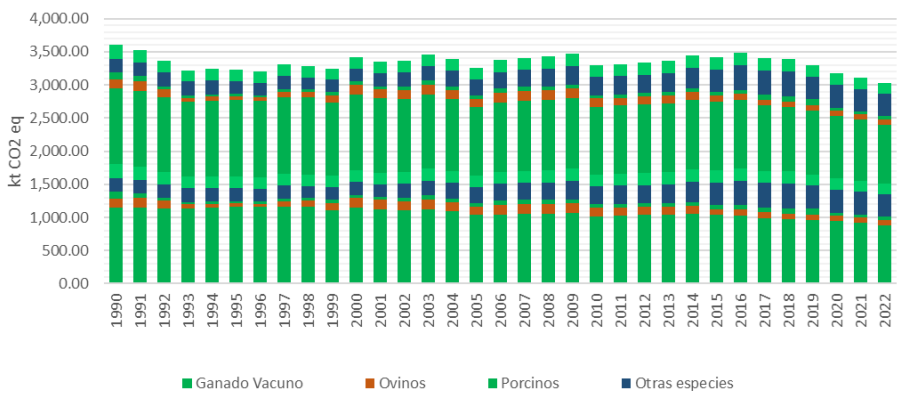
En el 2022, las emisiones contabilizaron 1,515.34 kt CO_2 eq, disminuyendo en un 15.84 % desde 1990 y un 12.92 % desde el 2016 (Tabla 5.27 y Figura 5.12). La causa principal de la tendencia y las variaciones interanuales son los cambios experimentados por la población animal.

Tabla 5.27. 3.B. *Gestión del estiércol*: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2022.

Año	3.B.1 Ganado vacuno			3.B.2 Ovinos	3.B.3 Porcinos	3.B.4 Otras especies					3.B.5 Emisiones indirectas de N2O
	3.B.1.a.i Vacas lecheras maduras	3.B.1.a.ii Otro Ganado vacuno maduro	3.B.1.a.iii Ganado vacuno en Crecimiento			3.B.4.a. Búfalos	3.B.4.b Caprinos	3.B.4.c. Mulas y asnos	3.B.4.d Equinos	3.B.4.e Aves	
1990	224.50	419.56	503.15	137.43	103.54	1.78	2.32	5.89	175.54	23.69	203.18
1991	204.64	457.01	487.13	140.89	77.72	2.14	1.87	6.02	176.57	16.02	192.78
1992	202.05	470.56	462.49	117.35	45.04	2.46	1.99	6.18	178.57	13.18	183.95
1993	189.90	487.28	457.64	59.90	36.66	2.67	6.88	6.22	178.84	11.27	174.41
1994	189.54	491.59	466.49	57.72	36.48	2.53	6.88	6.18	175.75	10.93	174.66
1995	191.56	489.80	474.39	54.34	37.68	2.75	7.23	6.10	171.54	9.48	172.31
1996	194.58	492.33	467.96	49.85	34.52	3.42	8.13	5.82	167.04	8.76	169.94
1997	203.23	490.65	470.63	74.11	40.00	4.29	26.92	5.42	154.59	8.85	175.22
1998	207.76	485.88	472.56	86.56	42.61	5.06	26.36	4.89	127.60	8.46	173.05

1999	195.07	469.40	443.22	113.26	52.28	5.64	33.81	4.92	126.66	8.77	171.78
2000	235.05	478.43	432.78	142.48	53.46	6.98	49.08	4.83	122.07	7.43	176.22
2001	237.72	453.77	430.92	139.79	42.19	7.59	52.08	4.92	126.81	7.05	173.42
2002	230.31	443.41	428.08	144.79	52.57	8.77	59.46	4.91	128.75	6.40	172.39
2003	232.70	448.89	442.70	142.93	70.55	9.63	65.23	4.95	132.90	6.27	175.81
2004	194.09	462.11	437.13	133.50	59.83	10.52	71.83	4.95	136.55	7.69	176.39
2005	153.36	457.21	425.51	130.79	51.68	11.66	71.34	4.87	138.17	8.81	173.13
2006	152.27	466.65	420.82	152.96	64.61	12.69	80.36	4.84	142.08	10.21	180.62
2007	164.86	461.62	427.88	146.97	66.91	13.99	77.28	4.89	148.91	10.06	181.26
2008	170.07	447.34	440.84	148.18	58.71	15.15	77.83	4.97	157.15	9.91	182.59
2009	184.29	429.29	459.06	143.14	55.36	16.09	76.19	5.08	168.86	10.43	185.08
2010	186.13	395.59	431.49	130.84	52.76	16.14	64.38	5.23	180.58	10.48	176.27
2011	165.78	416.09	449.00	117.75	51.51	15.89	57.94	5.28	189.14	11.40	178.84
2012	165.94	420.29	458.13	116.45	51.63	15.41	44.68	5.44	200.67	10.22	178.05
2013	172.72	410.33	462.74	112.73	52.16	15.15	42.94	5.63	212.98	11.25	180.28
2014	168.99	411.44	478.61	120.39	54.69	14.79	41.78	5.85	227.75	11.27	184.61
2015	168.01	383.21	482.56	93.47	55.61	14.69	71.87	5.94	239.61	10.69	182.76
2016	161.05	384.57	484.97	91.56	65.47	14.93	81.35	5.99	253.32	10.99	185.80
2017	144.49	370.68	472.02	86.81	73.96	14.57	79.45	6.19	261.56	10.89	181.42
2018	149.75	359.34	462.62	81.53	78.62	14.52	81.33	6.29	269.51	10.85	179.80
2019	137.46	364.45	455.61	81.60	91.82	14.31	49.08	6.40	267.95	9.61	172.22
2020	133.97	353.28	458.06	80.78	38.75	13.05	49.00	7.25	269.30	10.21	171.90
2021	127.88	338.45	452.22	79.93	42.19	12.31	48.51	5.92	268.36	9.87	168.03
2022	123.62	323.73	433.45	78.21	54.42	11.82	43.55	6.32	267.15	10.03	163.03

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG



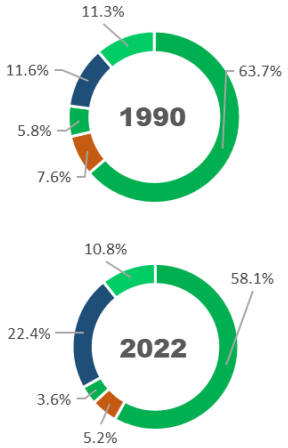


Figura 5.12. 3.B. Gestión del estiércol: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Con respecto a las subcategorías (Figura 5.12), el 3.B.1 *Ganado vacuno* acumula la mayoría de las emisiones, con el 58.13 %. Le siguen la 3.B.4 *Otras especies* con el 22.36 %, la 3.B.5 *Emisiones indirectas de N_2O* con un 10.76 %, la 3.B.2 *Ovinos* con el 5.16 % y, por último, el 3.B.3 *Porcinos* con 3.59 %. Como se mencionó anteriormente, la pandemia Covid-19 afectó significativamente la actividad agropecuaria en los últimos años y esto es reflejado en la reducción de las emisiones desde el 2019.

Algunos otros factores que han influido en las tendencias de las emisiones son los fenómenos climáticos, principalmente para los rebaños herbívoros, que tienen a los pastos y forrajes como base de su alimentación. Sin embargo, en la Subcategoría 3.B.4 Otras especies se aprecia un incremento del 10.67 % en el 2022, con respecto a 1990, debido al aumento en el tamaño de los rebaños caprino, equino y avícola, por mayores incentivos a los productores para su explotación (Figura 5.13).

En la Figura 5.13 se observan las emisiones de CH_4 por los componentes de la categoría. Los mayores valores son alcanzados por la 3.B.1.a.iii *Ganado vacuno en crecimiento* con un 32.05 %, le continúan en orden de importancia: la 3.B.1.a.ii *Otro ganado vacuno maduro* con un 23.94 %, la 3.B.4.d *Equinos* que emite el 19.76 % de las emisiones, la 3.B.1.a.i *Vacas lecheras maduras* con el 9.14 % y el 3.B.2 *Ovinos* con el 5.78 %; el resto de las especies acumulan el restante 9.33 %.

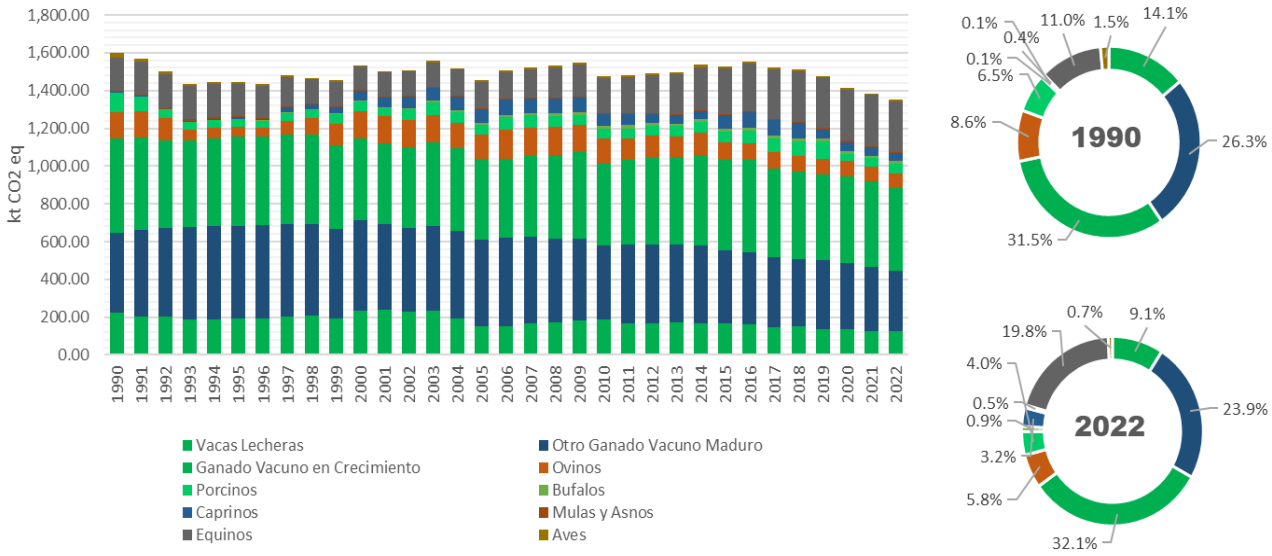


Figura 5.13. 3.B. Gestión del estiércol: emisiones de GEI (kt CO2 eq) por tipos de ganado, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría.

La estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O directo de esta categoría se realizó con un método Nivel 2 para el ganado vacuno y un Nivel 1 para el resto de las especies de animales. En la

aplicación de este último fue suficiente conocer las poblaciones de animales por especie, que se multiplicaron por los factores de emisión por defecto correspondientes. En la estimación de las emisiones indirectas de N_2O, debido a la volatización de nitrógeno de la gestión del estiércol, se empleó un Nivel 1. No se calcularon las emisiones indirectas de N_2O debidas a lixiviación de la gestión del estiércol, porque no se contó con información específica del país sobre la fracción de pérdida de nitrógeno por lixiviación y escurrimiento de sistemas de gestión del estiércol.

La población animal es la misma que se utilizó en la Categoría 3.A *Fermentación entérica* con la incorporación de los datos de las aves de corral, para contabilizar las emisiones de CH_4 y N_2O por el manejo del estiércol. En la Tabla 5.28 se observa un resumen de los métodos aplicados para las distintas subcategorías y por tipo de GEI.

Tabla 5.28. 3.B. Gestión del estiércol: métodos y factores de emisión aplicados, serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.A.1 Ganado vacuno	CH_4, N_2O	Nivel 2	Para CH_4 factores de emisión propio de país Para N_20 factores por defecto del IPCC, 2006 (los de América Latina)	Estadística Complementaria del MINAG Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)
3.A.1.a Otros (Opción B)				
3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras				
3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro				
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento				
3.B.2 Ovinos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.3 Porcinos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	ONEI Estadística Complementaria del GPOR
3.B.4.a. Búfalos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del MINAG
3.B.4.b. Caprinos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.4.c. Mulas y asnos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.4.d. Equinos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.4.e. Aves de corral	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.5 Emisiones indirectas de N_2O	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores por defecto del IPCC, 2006	ONEI

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En el cálculo de las emisiones de CH_4 derivadas de la gestión del estiércol, para los métodos de Nivel 1 y 2, se utilizó la Ecuación 10.22 del Capítulo 10, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006.

$$CH_{4\,Estiércol} = \sum_{(T)} \frac{\left(EF_{(T)} \bullet N_{(T)}\right)}{10^6}$$

Fuente: Ecuación 10.22; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- CH_4 Estiércol = emisiones de CH_4 por la gestión del estiércol, para una población definida, 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 la especie/categoría de ganado
- T del país T = especie/categoría de ganado

El factor de emisión propio para las emisiones de CH_4 por la gestión del estiércol en el ganado vacuno fue calculado por la Ecuación 10.23 de las Directrices del IPCC de 2006.

$$\boldsymbol{EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365)\left[B_{o(T)} \cdot 0.67 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCFS,k}{100} \cdot MS_{(T,S,k)}\right]}$$

Fuente: Ecuación 10.23; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $EF_{(T)}$ = factor de emisión anual de CH_4 para la población de ganado categoría T, kg CH_4 $animal^{-1}$ $año^{-1}$
- $VS_{(T)}$ = sólidos volátiles excretados por día en la categoría de ganado T, kg materia seca $animal^{-1}$ $día^{-1}$
- 365 = base para calcular la producción anual de VS, días $año^{-1}$
- $B_{o(T)}$ = capacidad máxima de producción de CH_4 del estiércol producido por el ganado de la categoría T, m^3 CH_4 kg^{-1} de VS excretados (se utilizó 0.13 para vacas lecheras y 1.0 para los restantes ganados, de las Tablas 10A.4 y tabla 10A.5 de Anexos en el Volumen 4, Capítulo 10 de las Directrices del IPCC de 2006).
- 0,67 = factor de conversión de m^3 de CH_4 a kilos de CH_4
- $MCF_{(S,k)}$ = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol S por región climática k, % (se utilizó el valor 2.0)
- $MS_{(T,S,k)}$ = fracción del estiércol del ganado de la categoría T manejado usando el sistema de gestión de desechos S en la región climática k, sin dimensión

Los sólidos volátiles (VS) para cada una de los componentes de la subcategoría del ganado vacuno se calcularon por la Ecuación 10.24 de las Directrices del IPCC de 2006.

$$VS = \left[GE \bullet \left(1 - \frac{DE\%}{100}\right) + (UE \bullet GE)\right] \bullet \left[\left(\frac{1 - ASH}{18.45}\right)\right]$$

Fuente: Ecuación 10.24; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- VS = excreción de sólidos volátiles por día en base a materia orgánica seca, kg VS día^{-1}
- GE = ingesta de energía bruta, MJ día^{-1}
- DE% = digestibilidad del alimento en porcentaje (p. ej., 60%)
- (UE • GE) = energía urinaria expresada como fracción de la GE (Se utilizó 0,04 para el ganado vacuno).
- ASH = el contenido de ceniza del estiércol calculado como fracción de la ingesta alimentaria de materia seca (p. ej., 0,08 para vacunos).
- 18.45 = factor de conversión para GE dietaria por kg de materia seca (MJ kg^{-1}). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

Las emisiones directas de N_2O para todas las especies se calculó con las siguientes fórmulas:

$$N2OD(mm) = [\sum S[\sum T(N(T) \cdot Nex(T) \cdot MS(T,S))] \cdot FE3(S)] \cdot 44/28$$

Fuente: Ecuación 10.25; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $N_2O_{D(mm)}$ = emisiones directas de N_2O de la gestión del estiércol del país, kg N_2O año^{-1}
- $N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- $Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal^{-1}año^{-1}
- $MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión
- $EF3_{(S)}$ = factor de emisión para emisiones directas de N_2O del sistema de gestión del estiércol S en el país, kg N_2O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S
- S = sistema de gestión del estiércol
- T = especie/categoría de ganado
- 44/28 = conversión de emisiones de (N2O-N) (mm) a emisiones de N_2O (mm)

$$N_{volatilización-MMS} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \bullet Nex_{(T)} \bullet MS_{(T,S)} \right) \bullet \left(\frac{Frac_{GazMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Fuente: Ecuación 10.26; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $N_{volatilización-MMS}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH3 y NOx, kg N año-1
- $N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país
- $Nex_{(T)}$= promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal^{-1}año^{-1}

- MS(T,S) = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión
- $Frac_{GasMS}$ = porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH_3 y NOx en el sistema de gestión del estiércol S, %

$$N_2O_{G(mm)} = \left(N_{volatilización-MMS} \bullet EF_4\right) \bullet \frac{44}{28}$$

Fuente: Ecuación 10.27; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $N_2O_{G(mm)}$ = emisiones indirectas de N_2O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg N_2O $año^{-1}$
- EF_4 = factor de emisión para emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-N volatilizado)$^{-1}$; el valor por defecto es 0,01 kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-N volatilizado)$^{-1}$, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

$$Nex_{(T)} = N_{indice(T)} \bullet \frac{TAM}{1000} \bullet 365$$

Fuente: Ecuación 10.30; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $Nex_{(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T, kg N $animal^{-1}$ $año^{-1}$
- $Níndice_{(T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1000 kg masa animal)$^{-1}$ $día^{-1}$
- $TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T, kg $animal^{-1}$

$$\mathrm{Nex_{(T)} = N_{intake(T)} \bullet \left(1 - N_{retention\_frac(T)}\right) \bullet 365}$$

Fuente: Ecuación 10.31; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $Nex_{(T)}$ = tasa de excreción anual de N, kg N $animal^{-1}$ $año^{-1}$
- $Ningesta_{(T)}$= ingesta anual N por cabeza de la especie/categoría animal T, kg N $animal^{-1}$ $año^{-1}$
- $Nretención_{(T)}$ = fracción de la ingesta anual de N retenida por el animal de la especie/ categoría T, sin dimensión

$$N_{ingesta(T)} = \frac{GE}{18{,}45} \bullet \left(\frac{\frac{CP\%}{100}}{6{,}25}\right)$$

Fuente: Ecuación 10.32; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $Ningesta_{(T)}$ = N consumido diariamente por animal de la categoría T, kg N $animal^{-1}$ $día^{-1}$
- GE = ingesta de energía bruta del animal, en modelo entérico, basada en energía digerible, producción de leche, preñez, peso actual, peso maduro, tasa de aumento de peso, y constantes del IPCC, MJ $animal^{-1}$ $día^{-1}$.
- 18.45 = fracción de conversión para GE dietaria por kg de materia seca, MJ kg^{-1}.
- CP% = porcentaje de proteína cruda de la dieta
- 6.25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína en el alimento $(kg\ N)^{-1}$

$$N_{retención\ (T)} = \left[\frac{Leche \bullet \left(\frac{Leche\ \ PR\ \%}{100}\right)}{6,38}\right] + \left[\frac{WG \bullet \left[268 - \left(\frac{7,03 \bullet NE_g}{WG}\right)\right]}{\frac{1\,000}{6,25}}\right]$$

Fuente: Ecuación 10.33; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Donde:

- $Nretención_{(T)}$ = N retenido diariamente por animal de la categoría T, kg N $animal^{-1}$ $día^{-1}$
  Leche = producción de leche, kg $animal^{-1}$ $día^{-1}$ (sólo aplicable a vacas lecheras)
- Leche PR% = porcentaje de proteína en la leche, calculado como [1,9 + 0,4 ● %Grasa], donde %Grasa es una entrada, que se supone como 4% (sólo aplicable a vacas lecheras)
- 6,38 = conversión de proteína de la leche a N de la leche, kg proteína $(kg\ N)^{-1}$
- WG = aumento de peso, entrada para cada categoría de ganado, kg $día^{-1}$
- 268 y 7,03 = constantes de la Ecuación 3-8 del NRC (1996)
- NEg = energía neta para crecimiento, calculada en la caracterización del ganado sobre la base del peso actual, el peso maduro, la tasa de aumento de peso y constantes del IPCC, MJ $día^{-1}$
- 1 000 = conversión de gramos por kilo, g kg^{-1}
- 6,25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de dieta, kg proteína $(kg\ N)^{-1}$

5.3.3.1. Datos de actividad de la categoría.

Datos de actividad de la población animal.

Los datos de actividad y paramétricos de cada especie fueron los mismos utilizados para la estimación de las emisiones de GEI en la categoría 3.A. *Fermentación entérica.*

En esta categoría se incluyeron a las aves de corral para contabilizar las emisiones de CH_4 por la gestión del estiércol (Tabla 5.29). Las aves de corral incluyeron a las gallinas ponedoras, pollos de ceba, reproductores, así como reemplazos de reproductores y ponedoras y otras aves (pavos, patos, codornices, etc.), procedentes de las empresas avícolas estatales del país; no se sumaron las aves de corral de patios y parcelas. La información fue obtenida de los datos publicados por la ONEI en sus Anuarios Estadísticos Anuales.

Tabla 5.29. 3.B Gestión del estiércol: población de las aves de corral (miles de cabezas año^{-1}) por tipo de animal, serie 1990-2022.

Año	Gallinas ponedoras y sus reemplazos	Pollos de ceba	Reproductores y sus reemplazos	Otras aves de corral	Total de las aves de corral
1990	16,956.3	10,351.9	2,773.4	126.5	30,208.1
1991	17,041.5	314.3	2,789.9	282.3	20,428.0
1992	14,287.2	475.3	1,954.0	82.3	16,798.8
1993	12,402.6	406.6	1,486.3	71.5	14,367.0
1994	10,385.4	1,963.2	1,516.6	69.5	13,934.7
1995	8,769.9	1,853.6	1,327.9	130.0	12,081.4
1996	8,414.5	1,252.1	1,338.9	158.4	11,163.9
1997	8,739.5	1,022.9	1,332.7	190.6	11,285.7
1998	8,617.1	894.6	1,009.1	259.3	10,780.1
1999	9,012.2	814.0	1,172.3	179.2	11,177.7
2000	7,897.7	336.1	1,045.7	199.3	9,479.0
2001	7,790.1	152.2	782.6	260.0	8,984.9
2002	7,345.1	50.7	503.1	259.5	8,158.4
2003	7,363.7	29.9	421.5	182.8	7,997.9
2004	9,134.3	12.8	464.9	197.3	9,809.3
2005	10,624.5	0.0	428.7	174.9	11,228.1
2006	11,912.2	0.2	504.4	604.8	13,021.6
2007	11,700.0	3.6	533.5	594.8	12,831.9
2008	11,524.5	3.5	525.5	585.9	12,635.9
2009	11,835.6	0.0	605.6	859.8	13,301.0
2010	12,018.7	0.0	528.1	811.8	13,358.6
2011	13,098.0	0.0	565.3	866.3	14,529.6
2012	11,687.6	0.0	525.8	813.4	13,026.8
2013	12,528.4	0.0	628.8	1,182.8	14,340.0
2014	13,007.4	0.0	480.7	874.7	14,362.8
2015	12,367.7	0.0	566.5	699.6	13,633.8
2016	11,720.2	0.0	477.8	1,814.4	14,012.4
2017	12,454.1	0.0	469.5	962.9	13,886.5
2018	12,535.2	0.0	523.4	775.5	13,834.0
2019	10,517.2	0.0	538.2	1,198.0	12,253.4
2020	11,527.2	0.0	497.7	987.2	13,012.1
2021	11,143.50	0.0	447.7	997.9	12,589.1
2022	11,233.70	0.0	494.5	1,061.0	12,789.2

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En Cuba se detuvo la producción de carne en la avicultura a partir del 1999 por una decisión del gobierno cubano; por esa razón, desciende significativamente la población de pollos de ceba desde esa fecha hasta el año 2009, a partir del cual no aparecen más registros del mismo. La información que se obtuvo de la estadística nacional abarcaba la serie hasta el 2021, por lo que se extrapoló la media de los años 2019 al 2021 al año 2022.

Datos de actividad de los sistemas de gestión del estiércol (SGE).

Al ganado vacuno, búfalos, ovinos, caprinos, equinos, mulas y asnos, porcinos y aves de corral se les asignaron diferentes SGE para la estimación de las emisiones de N_2O. La selección del

SGE se realizó por criterios de expertos[16], al no haber datos estadísticos en el país. Para ello, se consideraron los métodos de tratamiento de residuales orgánicos que predominan en los sistemas de producción animal a nivel nacional. Los mismos se muestran a continuación.

Tabla 5.30. 3.B. Gestión del estiércol: definición de los sistemas de tratamiento de residuales por tipos de ganado.

Ganado vacuno, equino, ovino, caprino, búfalos, mulas y asnos	**Pastura/Prado/Pradera**	El estiércol de los animales se deposita en pasturas o prados durante el pastoreo, permanecen como tal, sin gestionarse.
	Corral de engorde	Zona de confinación pavimentada o no sin cobertura vegetativa de la que el estiércol acumulado puede retirarse periódicamente. Los corrales de engorde se encuentran habitualmente en los climas secos, pero también se emplean en climas húmedos.
Ganado porcino	**Laguna anaeróbica no cubierta**	Tipo de sistema de almacenamiento en líquido diseñado y operado para combinar la estabilización y el almacenamiento de desechos. Habitualmente, se utiliza el sobrenadante de la laguna para retirar el estiércol de las instalaciones de confinamiento relacionadas con ésta. Las lagunas anaeróbicas se diseñan para diversos períodos de almacenamiento (de hasta un año o más), según la región climática, la tasa de carga de sólidos volátiles y de otros factores operativos. El agua de la laguna puede reciclarse como agua para limpieza o usarse para irrigar y fertilizar campos.
	Digestor anaeróbico	En general, los digestores anaeróbicos se diseñan y operan para la estabilización de los desechos mediante la reducción microbiana de compuestos orgánicos complejos de CH_4 y CO_2, que se capturan y queman a o se usan como combustible.
Aves de corral	**Estiércol de aves de corral sin hojarasca**	Puede ser similar a pozos abiertos en instalaciones cerradas de confinación de animales o puede diseñarse y operarse para secar el estiércol a medida que se acumula. Esto último se conoce como sistema elevado de gestión del estiércol y constituye una forma de fabricación pasiva de compost en filas cuando se lo diseña y opera correctamente.

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura con base en el Cuadro 10.18, Capítulo 10, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006

En la Tabla 5.31 se muestran los porcentajes de utilización de los SGE para las distintas especies de la ganadería en Cuba. Los animales herbívoros (vacunos, búfalos, ovinos, caprinos, equinos,

16 Fuente: Juicio experto de Investigadores Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey con base en las Directrices del IPCC de 2006.

mulas y asnos) están parte del día en pastoreo y las restantes horas en los corrales de engorde, al predominar los sistemas semi-estabulados de explotación y una alimentación basada en los pastos y forrajes. El porcentaje para estos grupos de animales se determinaron por criterios de expertos[17].

En el caso del ganado porcino, se utilizó la laguna anaeróbica no cubierta como único sistema de gestión de estiércol desde 1990 hasta el 2012, pero a partir del 2013 al 2022 se incorpora el sistema de gestión bajo tratamiento por digestores. La información del número de biodigestores instalados y en funcionamiento, y la población de cerdos bajo este tratamiento, fue aportada por el Grupo Empresarial Porcino (Gpor).

Tabla 5.31. 3.B. Gestión del estiércol: porcentaje de utilización de los sistemas de gestión de residuales por tipos de ganados.

Subcategorias	Sistemas de Gestión de Estiércol				
	Pastura /Prado /Pradera	Corral de engorde	Laguna anaeróbica no cubierta	Digestor anaeróbico	Estiércol de aves de corral sin hojarasca
3.B.1.a.i Vacas lecheras maduras	50%	50%			
3.B.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro	50%	50%			
3.B.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento	50%	50%			
3.B.2 Ovinos	50%	50%			
3.B.3 Porcinos			99.30%	0.70%	
3.B.4.a Búfalos	50%	50%			
3.B.4.b Caprinos	50%	50%			
3.A.B.c Mulas y asnos	30%	70%			
3.B.4.d Equinos	30%	70%			
3.B.4.e Aves de corral					100%

Fuente: Juicio de expertos de centros científicos y académicos vinculados al sector.

Un dato importante para estimar las emisiones de N_2O corresponde a la tasa anual de excreción de nitrógeno por especie animal. En el caso del ganado vacuno, se obtuvo a partir del cálculo del N consumido y N el retenido (Ecuación 10.32 y 10.33). En el resto de las especies se aplicaron los valores de la tasa de excreción por defecto por día por cada 1.000 kg de peso vivo, que aparecen en el Cuadro 10.19, Capítulo 10, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006. Esos valores se multiplicaron por la masa corporal animal (Tabla 5.14), aplicando la Ecuación 10.30 de las Directrices del IPCC de 2006.

[17] Fuente: Juicio experto de investigadores y profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

5.3.3.2. Factores de emisión.

Las emisiones de CH_4 en el ganado vacuno se calcularon con un Nivel 2, mientras en el resto de las especies, con sus respectivos SGE, se aplicaron los factores de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006.*

5.3.4 Ganado bovino (3.B.1.).

5.3.4.1 Descripción de la subcategoría.

Esta subcategoría incluye las emisiones de CH_4 y N_2O generadas por la descomposición del estiércol bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas del ganado vacuno. En Cuba, la producción bovina se basa en el pastoreo directo una parte del tiempo, por lo que las emisiones de estiércol y orina depositadas en los pastizales y praderas son contabilizadas en la Categoría 3.D. Suelos agrícolas.

5.3.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 880.80 kt CO_2 eq (representando el 57.31 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 23.22 % desde 1990 y en un 14.53 % desde 2016 (Tabla 5.26 y Figura 5.12). La principal causa en la tendencia y las variaciones interanuales es el descenso de la población en general desde el 1990, condicionado por la carencia de recursos, insumos e inversiones en este sector, debido a la situación económica y financiera del país, agravado por el bloqueo de EEUU a Cuba.

Respecto a las componentes, el 3.B.1.a.iii *Ganado vacuno en crecimiento* acumula la mayoría de las emisiones, representando un 49.21 % de la subcategoría, seguido por el 3.B.1.a.ii *Otro ganado vacuno maduro* con el 36.75 % y el 3.B.1.a.i Vacas lecheras maduras con el 14.04 % (Figura 5.14).

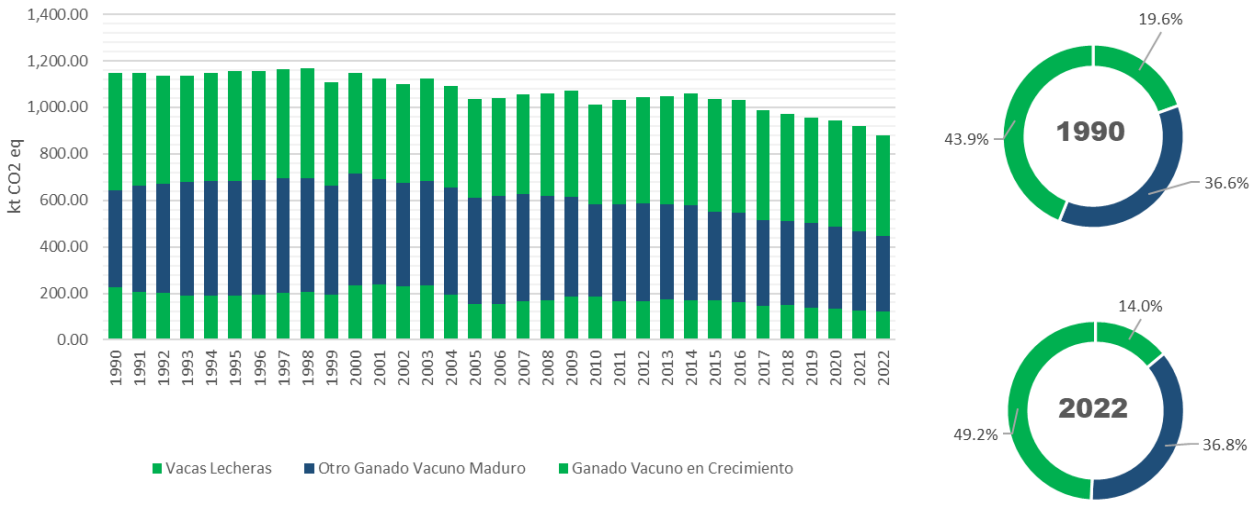


Figura 5.14. 3.B.1 Ganado vacuno: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.4.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría.

Para la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 2 para sus distintos componentes. En la Tabla 5.32 se observa un resumen de los métodos aplicados por componente animal y por tipo de GEI.

Tabla 5.32. 3.B.1 Ganado vacuno: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.B.1 Ganado vacuno	CH_4, N_2O	Nivel 2	Para CH_4 factores de emisión propio de país Para N_20 factores por defecto del IPCC, 2006 (los de América Latina)	Estadística Complementaria del MINAG Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI)
3.A.1.a Otros (Opción B)				
3.A.1.a.i Vacas lecheras maduras				
3.A.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro				
3.A.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento				

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.4.3.1 Datos de actividad estadísticos y paramétricos.

La población animal (cabezas año^{-1}) se obtuvo de igual forma que en la fermentación entérica. Consultar el acápite 5.2.4.3.

En esta subcategoría se calcularon las emisiones de GEI bajo el SGE: Corral de engorde. La fracción de población animal para los distintos SGE se determinó con base en los criterios de expertos[18] (Tabla 5.33).

Tabla 5.33. 3.B.1. Ganado vacuno: tasas de excreción de nitrógeno (kg N (1.000 kg masa animal)$^{-1}$ año^{-1}) del ganado vacuno, en la serie 1990-2022.

Año	Vacas lecheras	Vacas no lecheras	Bueyes	Toros de reprod.	Añojas	Añojos	Novillas	Toretes	Toros de ceba	Terneros (as)
1990	69.436	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1991	67.955	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1992	65.856	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1993	65.856	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1994	66.455	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1995	66.399	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1996	66.305	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1997	66.118	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1998	65.956	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109
1999	66.043	57.784	89.310	66.076	33.810	33.959	43.723	56.995	76.691	8.109

[18] Fuente: Juicio experto de investigadores y profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

2000	75.889	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2001	75.889	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2002	75.705	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2003	75.889	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2004	74.460	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2005	74.460	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2006	76.092	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2007	76.767	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2008	77.845	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2009	78.304	65.192	87.466	70.893	37.532	36.594	48.690	59.760	84.643	7.331
2010	73.076	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2011	73.967	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2012	74.021	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2013	73.129	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2014	73.340	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2015	71.295	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2016	74.468	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2017	73.972	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2018	74.652	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2019	74.257	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2020	72.921	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2021	71.191	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711
2022	70.483	60.478	80.071	65.158	28.028	28.898	46.691	54.977	73.418	6.711

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura con base en valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y juicio experto.

5.3.4.3.2. Factores de emisión.

Los factores de emisión país específicos empleados para la estimación de la emisión de CH_4 por la gestión del estiércol en el Ganado bovino se obtuvieron en base a la Ecuación 10.23 del Capítulo 10, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006, y la utilización de juicio de expertos[19]. Estos factores se calcularon según categoría de la especie y modelo de gestión del ganado. Los resultados se muestran a continuación, por año y categoría animal.

Tabla 5.34. 3.B.1. Ganado bovino: factores de emisión específico de país por tipo de *Ganado Vacuno* para la categoría de *gestión del estiércol* (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Año	Vacas lecheras	Vacas no lecheras	Terneros (as)	Añojos	Toretes	Toros de ceba	Añojas	Novillas	Bueyes	Toros de reprod.
1990	4.055	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749

[19] Fuente: Juicio experto de investigadores y profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

1991	3.902	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1992	3.686	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1993	3.686	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1994	3.748	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1995	3.742	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1996	3.733	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1997	3.713	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1998	3.699	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
1999	3.706	2.280	0.266	1.413	2.371	3.191	1.407	1.819	3.922	2.749
2000	4.598	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2001	4.598	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2002	4.580	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2003	4.598	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2004	4.468	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2005	4.468	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2006	4.622	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2007	4.692	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2008	4.794	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2009	4.830	2.813	0.243	1.607	2.625	3.717	1.648	2.138	3.976	3.114
2010	4.527	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2011	4.613	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2012	4.620	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2013	4.534	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2014	4.556	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2015	4.360	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2016	4.670	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2017	4.626	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2018	4.688	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2019	4.645	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2020	4.520	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2021	4.352	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862
2022	4.284	2.610	0.222	1.269	2.415	3.224	1.231	2.051	3.640	2.862

Fuente: Juicio de expertos de centros científicos y académicos vinculados al sector, con base en las *Directrices del IPCC de 2006.*

5.3.5. Ovinos (3.B.2.).

5.3.5.1. Descripción de la subcategoría.

Esta subcategoría incluye las emisiones de CH_4 generadas por la descomposición del estiércol bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas de ovinos. Los ovinos se manejan un 50 % en corral de engorde y un 50 % bajo condiciones de pastoreo a campo abierto, por lo que se contabilizaron las emisiones de N_2O desde las excretas depositadas por los animales en el campo abierto, en la Categoría 3.D *Suelos agrícolas*.

5.3.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022 las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 78.21 kt CO_2 eq (representando el 5.09 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 43.10 % desde 1990 y en un 14.59 % desde 2016 (Tabla 5.27 y Figura 5.12). La principal causa en la tendencia interanual son las variaciones en la población de la especie (Figura 5.5). Se observa un descenso importante a partir de 1991, con una recuperación desde 1997 hasta el 2009 y, seguidamente, su disminución paulatina hasta el 2017, cuando se estabiliza la cantidad de animales.

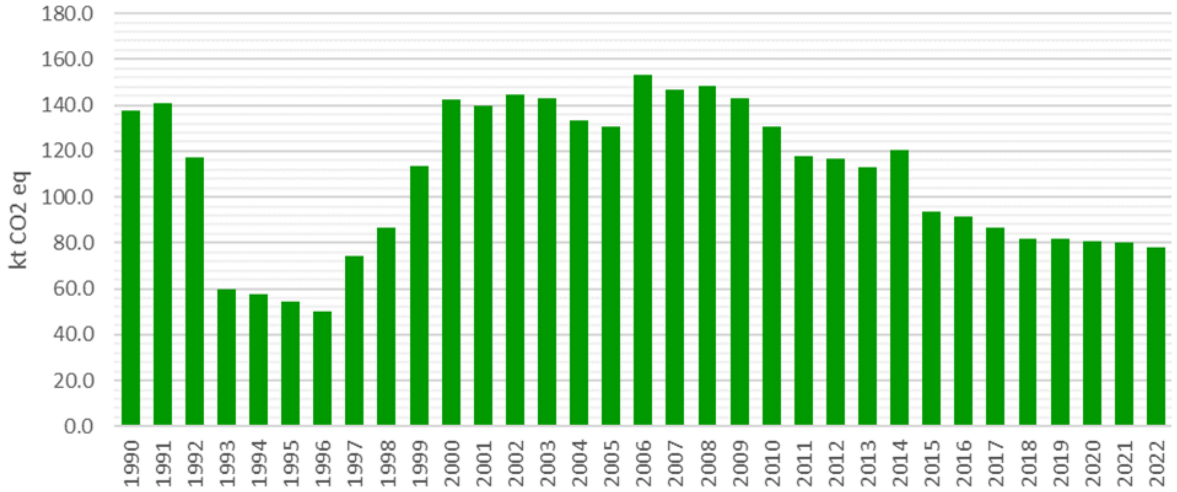


Figura 5.15. 3.B.2 Ovinos: emisiones de GEI (kt CO_2 eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.5.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría.

En la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1. Se multiplicaron las poblaciones anuales de la especie por el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.35. 3.B.2 Ovinos: Métodos y factores de emisión aplicados, serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.B.2 Ovinos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	ONEI

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.5.3.1 Datos de actividad de la subcategoría.

La población animal (cabezas año^{-1}) fue obtenida de las series estadísticas anuales de la ONEI (2024)[20], donde aparecen los datos de actividad por año, abarcando toda la serie temporal.

En la subcategoría se calcularon las emisiones de GEI bajo el SGE: Corral de engorde. La fracción de población animal para los distintos SGE se determinó con base en los criterios de expertos[21] (Tabla 5.32). Los datos paramétricos para el cálculo de la tasa anual de excreción de nitrógeno se tomaron de las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 10.19, Capítulo 10, Volumen 4), incluyendo el peso vivo promedio de la especie (para un animal adulto), que se utilizaron los datos por defecto del Cuadro 10A-6 y 10A-9, Capítulo 10, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.36. 3.B.2 Ovinos: Tasas de excreción de nitrógeno (kg N (1.000 kg masa animal)$^{-1}$ día^{-1}), serie 1990-2022.

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})
3.B.2 Ovinos	1.17	28.0	11.96

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura con base en las Directrices del IPCC de 2006 y juicio de expertos.

5.3.5.3.2 Factores de emisión.

Para esta especie se utilizaron los factores de emisión por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 10.15 y 10.21) para un país en desarrollo con un clima cálido (> 25 ºC) y sus respectivos SGE.

Tabla 5.37. 3.B.2 Ovinos: factores de emisión por defecto de la subcategoría (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Tipo de Ganado	FE (CH_4) (kg CH4 (animal-año)-1)	FE (N_2O) (kg N_2O-N)
3.B.2 Ovinos	0,20	0.02

Fuente: Cuadro 10.15 y 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.3.6. Porcinos (3.B.3.).

5.3.6.1. Descripción de la subcategoría.

La subcategoría incluye las emisiones de CH_4 y N_2O generadas por la descomposición del estiércol bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas del porcino. Estas condiciones ocurren, principalmente, cuando se maneja grandes cantidades de animales en una zona confinada, donde el estiércol es almacenado en grandes pilas o eliminado en lagunas u otros tipos de SGE. En el país, se manejan dos tipos de SGE en explotaciones porcinas: lagunas anaeróbicas no cubiertas y los digestores anaeróbicos.

[20] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

[21] Fuente: Juicio experto de investigadores y profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

5.3.6.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022 las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 54.42 kt CO2 eq (representando el 3.54 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 47.44 % desde 1990 y en un 16.88 % desde 2016 (Tabla 5.38 y Figura 5.16). La principal causa en la tendencia interanual son las variaciones en la población de la especie. Se observa un descenso importante a partir de 1990, con una recuperación desde 1999 hasta el 2019; la cantidad de animales comienza a disminuir desde ese año, influenciado por la situación económica del país posterior a la pandemia Covid-19 y el recrudecimiento del bloqueo económico financiero de EUA a Cuba.

Tabla 5.38. 3.B.3 Porcinos: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022.

Año	3.B.3.a. Porcinos menores de 6 meses	3.B.3.b. Porcinos mayores de 6 meses	3.B.3 Porcinos (Total)
1990	55.45	48.09	103.54
1991	42.86	34.86	77.72
1992	25.20	19.84	45.04
1993	19.68	16.97	36.66
1994	18.65	17.83	36.48
1995	19.61	18.07	37.68
1996	17.07	17.45	34.52
1997	18.43	21.57	40.00
1998	12.07	30.54	42.61
1999	16.88	35.39	52.28
2000	22.13	31.33	53.46
2001	16.32	25.87	42.19
2002	24.13	28.44	52.57
2003	50.98	19.58	70.55
2004	35.58	24.25	59.83
2005	19.19	32.49	51.68
2006	36.56	28.04	64.61
2007	35.78	31.13	66.91
2008	20.36	38.35	58.71
2009	19.36	36.00	55.36
2010	22.78	29.98	52.76
2011	23.88	27.63	51.51
2012	22.84	28.79	51.63
2013	20.95	31.21	52.16
2014	23.36	31.34	54.69
2015	22.73	32.88	55.61

2016	30.32	35.15	65.47
2017	39.37	34.59	73.96
2018	37.73	40.89	78.62
2019	43.90	47.92	91.82
2020	18.94	19.81	38.75
2021	27.31	14.88	42.19
2022	32.05	22.37	54.42

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Con respecto a los componentes de esta subcategoría, el 3.B.3.a. Porcinos mayores de 6 meses acumula la mayoría de las emisiones, representando el 58.89 % del total de las emisiones en la serie, mientras que la 3.B.3.b. Porcinos menores de 6 meses alcanza un 41.11 % (Figura 5.16).

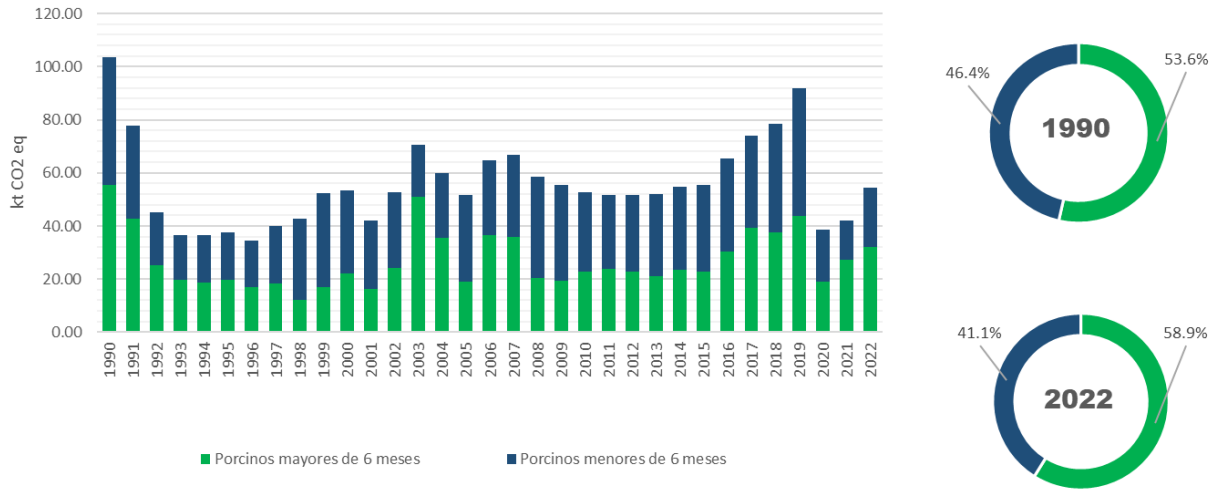


Figura 5.16. 3.B.3 Porcinos: emisiones de GEI (kt CO_2 eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.6.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría.

En la estimación de las emisiones de CH_4 de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1. Se multiplicaron las poblaciones anuales de la especie por el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.39. 3.B.3 Porcinos: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.B.3.a. Porcinos menores de 6 meses	CH_4	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del GPOR ONEI
3.B.3.b. Porcinos mayores de 6 meses				

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Las Directrices del IPCC de 2006 establece factores de emisión por defecto iguales a cero para los SGE de Digestor anaeróbico y Laguna anaeróbica no cubierta (Cuadro 10.21, Capítulo 10, Volumen 4). Por esa razón, no se contabilizan emisiones de N_2O en esta subcategoría.

5.3.6.3.1. Datos de actividad de la subcategoría.

En general, la población animal (cabezas año^{-1}) fue obtenida de la misma forma que se describe en la categoría 3.A *Fermentación entérica*, en la sección 5.2.6.3.1. *Datos de actividad estadísticos y paramétricos*.

En la subcategoría se calcularon las emisiones de GEI bajo dos SGE: Laguna anaeróbica no cubierta y Digestor anaeróbico. Se consideró que de 1990 al 2012 solo había un SGE: lagunas anaeróbicas no cubiertas, y a partir del 2013 al 2022 los animales se encontraban bajo los dos SGE. La información del número de digestores instalados y en funcionamiento, y la población de cerdos bajo este tratamiento, fue aportada por el Grupo Empresarial Porcino (Gpor), que registra esa estadística desde el año 2013. A la población total de cerdos se le restó, por componente y año, la cantidad de animales bajo tratamiento de digestores, para determinar la población que utiliza las lagunas anaeróbicas no cubiertas.

5.3.6.3.2. Factores de emisión.

Para esta especie se utilizaron los factores de emisión por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 10.14 y 10.21) para un país en desarrollo de América Latina con un clima muy cálido (> 28 ºC) y sus respectivos SGE.

Tabla 5.41. 3.B.2 Ovinos: factores de emisión por defecto de la subcategoría (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Tipo de Ganado	FE (CH_4) (kg CH4 (animal-año)-1)	FE (N_2O) (kg N_2O-N)
3.B.3 Porcinos	2.0	0.0

Fuente: Cuadro 10.14 y 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.3.7. Otras especies (3.A.4.).

5.3.7.1. Descripción de la subcategoría.

Esta subcategoría incluye las emisiones de CH_4 generadas por la descomposición del estiércol bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas de otras especies. Se consideraron las siguientes especies:

- 3.A.4.a. Búfalos
- 3.A.4.b. Caprinos (cabras)
- 3.A.4.c. Equinos (caballos)
- 3.A.4.d. Mulas y asnos
- 3.A.4.e. Aves de corral

5.3.7.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022, las emisiones contabilizaron 338.88 kt CO_2 eq (22.05 % de las emisiones de GEI de la categoría), que representa un incremento del 61.97 % en relación a 1990 y una disminución en un 7.58 % desde 2016 (Tabla 5.42 y Figura 5.17). La principal causa en la tendencia interanual

son las variaciones en las poblaciones de las distintas especies. Ocurre un incremento en la cantidad de animales a partir de 1990, con un descenso en el 2018, causada por la situación económica del país posterior a la pandemia Covid-19 y el recrudecimiento del bloqueo económico y financiero de EUA a Cuba. En las aves de corral, las mayores poblaciones estuvieron entre 1990 a 1994, pero a partir del 1995 disminuyen hasta el 2005, que comienza a recuperarse y se mantiene la población en cantidades similares hasta el 2021.

Tabla 5.42. 3.B.4 Otras especies: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022.

Año	3.B.4.a. Búfalos	3.B.4.b Caprinos	3.B.4.c. Mulas y asnos	3.B.4.d Equinos	3.A.4.e. Aves de corral
1990	1.78	2.32	5.89	175.54	23.69
1991	2.14	1.87	6.02	176.57	16.02
1992	2.46	1.99	6.18	178.57	13.18
1993	2.67	6.88	6.22	178.84	11.27
1994	2.53	6.88	6.18	175.75	10.93
1995	2.75	7.23	6.10	171.54	9.48
1996	3.42	8.13	5.82	167.04	8.76
1997	4.29	26.92	5.42	154.59	8.85
1998	5.06	26.36	4.89	127.60	8.46
1999	5.64	33.81	4.92	126.66	8.77
2000	6.98	49.08	4.83	122.07	7.43
2001	7.59	52.08	4.92	126.81	7.05
2002	8.77	59.46	4.91	128.75	6.40
2003	9.63	65.23	4.95	132.90	6.27
2004	10.52	71.83	4.95	136.55	7.69
2005	11.66	71.34	4.87	138.17	8.81
2006	12.69	80.36	4.84	142.08	10.21
2007	13.99	77.28	4.89	148.91	10.06
2008	15.15	77.83	4.97	157.15	9.91
2009	16.09	76.19	5.08	168.86	10.43
2010	16.14	64.38	5.23	180.58	10.48
2011	15.89	57.94	5.28	189.14	11.40
2012	15.41	44.68	5.44	200.67	10.22
2013	15.15	42.94	5.63	212.98	11.25
2014	14.79	41.78	5.85	227.75	11.27
2015	14.69	71.87	5.94	239.61	10.69
2016	14.93	81.35	5.99	253.32	10.99
2017	14.57	79.45	6.19	261.56	10.89
2018	14.52	81.33	6.29	269.51	10.85
2019	14.31	49.08	6.40	267.95	9.61
2020	13.05	49.00	7.25	269.30	10.21
2021	12.31	48.51	5.92	268.36	9.87
2022	11.82	43.55	6.32	267.15	10.03

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Con respecto a los componentes de esta subcategoría, el 3.B.4.d. *Equinos* acumula la mayoría de las emisiones, representando el 78.83 % del total de las emisiones en el 2022, mientras que la 3.B.3.b. *Caprinos* alcanza a tener un 12.85 %, la 3.B.4.a *Búfalos* con un 3.49 %, la 3.B.4.e Aves de corral con 2.96 % y, por último, la 3.B.4.c *Mulas y asnos* con un 1.87 % (Figura 5.17).

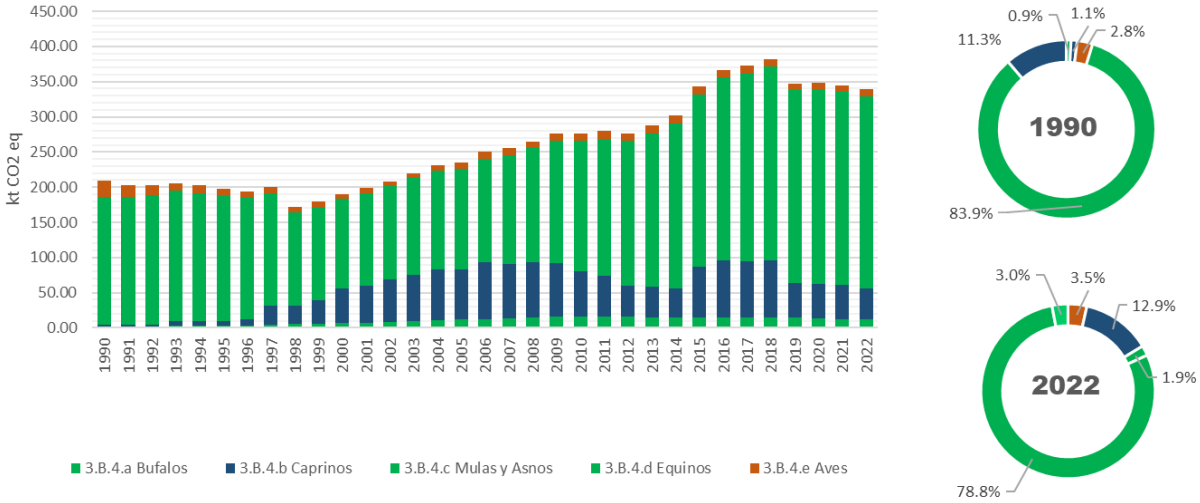


Figura. 3.B.4 Otras especies: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componentes, serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.7.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría.

En la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O de esta subcategoría se aplicó el método Nivel 1. Se multiplicaron las poblaciones anuales de cada especie por el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.43. 3.B.4 Otras especies: Métodos y factores de emisión aplicados. Serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.B.4.a. Búfalos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.4.b. Caprinos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.4.c. Mulas y asnos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.4.d. Equinos	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	ONEI
3.B.4.e. Aves de corral	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	ONEI

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.7.3.1 Datos de actividad de la subcategoría.

En general, la población animal (cabezas año^{-1}) fue obtenida de la misma forma que se describe en la Categoría 3.A *Fermentación entérica*, en la sección 5.2.6.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos.

En esta subcategoría se incluyen a las aves de corral para contabilizar las emisiones de CH_4 por la gestión del estiércol (Tabla 5.44). Las aves de corral incluyeron como población única a las gallinas ponedoras, pollos de ceba, reproductores, así como reemplazos de reproductores y ponedoras y otras aves (pavos, patos, codornices, etc.), procedentes de las empresas avícolas estatales del país; no se sumaron las aves de corral de patios y parcelas. La información fue obtenida de los datos publicados por la ONEI en sus Anuarios Estadísticos Anuales.

Tabla 5.44. 3.B.4 Otras especies: población de las aves de corral (miles de cabezas año^{-1}) por tipo de animal, serie 1990-2022.

Año	Gallinas ponedoras y sus reemplazos	Pollos de ceba	Reproductores y sus reemplazos	Otras aves de corral	Total de las aves de corral
1990	16,956.3	10,351.9	2,773.4	126.5	30.208.1
1991	17,041.5	314.3	2,789.9	282.3	20.428.0
1992	14,287.2	475.3	1,954.0	82.3	16.798.8
1993	12,402.6	406.6	1,486.3	71.5	14.367.0
1994	10,385.4	1,963.2	1,516.6	69.5	13.934.7
1995	8,769.9	1,853.6	1,327.9	130.0	12.081.4
1996	8,414.5	1,252.1	1,338.9	158.4	11.163.9
1997	8,739.5	1,022.9	1,332.7	190.6	11.285.7
1998	8,617.1	894.6	1,009.1	259.3	10.781.0
1999	9,012.2	814.0	1,172.3	179.2	11.177.7
2000	7,897.7	336.1	1,045.7	199.3	9.479.0
2001	7,790.1	152.2	782.6	260.0	8.984.9
2002	7,345.1	50.7	503.1	259.5	8.158.4
2003	7,363.7	29.9	421.5	182.8	7.997.9
2004	9,134.3	12.8	464.9	197.3	9.809.3
2005	10,624.5	0.0	428.7	174.9	11.228.1
2006	11,912.2	0.2	504.4	604.8	13.021.6
2007	11,700.0	3.6	533.5	594.8	12.831.9
2008	11,524.5	3.5	525.5	585.9	12.639.4
2009	11,835.6	0.0	605.6	859.8	13.301.0
2010	12,018.7	0.0	528.1	811.8	13.358.6
2011	13,098.0	0.0	565.3	866.3	14.529.6
2012	11,687.6	0.0	525.8	813.4	13.026.8
2013	12,528.4	0.0	628.8	1,182.8	14.340.0
2014	13,007.4	0.0	480.7	874.7	14.362.8
2015	12,367.7	0.0	566.5	699.6	13.633.8
2016	11,720.2	0.0	477.8	1,814.4	14.012.4
2017	12,454.1	0.0	469.5	962.9	13.886.5
2018	12,535.2	0.0	523.4	775.5	13.834.0
2019	10,517.2	0.0	538.2	1,198.0	12.253.4
2020	11,527.2	0.0	497.7	987.2	13.012.1
2021	10,703.5	0.0	447.7	997.9	12.589.1
2022	10,916.0	0.0	494.5	1,061.0	12,471.5

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

En Cuba se detuvo la producción de carne en la avicultura a partir del 1999 por una decisión del gobierno cubano; por esa razón, desciende significativamente la población de pollos de ceba desde esa fecha hasta el año 2009, a partir del cual no aparecen más registros del mismo. La información que se obtuvo de la estadística nacional abarcaba la serie hasta el 2021, por lo que se extrapoló la media de los años 2019 al 2021 al año 2022.

En el ganado bufalino, caprinos, equinos, mulas y asnos se calcularon las emisiones de GEI bajo el SGE: Corral de engorde. La fracción de población animal para los distintos SGE se determinó con base en los criterios de expertos[22] (Tabla 5.31). En las aves de corral se seleccionó el SGE: Estiércol de aves de corral sin hojarasca, como su único sistema de tratamiento.

Los datos paramétricos para el cálculo de la tasa anual de excreción de nitrógeno se tomaron de las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 10.19, Capítulo 10, Volumen 4), incluyendo el peso vivo promedio de la especie (para un animal adulto), que se utilizaron los datos por defecto del Cuadro 10A-6 y 10A-9, Capítulo 10, Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 5.45. 3.B.4 Otras especies: Tasas de excreción de nitrógeno (kg N (1.000 kg masa animal)$^{-1}$ día^{-1}), serie 1990-2022.

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})
3.B.4.a. Búfalos	0,32	380.0	44,38
3.B.4.b. Caprinos	1,37	30.0	15,00
3.B.4.c. Mulas y asnos	0,46	130.0	21,83
3.B.4.d. Equinos	0,46	238.0	39,96
3.B.4.e. Aves de corral	0,82	1.8	0,54

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura con base a las Directrices del IPCC de 2006.

5.3.7.3.2. Factores de emisión.

Para las emisiones de CH_4 y N_2O de todas las otras especies se aplicaron factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 10.14, 10.15 y 10.21) para un país en desarrollo de América Latina con un clima muy cálido (> 28 ºC) y sus respectivos SGE.

Tabla 5.46. 3.B.4 Otras especies: factores de emisión por defecto de la subcategoría (kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}).

Tipo de Ganado	FE (CH_4) (kg CH4 (animal-año)-1)	FE (N_2O) (kg N_2O-N)
3.B.4.a. Búfalos	2.00	0.02
3.B.4.b. Caprinos	0.22	0.02
3.B.4.c. Mulas y asnos	1.20	0.02
3.B.4.d. Equinos	2.19	0.02

[22] Fuente: Juicio experto de investigadores y profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

3.B.4.e. Aves de corral	0.02	0.001

Fuente: Cuadros 10.14, 10.15 y 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

5.3.8. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol (3.B.5.).

5.3.8.1. Descripción de la subcategoría.

En esta subcategoría solo se contabilizaron las emisiones indirectas de N_2O que se generan de la volatización de una fracción del nitrógeno orgánico excretado durante la recolección y almacenamiento del estiércol en los distintos tipos de sistemas de gestión (SGE). No se estimaron las pérdidas de nitrógeno por escurrimiento y lixiviación, porque no se dispone de información específica del país en relación a los factores de emisión, por lo que los cálculos introducen mucha incertidumbre para un Nivel 1.

En el contexto nacional, los SGE que contribuyen con emisiones indirectas de N_2O por pérdidas de nitrógeno volátil son las siguientes:

- Corral de engorde (en el ganado vacuno, bufalino, caprino, ovino, mular/asnal y equino). Estas especies se encuentran una parte del tiempo bajo condiciones de pastoreo.

- Sistemas sólidos para el manejo del estiércol de aves de corral sin hojarasca (en las aves de corral).

En el ganado porcino se utilizan las lagunas anaeróbicas no cubiertas y digestores anaeróbicos, éstos últimos a partir del año 2013, cuyas emisiones son insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno y su bajo potencial para la nitrificación y desnitrificación en el sistema, por lo cual no se incluyen entre los SGE para la estimación de las emisiones indirectas de N_2O.

5.3.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En 2022, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 163.03 kt CO_2 eq (10.76 % de las emisiones de GEI de la categoría), que representa una disminución del 19.76 % desde 1990 y 12.25 % desde 2016 (Tabla 5.27 y Figura 5.18). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la variación en la población animal.

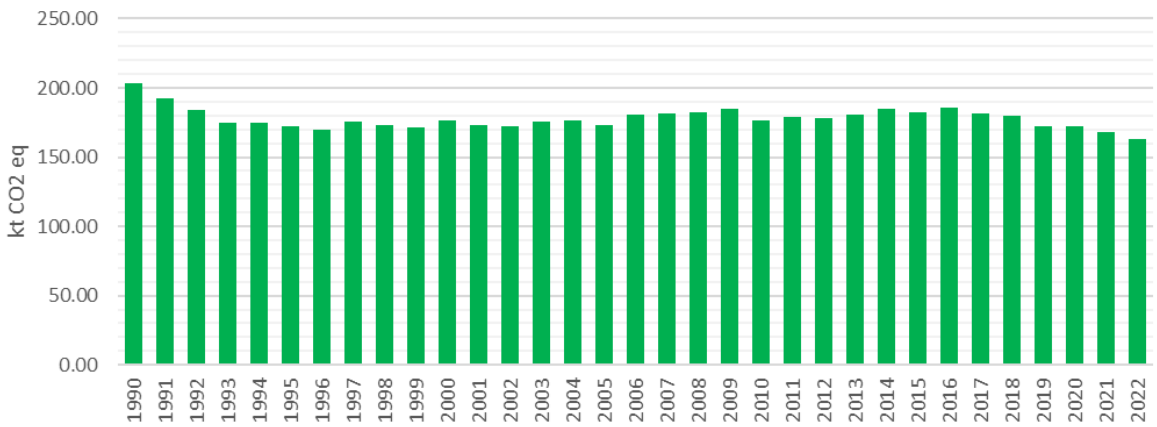


Figura 5.18. 3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: emisiones de GEI (kt CO_2 eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.8.3. Aspectos metodológicos de la subcategoría.

En la estimación de las emisiones de N_2O de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todas sus componentes, mediante los datos de actividad de las poblaciones de animales por especie, que se multiplicaron por los factores de emisión por defecto correspondientes. En la Tabla 5.47 se observa un resumen de los métodos aplicados.

Tabla 5.47. 3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: métodos y factores de emisión aplicados, serie 1990- 2022.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.B.5 Emisiones indirectas de N_2O	CH_4, N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	ONEI

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.8.3.1. Datos de actividad estadísticos y paramétricos.

Los datos se calcularon aplicando las tasas de excreción de Nitrógeno por defecto desde las Directrices del IPCC de 2006, presentadas previamente en la sección de metodología de la categoría, las que se multiplicaron por la población animal bajo cada tipo de SGE.

Tabla 5.48. 3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: datos por defecto de la pérdida de N del MMS debido a la volatilización de la gestión del estiércol.

Tipo de animales	Sistema de gestión del estiércol (MMS)	Pérdida de N del MMS debido a la volatilización de N-NH_3 y N-NOx (%)[b] FracGasMS (Rango de FracGasMS)
Vacas lecheras	Corral de engorde	20% (10 – 35)

Ganado vacuno, equino, ovino, caprino, búfalos, mulas y asnos	Corral de engorde	30% (20 – 50)
Aves de corral	Estiércol de aves de corral sin hojarasca	55% (40 – 70)

Fuente: Cuadro 10.22; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

5.3.8.3.2. Factores de emisión.

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 (Cuadro 11.3).

Tabla 5.49. 3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol: factores de emisión por defecto por especie animal.

Tipo de Ganado	FE kg N_2O-N / (kg NH_3-N + NOx-N volatilised)$^{-1}$
Ganado vacuno	0.01
Ovino	0.01
Porcino	0.01
Búfalos	0.01
Caprinos	0.01
Mulas y asnos	0.01
Equinos	0.01
Aves de corral	0.01

Fuente: Cuadro 11.3; Capítulo 10; Volumen 4; *Directrices del IPCC de 2006*

5.3.9. Incertidumbre.

La incertidumbre combinada de esta subcategoría para el 2022, ha sido estimada para cada GEI de cada componente animal. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 5.50.

Tabla 5.50. 3.B. Gestión del estiércol: Resumen de la incertidumbre combinada, 2022.

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
		± %	± %	± %
3.B.1.a.i Vacas lecheras maduras	CH_4	20.0	20.0	28.3
	N_2O	20.0	20.0	28.3
3.B.1.a.ii Otro Ganado vacuno maduro	CH_4	20.0	20.0	28.3
	N_2O	20.0	20.0	28.3
3.B.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento	CH_4	20.0	20.0	28.3
	N_2O	20.0	20.0	28.3
3.B.2 Ovinos	CH_4	20.0	30.0	36,1
	N_2O	20.0	50.0	53,9
3.B.3 Porcinos	CH_4	20.0	30.0	36,1
	N_2O	20.0	50.0	53,9
3.B.4.a Búfalos	CH_4	20.0	30.0	36,1
	N_2O	20.0	50.0	53,9
3.B.4.b Caprinos	CH_4	20.0	30.0	36,1

	N_2O	20.0	50.0	53,9
3.B.4.c Mulas y asnos	CH_4	20.0	30.0	36,1
	N_2O	20.0	50.0	53,9
3.B.4.d Equinos	CH_4	20.0	30.0	36,1
	N_2O	20.0	50.0	53,9
3.B.4.e Aves de corral	CH_4	20.0	30.0	36,1
	N_2O	20.0	50.0	53,9

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura con base en las Directrices del IPCC de 2006

Los datos de actividad fueron obtenidos de la ONEI, institución que tiene sus propios controles de calidad sobre la información que captan y difunden. No obstante, a partir de la información disponible, no resultó posible evaluar las funciones de densidad de probabilidades asociadas con los datos de actividad. Por lo cual, se aplicaron los valores de incertidumbre recomendados por las *Directrices del IPCC de 2006 (*Sección 10.2.3; Capítulo 10; Volumen 4). La incertidumbre asociada a los datos de población procedentes de estadísticas nacionales es de ± 20%.

En esta categoría se emplearon los rangos de incertidumbre para los factores de emisión (FE) que se recomiendan en las *Directrices del IPCC de 2006* (Sección 10.4.4; Capítulo 10; Volumen 4). Para los FE país específico del Ganado vacuno, en el CH_4 y N_2O, se estimaron los valores de incertidumbre en ± 20%, mientras que las incertidumbres relacionadas con los FE por defecto del resto de los rebaños fueron de ± 30% en el CH_4 y ± 50% en el N_2O.

5.3.10. Consistencia de la serie temporal.

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2012, se utilizó la misma fuente de datos de actividad, los mismos factores de emisión y sistemas de gestión del estiércol (SGE).

5.3.11. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación.

5.3.11.1. Control de la calidad.

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se aplicaron las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la categoría; además, el Equipo Técnico Sectorial realizó actividades rutinarias durante el proceso de elaboración del inventario, que contribuyó con el control de la información y su calidad. Las acciones se enuncian a continuación:

- Se desarrollaron planillas de información base para cada categoría, en las cuales se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, así como las fuentes y los supuestos. Todos los datos se encuentran compilados en un solo fichero, para que esté centralizada la información y sea rápida su revisión y actualización, cuando corresponda.
- Todos los datos fueron ingresados a una plataforma digital para la realización de los cálculos correspondientes, que sirva de reservorio/almacenamiento de toda la información, la cual aparece de forma ordenada, coherente, exhaustiva, exacta, sin doble cómputo, evitando los errores asociados a la transcripción manual, y que permita futuras actualizaciones.

- Se realizó verificación cruzada de los diferentes datos presentes en las planillas de información base, en la plataforma digital y el informe, para garantizar que la información es consistente. Los errores detectados se corrigieron de inmediato.
- Se revisaron las Guías del IPCC de 2006 y otras referencias bibliográficas citadas.
- Se hicieron comparaciones de las estimaciones actuales con versiones de INGEI anteriores, de manera que se identificaran posibles errores de entrada o cálculo y así justificar las divergencias.
- La información fue validada por los proveedores de los datos.
- Se realizó una revisión de los cálculos, hojas de trabajo e informes por parte de los revisores internos que son parte del Equipo Técnico Sectorial de Agricultura.

5.3.11.2. Garantía de la calidad.

En todo el proceso de elaboración del inventario de GEI en el sector Agricultura se tuvo la asesoría técnica del Equipo Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Instituto de Meteorología. Sus recomendaciones fueron tenidas en cuenta y se incorporaron en los análisis y cálculo de las emisiones para la categoría.

5.3.11.3. Verificación.

No hubo verificación con fuentes externas para esta categoría.

5.3.12. Recálculos

Las mejoras metodológicas se realizaron, principalmente, en las Subcategorías 3.B.1 *Ganado vacuno* y 3.B.3 *Porcinos.* La primera se desagregó en tres componentes: 3.B.1.a.i Vacas lecheras maduras, 3.B.1.a.ii Otro ganado vacuno maduro y 3.B.1.a.iii Ganado vacuno en crecimiento, con datos de actividad y paramétricos más exhaustivos que permitió la estimación de factores de emisión específicos de país más refinados para un Nivel 2.

En cambio, la población porcina fue desagregada en dos grupos: 3.B.3.a Porcinos mayores de 6 meses y 3.B.3.b Porcinos menores de 6 meses de edad, con datos también más exhaustivos y refinados.

En la Tabla 5.49 y Figura 5.19 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la categoría con respecto del inventario anterior (Serie 1990-2016). La diferencia se debe a la utilización de datos más refinados y exhaustivos, principalmente, y el uso de metodologías de Nivel 2 para CH_4 y N_2O en la Subcategoría 3.B.1 Ganado vacuno. Esto generó una disminución de 821.47 kt CO_2 eq (32.07 %) en las emisiones de GEI del 2016, con respecto a la Serie 1990-2016.

Como se explicó anteriormente, se aplicó un método Nivel 2 para las emisiones de CH_4 en el ganado vacuno, con empleo de factores de emisión país específicos. También se aplicó el Nivel 2 para las emisiones directas del N_2O en el ganado vacuno, pero con utilización de factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006; en cambio, se realizó el cálculo de la tasa de excreción anual del N ($Nex_{(T)}$).

En la estimación de las emisiones indirectas de N_2O por volatización del nitrógeno de la gestión del estiércol se empleó un Nivel 1 y no se calcularon las emisiones indirectas de N_2O por la lixiviación de la gestión del estiércol.

Tabla 5.51. 3.B. Gestión del estiércol: comparación entre las emisiones de GEI (kt CO_2 eq) del INGEI 2022 (Serie 1990-2022) e INGEI 2016 (Serie 1990-2016).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2022
BUR 2016	2,453.09	2,115.84	2,290.11	2,216.15	2,338.31	2,442.14	2,561.57	-	-
NIR 2022	1,800.58	1,617.16	1,708.83	1,626.51	1,649.89	1,708.42	1,740.09	1,585.55	1,515.34
Diferencia	652.51	498.68	581.28	589.64	688.42	733.72	821.47	-	-
%	26.60	23.57	25.38	26.61	29.44	30.04	32.07	-	-

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

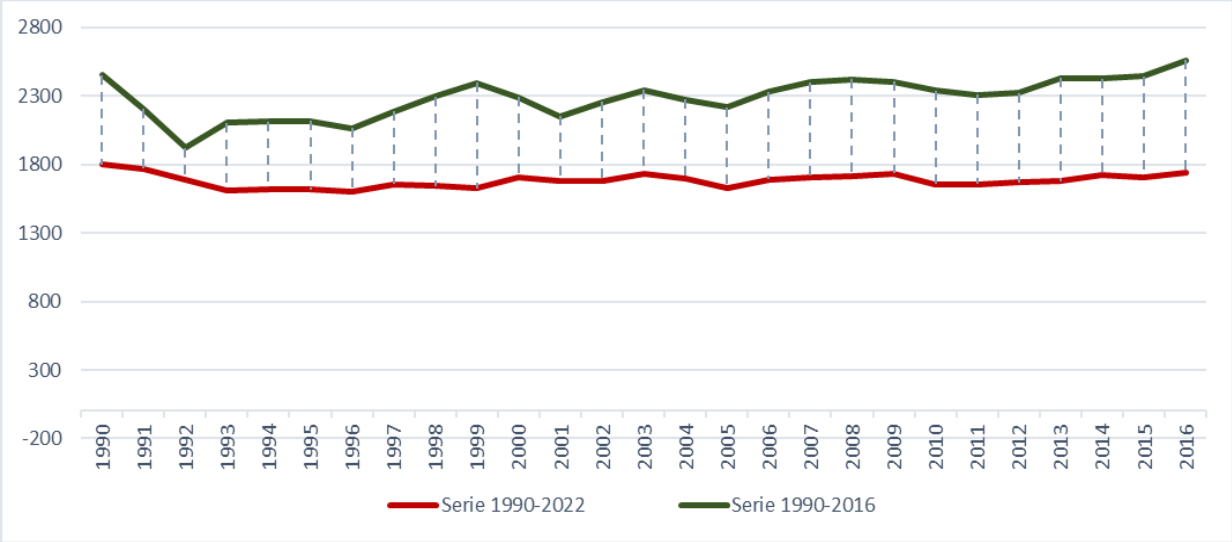


Figura 5.19. 3.B. Gestión del estiércol: comparación entre las emisiones de GEI (kt CO_2 eq) del INGEI 2022 (serie 1990-2022) e INGEI 2020 (serie 1990-2020). Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.3.13. Plan de mejoramiento.

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, en función de los principales vacíos de la categoría y por las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas son las siguientes:

1. Obtener información de los datos de actividad de la categoría, desagregados por región agroclimática.
2. Desarrollar las capacidades para estimar los gases precursores de GEI: COVDM en esta categoría.

5.4. Cultivo del arroz (3.C).

5.4.1. Descripción de la categoría.

El cultivo del arroz repercute en las emisiones de GEI, al considerarse el campo de arroz como un pantano artificial. Esta categoría incluye las emisiones de metano (CH_4) generadas por la

descomposición anaeróbica de material orgánico en arrozales inundados. La cantidad de CH_4 emitido desde una superficie de arroz estará en función de la cantidad de ciclos de cultivo, la duración de cada ciclo, los regímenes hídricos previos al período de cultivo y, en el transcurso de éste, de los abonos orgánicos e inorgánicos del suelo. El tipo de suelo, la temperatura y el cultivar del arroz también afectan las emisiones de CH_4.

La producción de arroz en Cuba se localiza en catorce empresas agroindustriales de granos, la Empresa Mixta TAICHI S.A, así como estaciones y unidades de ciencia; por lo que se puede decir que se cultiva a lo largo y ancho de todo el país. Se tienen dos épocas definidas para la producción de arroz: la época de frío o seca, desde noviembre a febrero y la época de primavera o húmeda, desde marzo hasta agosto (GAG, 2021)[23].

5.4.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el año 2022, las emisiones de GEI contabilizaron 80.59 kt CO_2 eq., disminuyendo en un 73.05 % con respecto a 1990 y un 63.76 % desde el 2016. El pico más alto de la serie se alcanzó en el 2010, con 338.81 kt CO_2 eq., representando un 13.28 % más que el 1990 y 320.55 % más con respecto al 2022 (Tabla 5.52, Figura 5.20).'

La principal causante de la tendencia y las fluctuaciones interanuales es la variación de la superficie sembrada anualmente. El cultivo constituye el máximo consumidor de agua del país y, ante la creciente escasez, se han tenido que reducir las áreas de siembra por no contar con la suficiente agua en los embalses, motivado por las variaciones del clima y la baja eficiencia de su uso en las arroceras; también, la superficie total cultivada está limitada por la disponibilidad de insumos, como los fertilizantes, pesticidas, combustible y semillas.

Respecto a las subcategorías, solamente se registran emisiones para condiciones irrigadas, intermitentemente inundadas y con aireación múltiple, tipo de práctica efectuada en el país para el cultivo del arroz.

Tabla 5.52. 3.C. Cultivo del arroz: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2022.

Año	3.C.1. Irrigadas
1990	299,09
1991	299,28
1992	281,57
1993	183,30
1994	147,33
1995	140,31
1996	261,93
1997	251,40
1998	189,83
1999	198,54
2000	173,50
2001	131,50
2002	236,30

[23] Grupo Empresarial Agrícola. 2021. Consultar en: https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/index.php?option=com_content&view=category&id=12&Itemid=256

2003	250,04
2004	194,01
2005	204,32
2006	248,24
2007	272,99
2008	281,29
2009	328,47
2010	338,80
2011	255,77
2012	270,74
2013	318,49
2014	327,38
2015	178,67
2016	222,38
2017	229,29
2018	267,78
2019	213,46
2020	201,08
2021	179,57
2022	80,59

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

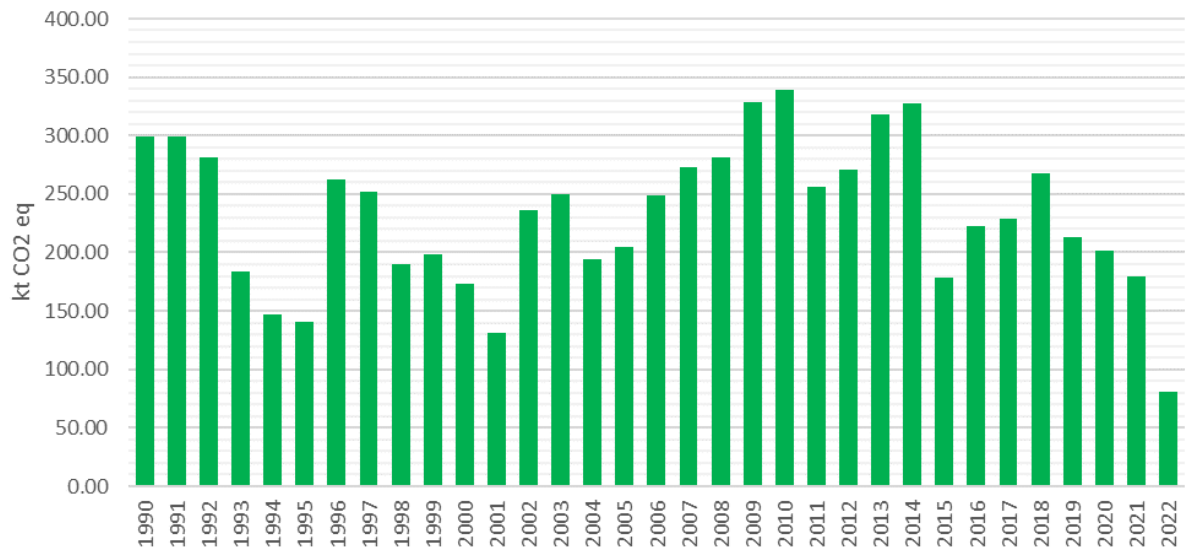


Figura 5.20. 3.C. Cultivo del arroz: emisiones de GEI (kt CO_2 eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.4.3. Aspectos metodológicos.

En la estimación de las emisiones de CH_4 de esta categoría se aplicó un método Nivel 1, mediante datos de actividad desagregados por zonas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 5.53 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 5.53. 3.C. Cultivo del arroz: métodos aplicados por subcategoría.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.C.1 Irrigadas	CH_4	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del GAG
3.C.2 Alimentadas a lluvia	NO	NO	NO	NO
3.C.3 Aguas profundas	NO	NO	NO	NO
3.C.4. Otros	NO	NO	NO	NO

NO: No aplica
Fuente: Equipo Técnico de Agricultura

Las emisiones de CH_4 se estiman multiplicando los factores de emisión diaria por período de cultivo de arroz y por superficies de cosecha anual (Ecuación 1). En su forma más simple, esta ecuación se aplica utilizando los datos nacionales de la actividad (es decir, período 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, por lo que constituye una buena práctica considerar esta variabilidad, desagregando la superficie total cosechada a nivel nacional en subunidades territoriales. La superficie cosechada de cada subunidad se multiplica por el período de cultivo respectivo y por el factor de emisión representativo de las condiciones que definen la subunidad. Empleando este método desagregado, las emisiones totales anuales equivalen a la suma de emisiones de cada subunidad de superficie cosechada.

El cálculo de las emisiones de CH_4 en el cultivo del arroz se realizó con la siguiente ecuación:

Ecuación. 3.C. Cultivo del arroz: emisiones anuales de metano.

$$CH_{4\ Arroz} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} * t_{i,j,k} * A_{i,j,k} * 10^{-6})$$

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, (kt CH_4 $año^{-1}$)

EF_{ijk} =un factor de emisión diario para las condiciones i, j, y k, (kt CH_4 $año^{-1}$)

T_{ijk} =período de cultivo del arroz para las condiciones i, j, y k, (días)

A_{ijk} =superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j, y k, (ha $año^{-1}$)

i, j, y k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH_4 producidas por el arroz.

Existen distintas condiciones que inciden sobre las emisiones de CH_4 producidas por el cultivo del arroz, 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, se debe realizar un conjunto de cálculos individuales para cada región. En Cuba, se produce arroz en todo el país, donde las condiciones varían de un extremo a otro.
- 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. El manejo del agua para el cultivo del arroz de siembra directa se define como la sucesión de pases de agua y desagües destinados a saturar los suelos y permitir la germinación y establecimiento inicial del arroz; inundaciones temporales (para contribuir al control químico de malezas) e inundación permanente (aniego permanente). En Cuba, el arroz se cultiva mayoritariamente en forma irrigada, con múltiples aireaciones.
- Agregados orgánicos a los suelos: tipo y cantidad de material aplicado. Aunque existen antecedentes de resultados experimentales puntuales sobre los beneficios del uso de los agregados orgánicos en el cultivo del arroz, no existen antecedentes de datos de actividad sobre el tipo y monto empleado en el país. En Cuba no se suelen aplicar abonos orgánicos a los arrozales, porque son grandes áreas de producción y existe muy baja disponibilidad de estos tipos de fertilizantes[24]. En cambio, los residuos de cosecha del arroz no son recogidos y, por lo general, se abandonan en el lugar, lo que constituye un importante agregado a tener en cuenta. Sin embargo, no se incorporó esta información en la estimación de las emisiones para la actual serie, porque no se dispuso de los datos suficientes, por lo que se considera un objetivo de mejora para un próximo ciclo.
- Otras condiciones: el cultivar del arroz y el contenido de sulfatos de los abonos.

Como el país no cuenta con toda la información suficiente para desagregar la superficie total cosechada bajo alguna de las condiciones nombradas en el párrafo anterior, es que el nivel metodológico utilizado en el calculó de emisiones en esta categoría corresponde con el empleo del 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.

Ecuación. 3.C. Cultivo del arroz: factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada.

$$EF_i = EF_c . SF_w . SF_p . SF_o . SF_{s.r}$$

Fuente: Ecuación 5.2; Capítulo 5; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

EF_i= 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

[24] Fuente: Juicio experto de investigadores y otros profesionales del Instituto de Investigaciones de Granos y Grupo Empresarial Agrícola.

SF_p= factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la etapa previa al cultivo

SF_o= El factor de ajuste variará según el tipo y cantidad de abono orgánico aplicado

$SF_{s,r}$= Factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar de arroz, si está disponible

5.4.3.1. Datos de actividad de la categoría.

La superficie de cosecha anual se obtuvo del Departamento de Arroz de la Dirección Técnica Productiva del GAG. La información entregada permite desagregar los datos por región geográfica de interés.

Tabla 5.54. 3.C. Cultivo del arroz: superficie de arroz cosechada anualmente (ha^{-1}).

Año	Superficie cosecha anual de arroz (ha^{-1})	Superficie cosecha anual de arroz (ha^{-1}) Campaña de frío	Superficie cosecha anual de arroz (ha^{-1}) Campaña de primavera
1990	148,009.2	70,089.0	77,919.9
1991	148,250.7	69,788.2	78,462.3
1992	139,353.3	65,431.8	73,920.9
1993	90,642.7	42,146.8	48,495.3
1994	73,167.9	34,974.7	38,193.9
1995	69,526.3	32,930.2	36,595.6
1996	128,911.4	59,530.5	69,380.9
1997	123,566.4	56,178.4	67,387.9
1998	93,044.7	40,979.1	52,066.0
1999	97,415.9	43,304.5	54,111.2
2000	84,163.0	34,857.8	49,305.2
2001	63,744.9	26,997.9	36,747.2
2002	114,120.0	45,722.0	68,398.0
2003	121,410.0	49,784.9	71,625.1
2004	93,822.0	39,319.5	54,502.5
2005	99,134.9	40,802.0	58,333.0
2006	121,259.3	53,522.2	67,736.2
2007	133,713.4	59,910.0	73,803.7
2008	137,855.6	61,314.2	76,541.7
2009	160,853.4	71,528.8	89,324.1
2010	178,777.8	78,302.9	100,474.7
2011	133,946.2	53,039.3	78,494.9
2012	142,665.4	62,899.4	79,766.0
2013	167,090.7	70,223.4	96,867.3
2014	170,773.2	66,593.5	104,179.7
2015	94,628.9	46,871.2	47,757.7
2016	113,580.9	30,836.3	82,744.5
2017	120,559.4	52,944.0	67,615.4
2018	139,521.9	53,165.7	86,356.2

2019	113,829.3	57,932.9	55,896.3
2020	103,611.0	32,252.5	71,358.5
2021	93,634.6	36,983.9	56,650.7
2022	43,769.2	27,487.3	16,281.9

Fuente: Departamento de Arroz de la Dirección Técnica Productiva del GAG.

En la realización de este inventario se tuvieron en cuenta las zonas/provincias donde se ha cultivado arroz durante la serie temporal, las épocas de siembra definidas en el país, el régimen hídrico, así como el ciclo del cultivo.

Con relación a esto último, por criterios de expertos[25] se determinó que el arroz fue cultivado durante 140 días en la época de frío y 120 días en la época de primavera para el período 1990-2009, así como 130 y 110 días, respectivamente, para el período 2010-2022, desde la provincia de Pinar del Río hasta Sancti Spíritus, incluyendo el Municipio Especial Isla de la Juventud.

En el resto del país, desde Ciego de Ávila hasta Guantánamo, el cultivo abarcó 135 días en la época de frío y 115 días en la época de primavera para el período 1990-2009, mientras que fueron 125 y 105 días, respectivamente, para el período 2010-2022.

Se tenían del año 2012 al 2022 los datos desglosados por campaña, no así con el resto de la serie, que solo contenía datos del área total. Para lograr una mayor precisión en el resultado de la serie, se estimó el promedio a partir de los años existentes, provincia a provincia, y el resultado obtenido se multiplicó por el área de cada provincia, en cada año.

En el caso de La Habana, se calculó el promedio de la sumatoria entre Artemisa y Mayabeque. Para las provincias Santiago de Cuba y Guantánamo, que no disponían de datos desglosados por campaña, se tomó como referencia el promedio obtenido en la provincia de Holguín.

5.4.3.2. Factores de emisión.

Para las emisiones de CH_4 se aplicó un factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 suponiendo (1) que no hay inundación durante menos de 180 días previos al cultivo del arroz, (2) Inundados intermitentemente – aireación múltiple durante el período de cultivo.

Tabla 5.55. 3.C.1 Irrigadas: factor de emisión por defecto (kg CH_4 ha^{-1} $día^{-1}$).

Cultivo de Arroz	Factores de Emisión (kg CH_4 ha^{-1} $día^{-1}$)
Irrigadas	1.3

Fuente: Cuadro 5.11. Volumen 4, Capítulo 5, Directrices del IPCC de 2006.

Los factores de ajuste se emplearon para ajustar el EFc y dar cuenta de las distintas condiciones que se analizaron, lo que dio como resultado factores de emisión ajustados diariamente (EFi) para cada campaña del cultivo.

Tabla 5.56. 3.C.1 Irrigadas: factores de emisión diarios obtenidos para cada campaña.

Cultivo de Arroz	Factor de emisión diario (EFi) Cam. de Frío (kg CH_4 ha^{-1} $día^{-1}$)	Factor de emisión diario (EFi) Cam. de Primavera (kg CH4 ha^{-1} $día^{-1}$)

[25] Fuente: Juicio experto de investigadores y otros profesionales del Instituto de Investigaciones de Granos y Grupo Empresarial Agrícola, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

Irrigadas	0,46	0,68

Fuente: Equipo Técnico de Agricultura, MINAG

5.4.4. Incertidumbre.

La incertidumbre combinada de esta subcategoría para el 2022, ha sido estimada para el CH_4. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5.57. 3.C. Cultivo del arroz: resumen de la incertidumbre combinada 2022.

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
		± %	± %	± %
3.C.1. Irrigadas	CH_4	10.00	30.00	31.60

Fuente: Equipo Técnico de Agricultura, MINAG

5.4.5. Consistencia de la serie temporal.

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se utilizó la misma fuente de datos de actividad y los mismos factores de emisión.

5.4.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación.

5.4.6.1 Control de la calidad.

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se aplicaron las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la categoría; además, el Equipo Técnico Sectorial realizó actividades rutinarias durante el proceso de elaboración del inventario, que contribuyó con el control de la información y su calidad. Las acciones se enuncian a continuación:

- Se desarrollaron planillas de información base para cada categoría, en las cuales se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, así como las fuentes y los supuestos. Todos los datos se encuentran compilados en un solo fichero, para que esté centralizada la información y sea rápida su revisión y actualización, cuando corresponda.
- Todos los datos fueron ingresados a una plataforma digital para la realización de los cálculos correspondientes, que sirva de reservorio/almacenamiento de toda la información, la cual aparece de forma ordenada, coherente, exhaustiva, exacta, sin doble cómputo, evitando los errores asociados a la transcripción manual, y que permita futuras actualizaciones.

- Se realizó verificación cruzada de los diferentes datos presentes en las planillas de información base, en la plataforma digital y el informe, para garantizar que la información es consistente. Los errores detectados se corrigieron de inmediato.
- Se revisaron las Guías del IPCC de 2006 y otras referencias bibliográficas citadas.
- Se hicieron comparaciones de las estimaciones actuales con versiones de INGEI anteriores, de manera que se identificaran posibles errores de entrada o cálculo y así justificar las divergencias.
- La información fue validada por los proveedores de los datos.
- Se realizó una revisión de los cálculos, hojas de trabajo e informes por parte de los revisores internos que son parte del Equipo Técnico Sectorial de Agricultura.

5.4.6.2 Garantía de la calidad.

En el proceso de elaboración del inventario de GEI en el sector Agricultura se tuvo la asesoría técnica del Equipo Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Instituto de Meteorología. Sus recomendaciones fueron tenidas en cuenta y se incorporaron en los análisis y cálculo de las emisiones para la categoría.

5.4.6.3 Verificación.

No hubo verificación con fuentes externas para esta categoría.

5.4.7. Recálculos.

Se realizó el nuevo cálculo de la serie completa 1990-2022 con los datos desglosados provenientes del Departamento de Arroz de la Dirección Técnica Productiva del GAG y factores de emisión diarios obtenidos para la campaña de frío y la campaña de primavera, permitiendo una estimación más precisa de la emisión de metano en este cultivo.

En la Tabla 5.56 y Figura 5.21 se observa cómo variaron las emisiones de GEI de la categoría con respecto al inventario anterior (INGEI, serie 1990-2020). Se aprecia que existen variaciones en las emisiones debido a la utilización de otra fuente de datos y la incorporación de factores de ajuste de emisión de CH_4.

Tabla 5.58. 3.C. Cultivo del arroz: comparación entre las emisiones de GEI (kt CO_2 eq) del INGEI 2022 (serie 1990-2022) e INGEI 2020 (serie 1990-2020)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2022
BUR 2016	608.07	341.67	785.57	499.33	692.58	440.33	549.66	-	-
NIR 2022	299.09	140.31	173.50	204.32	338.80	178.67	222.38	201.08	80.59
Diferencia	308.98	201.36	612.07	295.01	353.78	261.66	327.28	-	-
%	**50.81**	**58.93**	**77.91**	**59.08**	**51.08**	**59.42**	**59.54**	-	-

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

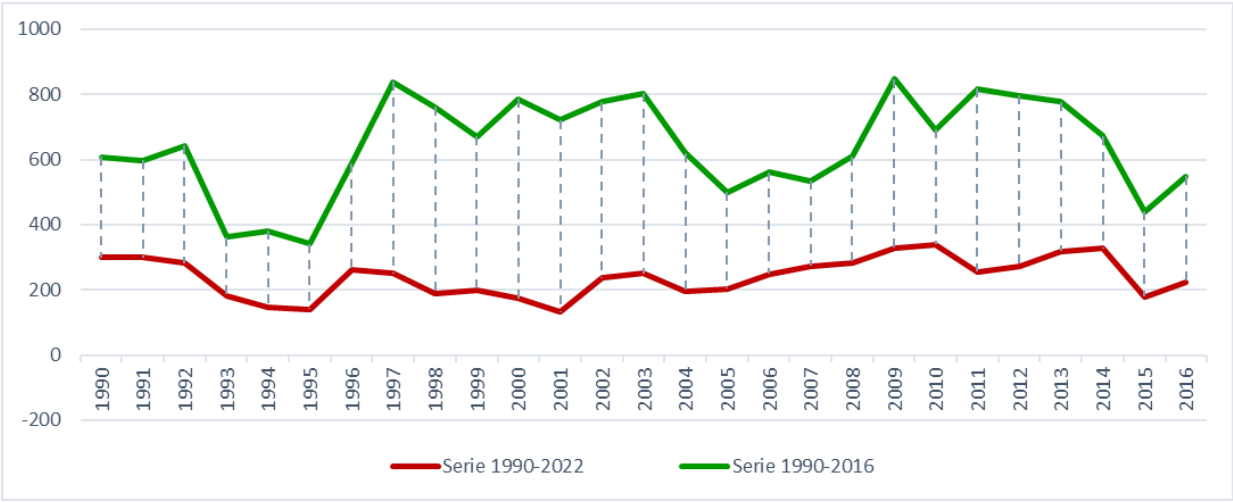


Figura 5.21. 3.C. Cultivo del arroz: comparación entre las emisiones de GEI (kt CO_2 eq) del INGEI 2022 (serie 1990-2022) e INGEI 2020 (serie 1990-2020). Fuente: Equipo Técnico de Agricultura, MINAG

5.4.8. Plan de mejoramiento.

Teniendo en cuenta el análisis hecho por Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, en función de los principales vacíos de la categoría y por las recomendaciones de la revisión de los expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

1. Determinar la cantidad y tipos de agregados orgánicos que son incorporados al cultivo del arroz, permitiendo una estimación más precisa de la emisión de metano en esta categoría.
2. Desarrollar las capacidades para estimar los gases precursores de GEI: COVDM en esta categoría.

5.5. Suelos agrícolas (3.D.)

5.5.1. Descripción de la categoría.

La Categoría 3.D. *Suelos agrícolas* incluye emisiones directas e indirectas de N_2O que se generan desde la superficie de los suelos por los procesos microbianos asociados a:

1. Aplicación de Nitrógeno proveniente de los fertilizantes sintéticos.
2. Aplicación de Nitrógeno orgánico proveniente de los fertilizantes orgánicos (estiércol animal, abono orgánico, compost, lodos de aguas servidas, residuos).
3. Aplicación de Nitrógeno proveniente de la orina y estiércol depositados en pastizales, prados y praderas por los animales en pastoreo.
4. Aplicación de Nitrógeno proveniente de los residuos de cosechas (sobre la superficie y debajo de ésta).
5. Mineralización/inmovilización del Nitrógeno vinculado a la ganancia o la pérdida de materia orgánica del suelo, que resulta del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales.
6. Drenaje y/o gestión de suelos orgánicos (histosoles).

Con respecto a estas fuentes de emisiones de GEI en la categoría, no se estimaron (NE) en la actual serie 1990 al 2022: la mineralización / inmovilización del Nitrógeno vinculado a la ganancia

o la pérdida de materia orgánica del suelo, debido a la falta de los datos de actividad que debía aportar el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS); tampoco se calcularon las correspondientes al drenaje / gestión de suelos orgánicos (histosoles), al considerarse por criterio de expertos[26] que éstas no ocurren (NO), al no haber gestión de estos suelos por la actividad humana en Cuba.

Considerando lo anterior, la categoría contempla las siguientes subcategorías:

- 3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas
- 3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas

La Subcategoría 3.D.1 se subdivide en:

- 3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos
- 3.D.1.b Fertilizantes orgánicos
- 3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo
- 3.D.1.d Residuos de cosechas

5.5.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022, la Categoría 3.D *Suelos agrícolas* emite en total unos 1,961.20 kt CO_2 eq, que representa el 18.57 % de las emisiones de GEI en el sector Agricultura, siendo el tercero en orden de importancia. Sus emisiones de GEI disminuyen en 64.13 % desde 1990 y 27.02 % desde 2016. En la tendencia y las variaciones interanuales influyeron los desafíos económicos del país y, en particular del sector, agravado por el bloqueo económico, comercial y financiero de EUA a Cuba, que dificulta la adquisición de insumos agrícolas, principalmente los fertilizantes, a la vez que provoca la reducción en la población animal de la ganadería y las áreas cultivadas.

Tabla 5.59. 3.D. Suelos agrícolas: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2022.

Año	3.D.1 Emisiones directas de N2O				3.D.2 3.D.2 Emisiones indirectas de N_2O por suelos gestionados	Totales
	3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	3.D.1.d Residuos de cosechas		
1990	1,097.28	423.05	952.81	2,346.00	649.05	5,468.19
1991	645.89	414.77	959.57	2,289.59	545.73	4,855.55
1992	177.62	399.74	941.34	1,924.63	427.95	3,871.27
1993	283.48	377.03	918.23	1,277.60	432.20	3,288.54
1994	150.92	377.49	926.22	1,262.71	403.95	3,121.30
1995	294.19	374.97	930.53	1,000.80	435.59	3,036.08
1996	345.25	371.03	928.25	1,238.20	444.40	3,327.12
1997	232.30	386.00	953.72	1,198.16	434.43	3,204.60
1998	420.82	381.67	955.39	1,024.84	475.51	3,258.22
1999	386.21	380.82	927.32	1,069.27	464.63	3,228.25
2000	322.39	400.32	966.36	1,174.43	470.95	3,334.45

[26] Fuente: Juicio experto de investigadores y otros profesionales del Instituto de Suelos.

2001	285.32	396.30	949.30	1,038.72	457.49	3,127.12
2002	284.75	396.31	941.27	1,123.28	456.92	3,202.52
2003	107.85	404.56	961.74	830.72	425.50	2,730.37
2004	181.96	399.13	941.00	872.84	435.33	2,830.27
2005	127.20	385.79	901.62	506.99	408.72	2,330.32
2006	156.18	402.12	918.56	460.94	428.91	2,366.71
2007	173.33	404.78	926.81	507.97	435.03	2,447.91
2008	197.01	409.41	932.03	585.20	443.91	2,567.56
2009	90.76	415.53	940.91	585.50	424.28	2,456.99
2010	157.71	396.31	887.27	853.74	417.88	2,712.91
2011	289.74	396.06	894.16	510.97	447.33	2,538.26
2012	270.57	396.27	899.92	589.57	443.40	2,599.73
2013	237.19	400.17	900.01	644.08	437.49	2,618.93
2014	406.07	410.55	915.90	699.54	484.44	2,916.50
2015	221.79	409.41	900.99	720.19	440.09	2,692.47
2016	210.59	416.29	904.53	713.52	442.48	2,687.42
2017	254.81	405.97	870.94	559.91	440.57	2,532.20
2018	157.40	403.76	858.40	680.95	415.01	2,515.51
2019	93.62	385.89	832.56	672.83	384.42	2,369.32
2020	80.17	383.71	823.32	537.82	378.50	2,203.53
2021	119.10	375.54	802.09	430.83	379.06	2,106.63
2022	38.30	363.88	770.19	440.35	348.47	1,961.20

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura

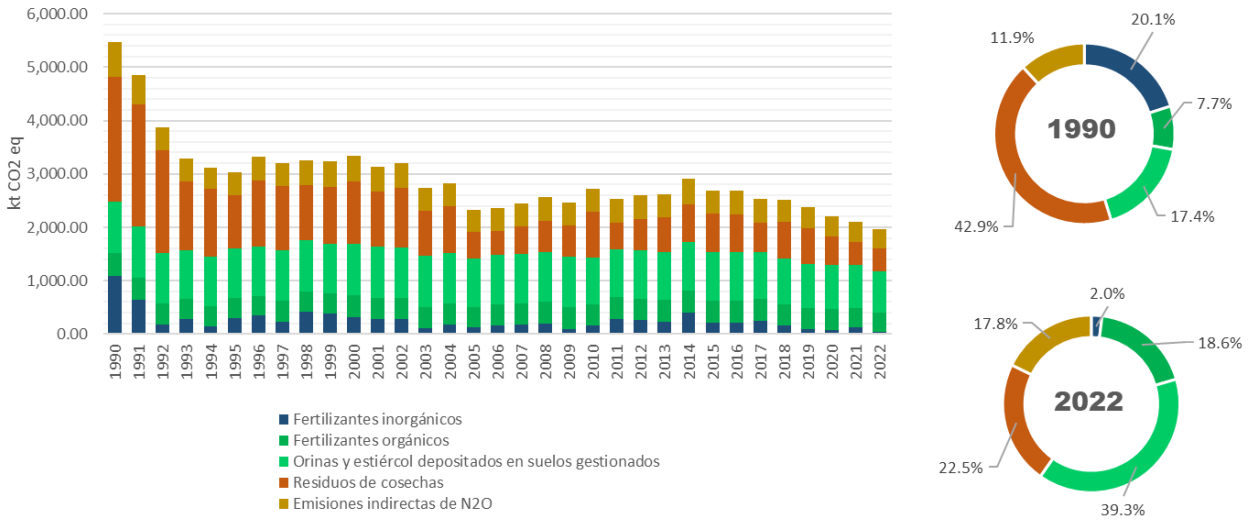


Figura 5.22. 3.D. Suelos agrícolas: emisiones de GEI ($ktCO_2$ eq) por subcategoría, serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Con respecto a las subcategorías, la 3.D.1 *Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas* es la de mayor relevancia con un 82.23 %. Entre los componentes, la 3.D.1.c *Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo* acumula las mayores emisiones de GEI con el 39.27 %, le

continúa en orden de importancia la 3.D.1.d *Residuos de cosechas* con un 22.45 %, la 3.D.1.b *Fertilizantes orgánicos* representa el 18.55 %, la 3.D.2 *Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas* con 17.77 % y, por último, la 3.D.1.a *Fertilizantes inorgánicos* con solamente el 1.95 %.

5.5.3. Aspectos metodológicos de la categoría.

En la estimación de las emisiones de N_2O de esta categoría se aplicó un método Nivel 1 en todos sus componentes, a pesar de ser una categoría principal en la serie actual. No fue posible cumplir el árbol de decisiones para las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (Figura 11.2, Capítulo 11, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006), por no disponer de datos para factores de emisión específicos del país. Recabar estos datos será un objetivo de mejora para el próximo ciclo de inventario.

En la Tabla 5.58 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 5.60. 3.D. Suelos agrícolas: métodos aplicados por subcategoría.

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.D.1Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas	N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006 Capítulo 11	Estadística Complementaria del MINAG Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) Juicios de expertos
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos				Estadística Complementaria del MINAG
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos				Estadística Complementaria del MINAG
3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo				(ONEI) Juicio de expertos
3.D.1.d Residuos de cosechas				(ONEI)
3.D.2 Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas				Estadística Complementaria del MINAG (ONEI) Juicios de expertos

Fuente: Equipo Técnico de Agricultura, MINAG

5.5.4 Emisiones directas de N2O de suelos agrícolas (3.D.1.)

5.5.4.1 Descripción de la subcategoría

La subcategoría incluye las emisiones directas de N_2O generadas en la superficie de los suelos por los procesos microbianos asociados a la aplicación de nitrógeno en forma de fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgánicos (estiércol animal, abono orgánico, compost, lodos de aguas servidas, residuos), orina y estiércol depositados por los animales durante el pastoreo, residuos de cultivos (sobre la superficie y debajo de ésta), 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).

Para este inventario, se estimaron las emisiones directas de N_2O resultantes de la aplicación de:

- Fertilizantes inorgánicos
- Fertilizantes orgánicos
- Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo
- Residuos de cosechas

La información sobre los fertilizantes sintéticos que se aplican en los suelos agrícolas fue aportada por el sistema estadístico complementario del Ministerio de la Agricultura, a través de su Dirección de Suelos y Fertilizantes. Los datos de los residuos de cultivos se tomaron de los Anuarios Estadísticos Anuales de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) de Cuba. Para el cálculo de las emisiones de GEI por el Nitrógeno proveniente de los fertilizantes orgánicos, así como de la orina y estiércol depositados en pastizales, prados y praderas por los animales en pastoreo, se tomaron los datos de la Categoría 3.B *Gestión del estiércol*.

No se incluyen en la contabilización las emisiones de N_2O desde los suelos minerales y los suelos orgánicos (histosoles), debido a la carencia de información respecto a la gestión de este tipo de suelos en el país.

5.5.4.2 Tendencia de las emisiones de GEI

En 2022, las emisiones de esta subcategoría contabilizaron 1,612.72 kt CO_2 eq (representando el 81.92 % de las emisiones de GEI de la categoría), disminuyendo en un 66.54 % desde 1990 y 28.16 % desde 2016 (Tabla 5.61 y Figura 5.23). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales fue la reducción significativa en el uso de los fertilizantes, principalmente los inorgánicos, y las cantidades de residuos de cosechas que se estimaron a lo largo de la serie temporal. La producción agrícola en Cuba ha disminuido en superficie explotada, rendimientos de los cultivos y productividad de los suelos, debido a limitantes como la aplicación de insumos agrícolas, pérdida de fuerza de trabajo en el campo y otros factores que provoca la situación económica del país desde los años 90s, afectado por el injusto bloqueo económico, comercial y financiero del gobierno de Estados Unidos a Cuba. En los últimos cuatro años la disminución es más significativa por la Covid-19 y las dificultades para la recuperación económica posterior a la pandemia.

A nivel de sus componentes, la 3.D.1.c *Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo* es el de mayor importancia con un 47.76 %, seguido de la 3.D.1.d *Residuos de Cosecha* con un

27.30 % y la 3.D.1.b *Fertilizantes orgánicos* con el 22.56 %. La 3.D.1.a *Fertilizantes inorgánicos* emite significativamente menos, con solo el 2.38 % (Tabla 5.61 y Figura 5.23). En estos valores influye lo explicado anteriormente. Con la reducción de los fertilizantes inorgánicos, los otros componentes mantienen mayores porcentajes, incluyendo los residuos de cosecha, aunque éste último requiere una mayor exhaustividad en los datos de actividad. Esto último constituye un objetivo de mejora para el próximo ciclo de inventario.

Tabla 5.61. 3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por componente, serie 1990-2022.

Año	3.D.1 Emisiones directas de N2O				
	3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	3.D.1.d Residuos de cosechas	Totales
1990	1,097.28	423.05	952.81	2,346.00	4,819.15
1991	645.89	414.77	959.57	2,289.59	4,309.82
1992	177.62	399.74	941.34	1,924.63	3,443.33
1993	283.48	377.03	918.23	1,277.60	2,856.34
1994	150.92	377.49	926.22	1,262.71	2,717.35
1995	294.19	374.97	930.53	1,000.80	2,600.49
1996	345.25	371.03	928.25	1,238.20	2,882.72
1997	232.30	386.00	953.72	1,198.16	2,770.17
1998	420.82	381.67	955.39	1,024.84	2,782.71
1999	386.21	380.82	927.32	1,069.27	2,763.62
2000	322.39	400.32	966.36	1,174.43	2,863.50
2001	285.32	396.30	949.30	1,038.72	2,669.63
2002	284.75	396.31	941.27	1,123.28	2,745.60
2003	107.85	404.56	961.74	830.72	2,304.86
2004	181.96	399.13	941.00	872.84	2,394.93
2005	127.20	385.79	901.62	506.99	1,921.60
2006	156.18	402.12	918.56	460.94	1,937.80
2007	173.33	404.78	926.81	507.97	2,012.88
2008	197.01	409.41	932.03	585.20	2,123.66
2009	90.76	415.53	940.91	585.50	2,032.71
2010	157.71	396.31	887.27	853.74	2,295.03
2011	289.74	396.06	894.16	510.97	2,090.93
2012	270.57	396.27	899.92	589.57	2,156.33
2013	237.19	400.17	900.01	644.08	2,181.44
2014	406.07	410.55	915.90	699.54	2,432.06
2015	221.79	409.41	900.99	720.19	2,252.38
2016	210.59	416.29	904.53	713.52	2,244.93
2017	254.81	405.97	870.94	559.91	2,091.63
2018	157.40	403.76	858.40	680.95	2,100.50
2019	93.62	385.89	832.56	672.83	1,984.90

2020	80.17	383.71	823.32	537.82	1,825.04
2021	119.10	375.54	802.09	430.83	1,727.57
2022	38.30	363.88	770.19	440.35	1,612.72

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura

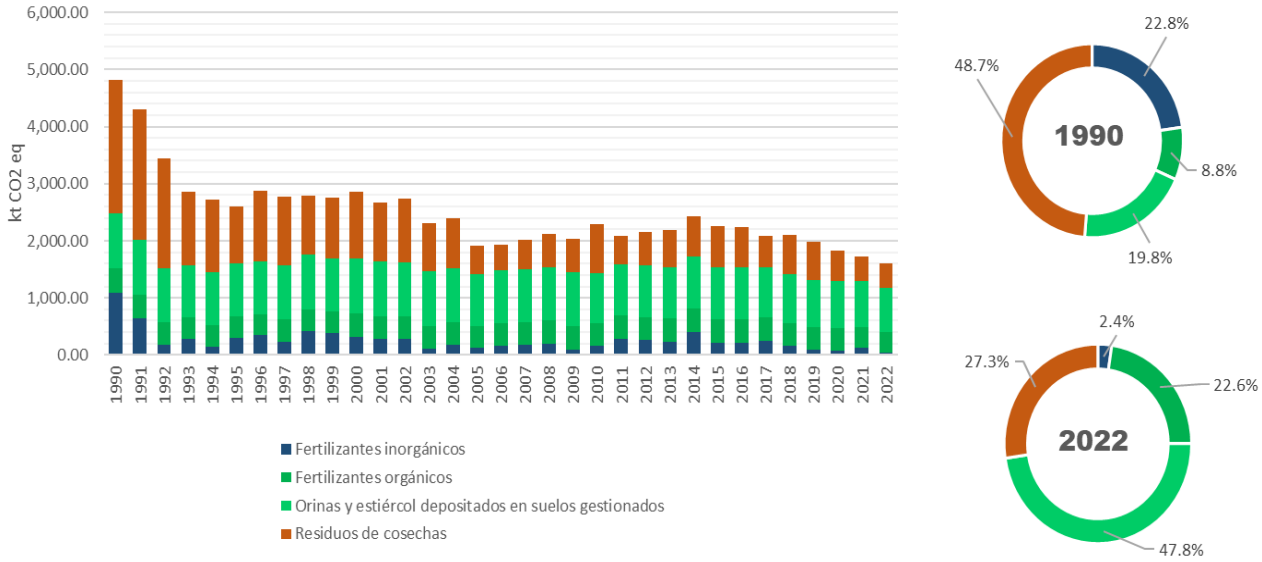


Figura 5.23. 3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas: emisiones de GEI ($ktCO_2$ eq) por componente, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.5.4.3 Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de las emisiones de N_2O de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1 para todos sus componentes con empleo de factores de emisión por defecto. En la Tabla 5.62 se observa un resumen de los métodos aplicados en la subcategoría.

Tabla 5.62. 3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas: métodos aplicados por subcategoría.

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.D.1Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas	N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006 Capítulo 11	Estadística Complementaria del MINAG Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) Juicios de expertos
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos				Estadística Complementaria del MINAG
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos				Estadística Complementaria del MINAG

3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo				(ONEI) Juicio de expertos
3.D.1.d Residuos de cosechas				(ONEI)

Fuente: Equipo Técnico de Agricultura, MINAG

En la Subcategoría 3.D.1 *Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas* se trabajó con el empleo de la Ecuación 11.1, de la siguiente manera:

$$N_2O_{Directas}–N = N_2O–N_{N\ aportes} + N_2O–N_{OS} + N_2O–N_{PRP}$$

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

A partir de:

$$N_2O–N_{N\ aportes} = \left[\begin{array}{l}\left[\left(F_{SN}+F_{ON}+F_{CR}+F_{SOM}\right)\bullet EF_1\right]+\\ \left[\left(F_{SN}+F_{ON}+F_{CR}+F_{SOM}\right)_{FR}\bullet EF_{1FR}\right]\end{array}\right]$$

$$N_2O–N_{OS} = \left[\begin{array}{l}\left(F_{OS,CG,Temp}\bullet EF_{2CG,Temp}\right)+\left(F_{OS,CG,Trop}\bullet EF_{2CG,Trop}\right)+\\ \left(F_{OS,F,Temp,NR}\bullet EF_{2F,Temp,NR}\right)+\left(F_{OS,F,Temp,NP}\bullet EF_{2F,Temp,NP}\right)+\\ \left(F_{OS,F,Trop}\bullet EF_{2F,Trop}\right)\end{array}\right]$$

$$N_2O–N_{PRP} = \left[\left(F_{PRP,CPP}\bullet EF_{3PRP,CPP}\right)+\left(F_{PRP,SO}\bullet EF_{3PRP,SO}\right)\right]$$

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 $año^{-1}$).

$N_2O - N_{N\ Directas}$ = 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 N2O–N de aportes de orina y estiércol a Tierras de pastoreo (kg N_2O – N $año^{-1}$).

$N_2O - N_{N\ Aportes}$ = 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, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a suelos (kg N $año^{-1}$),

F_{CR} = Cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos (kg N año^{-1}),

EF_1 = Factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N (kg N_2O–N ((kg aporte de N)$^{-1}$).

$N_2O - N_{PRP}$ = Emisiones directas anuales de N_2O – N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo (kg N_2O – N año^{-1}),

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 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)$^{-1}$).

La conversión de las emisiones de N_2O–N en emisiones de N_2O, a los efectos de la declaración, se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O\text{–}N \bullet 44/28$$

Fuente: Ecuación 11.1; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

5.5.4.3.1 Datos de actividad y paramétricos de la categoría.
Fertilizantes inorgánicos (3.D.1.a).

Los datos de fertilizantes inorgánicos o sintéticos, expresado en cantidad de toneladas por año, fueron reportados por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura, a través de su sistema estadístico complementario (Tabla 5.63). Esta fuente aportó la información desagregada por tipos de fertilizantes y su contenido de Nitrógeno, lo que constituyó un paso de avance en la mejora de esta categoría, con respecto a los inventarios anteriores. El contenido de N es expresado en porcentaje y se multiplica por las toneladas de consumo aparente de fertilizantes. En el país no ocurre una producción nacional de fertilizantes inorgánicos, por lo que el consumo comprende las importaciones únicamente. En la tabla siguiente se muestran los datos de actividad del componente.

Tabla 5.63. 3.D.1.a. Fertilizantes sintéticos: cantidades de fertilizantes (toneladas año^{-1}) que se aplicaron a suelos agrícolas, serie 1990-2022.

Año	Cantidad anual de fertilizante sintético aplicado (t año^{-1})
1990	1,117.9
1991	555.4
1992	180.2
1993	231.3
1994	170.8
1995	338.9
1996	363.2
1997	233.5
1998	179.8
1999	158.7
2000	155.6
2001	115.0

2002	107.2
2003	93.1
2004	100.4
2005	70.7
2006	82.9
2007	69.1
2008	82.2
2009	36.5
2010	58.0
2011	85.0
2012	89.6
2013	85.5
2014	90.7
2015	103.0
2016	97.4
2017	100.8
2018	71.2
2019	52.6
2020	26.1
2021	22.5
2022	8.0

Fuente: Equipo Técnico de Agricultura, MINAG

Fertilizantes orgánicos (3.D.1.b).

Para estimar las emisiones directas de N_2O vinculadas a esta actividad, se calculó la cantidad anual de estiércol animal depositado por el ganado estabulado. Esta estimación se realizó debido a la falta de datos confiables en el país sobre la producción y consumo de fertilizantes orgánicos durante el periodo evaluado. Como criterio de expertos[27], se consideró que todo el estiércol estabulado se utiliza exclusivamente como fertilizante y no se destina a otras actividades como construcción, alimentación o combustible según la metodología propuesta.

En el cálculo de las cantidades de aportes de Nitrógeno orgánico aplicado a los suelos que no provengan de animales en pastoreo, se empleó la Ecuación 11.3.

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

Fuente: Ecuación 11.3; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

F_{ON} = cantidad total anual de fertilizante de N orgánico aplicada a los suelos, excepto el de animales en pastoreo, kg N año^{-1}

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año^{-1}

F_{SEW} = cantidad anual de N total de barros cloacales (coordinar con el Sector Desechos para asegurarse de que no haya cómputo doble de N) que se aplica a los suelos, kg N año^{-1}

[27] Fuente: Juicio experto de investigadores y otros profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Instituto de Ciencia Animal, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería tropical, Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Indio Hatuey.

F_{COMP} = cantidad anual del total de N de compost aplicada a los suelos (asegurarse de que no haya cómputo doble del N de estiércol del compost), kg N año^{-1}

F_{OOA} = cantidad anual de otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.), kg N año^{-1}

A partir de:

$$F_{AM} = N_{MMS\,Avb} \bullet \left[1 - \left(Frac_{ALIM} + Frac_{COMBUST} + Frac_{CNST}\right)\right]$$

Fuente: Ecuación 11.4; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año^{-1}

N_{MMS_Avb} = cantidad de N del estiércol gestionado disponible para aplicación al suelo y para uso como alimento, combustible o en la construcción, kg N año^{-1} (véase la Ecuación 10.34 del Capítulo 10)

$Frac_{ALIM}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento

$Frac_{COMBUST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para combustible

$Frac_{CNST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para la construcción

Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo (3.D.1.c).

La fracción de Nitrógeno proveniente de la orina y estiércol depositados en pastizales, prados y praderas por los animales en pastoreo, se calculó empleando los datos que se estimaron en la Categoría 3.B *Gestión del estiércol*. De ésta última se tomaron también los datos de actividad (población animal) y paramétricos de tasa de excreción animal y su distribución. Consultar con el capítulo de la categoría 3.B.

En la fracción se utilizó la fórmula de la Ecuación 11.5, que brinda una estimación de la cantidad de Nitrógeno depositado por los animales de pastoreo.

$$F_{PRP} = \sum_{T} \left[\left(N_{(T)} \bullet Nex_{(T)}\right) \bullet MS_{(T,PRP)}\right]$$

Fuente: Ecuación 11.5; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año^{-1}

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país (véase el Capítulo 10, Sección 10.2)

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal^{-1} año^{-1} (véase el Capítulo 10, Sección 10.5).

$MS_{(T,PRP)}$ = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas[fn] (véase el Capítulo 10, Sección 10.5)

Residuos de cosechas (3.D.1.d).

Para estimar la fracción de los residuos agrícolas, se emplearon los datos de la superficie (hectárea) y el rendimiento (toneladas por hectárea) de los cultivos que se publican en las series estadísticas anuales de la ONEI (2024)[28]. De esta fuente no se tuvo información de todos los cultivos que se cosechan en Cuba, por lo que solo se incluyeron en esta ocasión al arroz, maíz, tubérculos, raíces, frijoles, plátano y caña de azúcar. Por juicio de expertos[29] se consideraron a los frijoles como legumbres, la caña de azúcar como una hierba perenne y el plátano (banana) como un cultivo no especifico. En el cultivo de la caña de azúcar se extrapoló el dato de actividad del año 2021 en el 2022, para completar la serie.

En relación con el destino final de los residuos de cosechas, que son: (1) quema in-situ, (2) consumo animal en campo, (3) enfardado y extraído del campo, y (4) incorporación al suelo, se consideró que el 100 % de los residuos se incorporaron al suelo, para todos los cultivos. No se dispuso de esa información desagregada en esta ocasión, siendo una medida de mejora para los próximos inventarios. En la Tabla 5.64 se muestran los datos de cada cultivo para la serie 1990-2022.

En relación con los datos paramétricos para la estimación de los factores de emisión de esta fracción, se tomaron los factores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, que aparecen en el Cuadro 11.2, Capítulo 11.

Tabla 5.64. 3.D.1.d. Residuos de cosechas: valores por defecto de contenido de materia seca para los residuos de cosechas.

Cultivo	Fracción de materia seca del producto cosechado (SECO)	Materia seca de los residuos aéreos AGDM(T) (Mg/ha)					Contenido de N de residuos aéreos (NAG)	Relación residuos subterráneos / biomasa aérea (RBG-BIO)	Contenido de N de residuos subterráneos (NBG)
		Declive	± 2 s.d. como % de la media	Intercepción	± 2 s.d. como % de la media	R2 ajust.			
Maíz	0,87	1,03	± 3%	0,61	± 19%	0,76	0,006	0,22 (± 26%)	0,007
Arroz	0,89	0,95	±19%	2,46	± 41%	0,47	0,007	0,16 (± 35%)	0.007
Frijoles	0,91	1,13	± 19%	0,85	± 56%	0,28	0,008	0,19 (± 45%)	0,008
Tubérculos	0,22	0,10	± 69%	1,06	± 70%	0,18	0,019	0,20 (± 50%)	0,014
Raíces	0,94	1,07	± 19%	1,54	± 41%	0.6	0,016	0,20 (± 50%)	0,014
Plátano	0,90	0,3	± 50% x defecto	0,0	0,0	0,0	0,015	0,80 (± 50%)	0,012
Caña de azúcar	0,90	0,3	± 50% x defecto	0,0	0,0	0,0	0,015	0,8 (± 50%)	0,012

Fuente: Cuadro 11.2, Capítulo 11, Volumen 4, Directrices del IPCC de 2006

En esta fracción se utilizó la Ecuación 11.6 para estimar el Nitrógeno de los residuos agrícolas, para un método de Nivel 1.

[28] ONEI (2024): Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

[29] Fuente: Juicio experto de investigadores y profesionales del Ministerio Agricultura, Instituto de Investigaciones de Granos e Instituto de Suelos, con base en las Directrices del IPCC de 2006.

$$F_{CR} = \sum_{T} \left\{ \begin{array}{l} Cultivo_{(T)} \bullet \left(Superf_{(T)} - Superf.quemada_{(T)} \bullet C_f \right) \bullet Frac_{Renov(T)} \bullet \\ \left[R_{AG(T)} \bullet N_{AG(T)} \bullet \left(1 - Frac_{Remoc(T)} \right) + R_{BG(T)} \bullet N_{BG(T)} \right] \end{array} \right\}$$

Fuente: Ecuación 11.6; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año-1

$Cultivo_{(T)}$ = rendimiento anual de materia seca cosechada para el cultivo T, kg d.m. há-1

$Superf_{(T)}$ = total de superficie anual de cosecha del cultivo T, há año-1

Superf $quemada_{(T)}$ = superficie anual del cultivo T quemada, há año-1

C_f = factor de combustión (sin dimensión) (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.6)

$Frac_{Renov(T)}$ = fracción de la superficie total dedicada al cultivo T que se renueva anualmente 12. Para países en los que las pasturas se renuevan, en promedio, cada X años, $Frac_{Renov}$ = 1/X. Para cultivos anuales, $Frac_{Renov}$ = 1

$R_{AG(T)}$ = relación entre la materia seca de los residuos aéreos (AGDM(T)) y el rendimiento de cosecha del cultivo T ($Cultivo_{(T)}$, kg d.m. (kg d.m.)-1,

= $A_{GDM(T)}$ ● 1000 / $Cultivo_{(T)}$ (calculando a partir de la información del Cuadro 11.2)

$N_{AG(T)}$ = contenido de N de los residuos aéreos del cultivo T, kg N (kg d.m.)$^{-1}$, (Cuadro 11.2)

$Frac_{Remoc(T)}$ = fracción de los residuos aéreos del cultivo T que se extraen anualmente, como los destinados a alimentos, camas y construcción, kg N (kg cultivo-N)-1. Se requiere un sondeo a cargo de expertos del país para obtener los datos. Si no se dispone de datos respecto a $Frac_{Remoc}$, se supone que no hay remoción.

$R_{BG(T)}$ = relación entre residuos subterráneos y rendimiento de cosecha del cultivo T, kg d.m. (kg d.m.)-1. Si no se dispone de datos alternativos, $R_{BG(T)}$ puede calcularse multiplicando RBG-BIO del Cuadro 11.2 por la relación entre el total de biomasa aérea y el rendimiento del cultivo (= [($A_{GDM(T)}$ ● 1000 + $Cultivo_{(T)}$) / $Cultivo_{(T)}$], (también calculando $A_{GDM(T)}$ a partir de la información del Cuadro 11.2).

$N_{BG(T)}$ = contenido de N de los residuos subterráneos del cultivo T, kg N (kg d.m.)$^{-1}$, (Cuadro 11.2)

T = tipo de cultivo o forraje

Tabla 5.65. 3.D.1.b. Residuos agrícolas: superficie cosechada (hectáreas) y rendimiento agrícola (toneladas año^{-1}) del cultivo, serie 1990-2022.

Año	Maíz		Tubérculos		Raíces		Arroz		Frijoles		Plátano		Caña	
1990	74,603.7	0.87	83,248.9	4.61	69,063.8	4.61	154,896.3	3.06	45,227.1	0.27	55,303.0	5.86	1,420,300.0	57.6
1991	68,957.0	0.80	84,997.1	4.43	70,797.1	4.43	152,149.1	2.81	45,650.1	0.26	50,365.5	7.09	1,452,200.0	54.9
1992	71,446.5	0.82	85,695.2	4.42	85,065.5	4.42	163,639.1	2.19	47,674.9	0.20	61,373.4	8.39	1,451,700.0	45.6
1993	68,188.0	0.73	67,181.8	3.77	83,682.9	3.77	92,482.1	1.91	49,285.4	0.18	62,128.2	6.44	1,211,700.0	36.0
1994	77,644.1	0.95	69,829.8	3.30	77,131.6	3.30	97,258.8	2.32	55,314.6	0.19	71,190.4	5.07	1,248,900.0	34.6
1995	76,891.3	1.05	66,000.6	4.53	71,817.5	4.53	87,034.1	2.56	44,083.5	0.26	73,934.9	5.41	1,177,400.0	28.5
1996	89,226.9	1.17	62,976.8	5.19	79,977.1	5.19	149,999.5	2.46	46,861.4	0.30	74,334.7	7.26	1,244,500.0	33.2
1997	159,016.0	1.27	87,641.0	4.27	105,983.0	4.27	213,402.0	2.88	106,065.0	0.31	102,630.0	5.16	1,246,300.0	31.2
1998	135,444.0	1.30	90.69.0	3.99	114,361.0	3.99	193,919.0	2.28	103,240.0	0.41	87,396.0	6.48	1,048,500.0	31.3
1999	118,282.0	2.01	76,267.0	6.42	88,804.0	6.42	171,088.0	3.27	92,450.0	0.83	94,412.0	6.39	995,800.0	34.1
2000	126,313.0	2.16	79,023.0	7.34	88,688.0	7.34	200,110.0	2.76	105,722.0	1.01	111,590.0	7.57	1,040,900.0	35.6
2001	128,253.0	2.33	87,140.0	7.25	103,379.0	7.25	183,855.0	3.27	103,249.0	0.96	111,328.0	8.70	1,007,100.0	31.4
2002	122,240.0	2.53	93,760.0	7.20	105,909.0	7.20	197,945.0	3.50	100,227.0	1.07	108,456.0	6.73	1,041,200.0	33.3
2003	132,247.0	2.72	100,869.0	8.96	104,781.0	8.96	204,600.0	3.50	106,779.0	1.19	123,231.0	9.03	643,800.0	35.7
2004	145,209.4	2.75	108,010.6	8.07	133,089.0	8.07	157,826.0	3.10	112,201.2	1.18	123,021.0	9.88	661,000.0	36.6
2005	155,580.0	2.33	109,136.0	7.16	142,512.0	7.16	127,197.0	2.89	94,821.0	1.12	95,391.0	8.11	517,200.0	23.0
2006	122,160.0	2.50	76,220.0	7.27	106,751.0	7.27	142,829.0	3.04	76,740.0	0.92	100,122.0	8.71	397,100.0	28.2
2007	141,303.0	2.61	95,489.0	6.76	108,446.0	6.76	136,099.0	3.23	83,793.0	1.16	102,472.0	9.67	329,500.0	38.5
2008	129,221.8	2.52	95,304.6	7.10	100,817.0	7.10	155,514.2	2.80	95,305.9	1.02	83,630.0	9.07	380,300.0	41.5
2009	203,981.0	1.49	118,003.0	6.36	128,030.0	6.36	215,751.0	2.61	150,584.0	0.74	106,419.0	6.30	434,700.0	34.5
2010	225,608.0	1.44	108,258.0	6.21	135,576.0	6.21	176,429.0	2.58	112,712.0	0.71	119,207.0	6.17	431,400.0	26.9
2011	143,318.0	2.47	69,245.0	7.19	131,748.0	7.19	208,046.0	2.72	123,914.0	1.07	94,851.0	8.80	506,100.0	23.5
2012	153,552.8	2.35	69,202.0	7.61	121,523.0	7.61	202,708.0	3.17	123,434.0	1.03	81,232.0	10.89	361,300.0	40.7
2013	178,171.5	2.39	69,614.7	6.92	158,892.1	6.92	197,823.0	3.40	119,775.1	1.08	68,818.8	9.57	400,291.2	40.3
2014	185,922.0	2.31	59,971.2	7.77	155,002.3	7.77	171,572.0	3.41	129,910.9	1.04	70,860.7	11.80	405,200.0	44.0
2015	149,511.0	2.43	78,144.7	8.09	137,391.0	8.09	112,166.0	3.73	98,712.0	1.19	80,309.2	11.08	435,600.0	44.3
2016	170,417.8	2.37	73,855.6	7.93	158,470.0	7.93	140,016.1	3.67	122,544.9	1.11	88,532.5	11.48	421,606.0	43.0
2017	157,813.5	2.37	65,782.9	7.93	164,794.5	7.93	112,355.7	3.60	118,410.5	1.12	88,150.0	11.51	314,400.0	40.4
2018	144,703.7	2.39	75,121.9	7.64	160,573.7	7.64	133,716.4	3.45	147,560.1	1.09	87,568.6	10.98	392,900.0	43.7
2019	128,265.1	2.15	60,207.6	7.74	159,783.0	7.74	117,109.1	3.64	98,838.7	1.30	109,790.9	9.44	393,000.0	43.6
2020	128,603.9	2.00	45,974.5	6.92	137,499.1	6.92	74,595.7	3.57	73,096.1	0.90	99,905.4	8.61	348,005.7	40.0
2021	126,035.2	1.89	47,867.1	6.58	142,094.7	6.58	66,518.1	3.39	67,319.3	0.86	105,009.6	8.19	300,000.0	34.0
2022	95,112.3	1.76	44,445.2	6.04	176,120.4	6.04	53,014.7	2.71	72,146.6	0.96	111,444.2	8.19	300,000.0	34.0

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.5.4.3.2 Factores de emisión.

Los factores de emisión para la categoría corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, que se presentan en la Tabla 5.66.

Tabla 5.66. 3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas: 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 11.3; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

5.5.5 Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas (3.D.2)

5.5.5.1 Descripción de la subcategoría

Esta subcategoría incluye las emisiones indirectas de N_2O generadas por (a) 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 (b) 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.

En la actual serie, no se contabilizaron las emisiones indirectas por lixiviación y escorrentía del nitrógeno desde la mineralización/inmovilización vinculada a la ganancia/pérdida de carbono del suelo, debido a la falta de datos de actividad asociados al cambio de uso de la tierra desde el sector UTCUTS; tampoco se hizo para los suelos orgánicos, porque no se gestionan en el país. Es necesario fortalecer las capacidades para entender la procedencia de los datos y el uso de la información a emplear en esta subcategoría y, con ello, abarcar las diferentes fuentes de emisiones. En el plan de mejoramiento de la categoría se plantean estos vacíos como importantes objetivos de mejora.

5.5.5.2 Tendencia de las emisiones de GEI

Las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 348.47 kt CO_2 eq en el 2022 (lo que representa el 17.77 % de las emisiones de la categoría), disminuyendo en un 46.31 % desde 1990 y un 21.25 % desde 2016 (Tabla 5.67 y Figura 5.24). La principal causante de la tendencia son las variaciones interanuales de las emisiones que proceden, principalmente, de la 3.D.1.a *Fertilizantes inorgánicos* y la 3.D.1.d *Residuos de cosechas*.

Tabla 5.67. 3.D.2 Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) de la subcategoría, serie 1990-2022.

Año	3.D.2 3.D.2 Emisiones indirectas de N_2O por suelos gestionados
1990	649.05
1991	545.73
1992	427.95
1993	432.20
1994	403.95
1995	435.59
1996	444.40
1997	434.43
1998	475.51
1999	464.63
2000	470.95
2001	457.49
2002	456.92
2003	425.50
2004	435.33
2005	408.72
2006	428.91
2007	435.03
2008	443.91
2009	424.28
2010	417.88
2011	447.33
2012	443.40
2013	437.49
2014	484.44
2015	440.09
2016	442.48
2017	440.57
2018	415.01
2019	384.42
2020	378.50
2021	379.06
2022	348.47

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura



Figura 5.24. 3.D.2 Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas: emisiones de GEI ($ktCO_2$ eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.5.5.3 Aspectos metodológicos de la categoría.

En la estimación de las emisiones indirectas de N_2O de esta categoría se aplicó un método Nivel 1, mediante los factores de emisión por defecto. En la Tabla 5.68 se observa un resumen de los métodos aplicados.

Tabla 5.68. 3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas: métodos aplicados.

Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.D.2 Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas	N_2O	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006 Capítulo 11	Estadística Complementaria del MINAG (ONEI) Juicios de expertos

Fuente: Equipo Técnico de Agricultura, MINAG

Las emisiones de N2O por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados se estiman aplicando la Ecuación:

$$N_2O_{(ATD)}\text{–}N = \left[\left(F_{SN} \bullet Frac_{GASF}\right) + \left(\left(F_{ON} + F_{PRP}\right) \bullet Frac_{GASM}\right)\right] \bullet EF_4$$

Fuente: Ecuación 11.10; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

$N_2O(ATD)^{-N}$ = cantidad anual de N_2O^{-N} producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N_2O^{-N} $año^{-1}$

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos, kg N $año^{-1}$

$Frac_{GASF}$ = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH_3 y NO^x, kg N volatilizado (kg de N aplicado)$^{-1}$

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año^{-1}

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año^{-1}

$Frac_{GASM}$ = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (FON) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (FPRP) que se volatiliza como NH_3 y NOx, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)-1 (Cuadro 11.3)

EF4 = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N2O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N–N2O (kg NH3–N + NOx–N volatilizado)-1] (Cuadro 11.3)

La conversión de emisiones de N2O(ATD)–N en emisiones de N2O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O(ATD) = N_2O(ATD) – N \bullet 44/28$$

Las emisiones de N2O por lixiviación y escurrimiento en regiones donde se producen estos fenómenos se estiman empleando la Ecuación:

$$N_2O_{(L)}–N = \left(F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}\right) \bullet Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} \bullet EF_5$$

Fuente: Ecuación 11.10; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

$N_2O^{(L)–N}$ = cantidad anual de $N_2O^{–N}$ producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos, kg $N_2O^{–N}$ año^{-1}

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año^{-1}

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año^{-1}

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año^{-1}

F_{CR} = cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devuelta a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año^{-1}

F_{SOM} = cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo, como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año^{-1}.

$Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}$ = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N (kg de agregados de N)$^{-1}$.

EF_5 = factor de emisión para emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento de N, kg $N_2O^{–N}$ (kg N por lixiviación y escurrido)$^{-1}$

5.5.5.3.1 Datos de actividad estadísticos y paramétricos

Los datos utilizados para esta subcategoría fueron los mismos utilizados en *Emisiones directas de N_2O desde suelos agrícolas*. De acuerdo con 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. Sin embargo, no se dispuso de esa información, por lo que se identifica como una medida de mejora para los próximos inventarios.

5.5.5.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión para la subcategoría corresponden a valores por defecto de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006* (Tabla 5.69).

Tabla 5.69. 3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas: 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

Fuente: Cuadro 11.3; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

5.5.4. Incertidumbre

La incertidumbre combinada de esta subcategoría para el 2022, ha sido estimada para el N_2O. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 5.70.

Tabla 5.70. 3.D. Suelos agrícolas: Resumen de la incertidumbre combinada.

Código Categoría del IPCC	GEI	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
		(+) %	(-) %	(+) %
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N_2O	20.0	20.0	28.0
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N_2O	20.0	20.0	28.0
3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	N_2O	20.0	20.0	28.0
3.D.1.d Residuos de cosechas	N_2O	20.0	20.0	28.0
3.D.2 Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas	N_2O	20.0	30.0	36.1

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en las Directrices del IPCC de 2006

Los datos de actividad y paramétricos fueron obtenidos desde diferentes fuentes y cada una tiene sus propios controles de calidad sobre la información que captan y difunden. No obstante, a partir de la información disponible, no resultó posible evaluar las funciones de densidad de probabilidades asociadas con los datos de actividad. Por lo cual, se aplicaron los valores de incertidumbre recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 (Sección 10.2.3; Capítulo 10; Volumen 4). La incertidumbre asociada a los datos de actividad procedentes de estadísticas nacionales es de ± 20%.

En esta subcategoría se utilizaron FE por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. Para los cuales se utilizó el valor de incertidumbre de ± 20%, recomendado por las Directrices del IPCC de 2006 (Sección 10.3.4; Capítulo 10; Volumen 4).

5.5.5. Consistencia de la serie temporal.

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se utilizó la misma fuente de datos de actividad y los mismos factores de emisión.

5.5.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación.

5.5.6.1 Control de la calidad.

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se aplicaron las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la categoría; además, el Equipo Técnico Sectorial realizó actividades rutinarias durante el proceso de elaboración del inventario, que contribuyó con el control de la información y su calidad. Las acciones se enuncian a continuación:

- Se desarrollaron planillas de información base para cada categoría, en las cuales se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, así como las fuentes y los supuestos. Todos los datos se encuentran compilados en un solo fichero, para que esté centralizada la información y sea rápida su revisión y actualización, cuando corresponda.
- Todos los datos fueron ingresados a una plataforma digital para la realización de los cálculos correspondientes, que sirva de reservorio/almacenamiento de toda la información, la cual aparece de forma ordenada, coherente, exhaustiva, exacta, sin doble cómputo, evitando los errores asociados a la transcripción manual, y que permita futuras actualizaciones.
- Se realizó verificación cruzada de los diferentes datos presentes en las planillas de información base, en la plataforma digital y el informe, para garantizar que la información es consistente. Los errores detectados se corrigieron de inmediato.
- Se revisaron las Guías del IPCC de 2006 y otras referencias bibliográficas citadas.
- Se hicieron comparaciones de las estimaciones actuales con versiones de INGEI anteriores, de manera que se identificaran posibles errores de entrada o cálculo y así justificar las divergencias.
- La información fue validada por los proveedores de los datos.
- Se realizó una revisión de los cálculos, hojas de trabajo e informes por parte de los revisores internos que son parte del Equipo Técnico Sectorial de Agricultura.

5.5.6.2 Garantía de la calidad.

En el proceso de elaboración del inventario de GEI en el sector Agricultura se tuvo la asesoría técnica del Equipo Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Instituto de Meteorología. Sus recomendaciones fueron tenidas en cuenta y se incorporaron en los análisis y cálculo de las emisiones para la categoría.

5.5.6.3 Verificación.

No hubo verificación con fuentes externas para esta categoría.

5.5.7. Recálculos.

Durante el presente proceso de actualización se realizaron cambios en los datos de actividad y se incorporaron componentes que no habían sido estimados anteriormente:

- Se obtuvo datos de actividad de las cantidades de fertilizantes inorgánicos nitrogenados de toda la serie temporal, que incluyó a los importados y de producción nacional, también se amplió los tipos de fertilizantes. En el inventario anterior se tenía vacíos de información de la serie temporal y se utilizaron los datos no desagregados por tipo y procedencia de los fertilizantes.
- Se estimaron las emisiones de GEI en los componentes 3.D.1.b *Fertilizantes orgánicos*, 3.D.1.c *Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo* y 3.D.1.d *Residuos de cosechas*, las cuales no se incluyeron en el inventario anterior por falta de información.

La Tabla 5.71 muestra la variación de las emisiones de la Categoría respecto al INGEI anterior. Las diferencias principales se debieron a los datos de actividad más exactos y exhaustivos, al cambiar la fuente de la información hacia proveedores más directos. A pesar que se incorporan nuevos componentes en esta serie, las emisiones de GEI resultaron aproximadas y coincidentes en varios años de la serie 1990-2016. Se obtiene 2,687.42 kt CO_2 eq en el 2016, que representa una disminución del 10.51 % (Figura 5.25).

Tabla 5.71. 3.D Suelos agrícolas: comparación entre las emisiones de GEI (kt CO2 eq) del INGEI 2022 (serie 1990-2022) e INGEI 2016 (serie 1990-2016).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2022
BUR 2016	6,212.03	3,486.43	3,006.56	2,645.77	2,773.21	2,982.05	3,003.17	-	-
NIR 2022	5,468.19	3,036.08	3,334.45	2,330.32	2,712.91	2,692.47	2,687.42	2,203.53	1,961.20
Diferencia	743.83	450.35	-327.89	315.45	60.29	289.59	315.75	-	-
%	11.97	12.92	-10.91	11.92	2.17	9.71	10.51	-	-

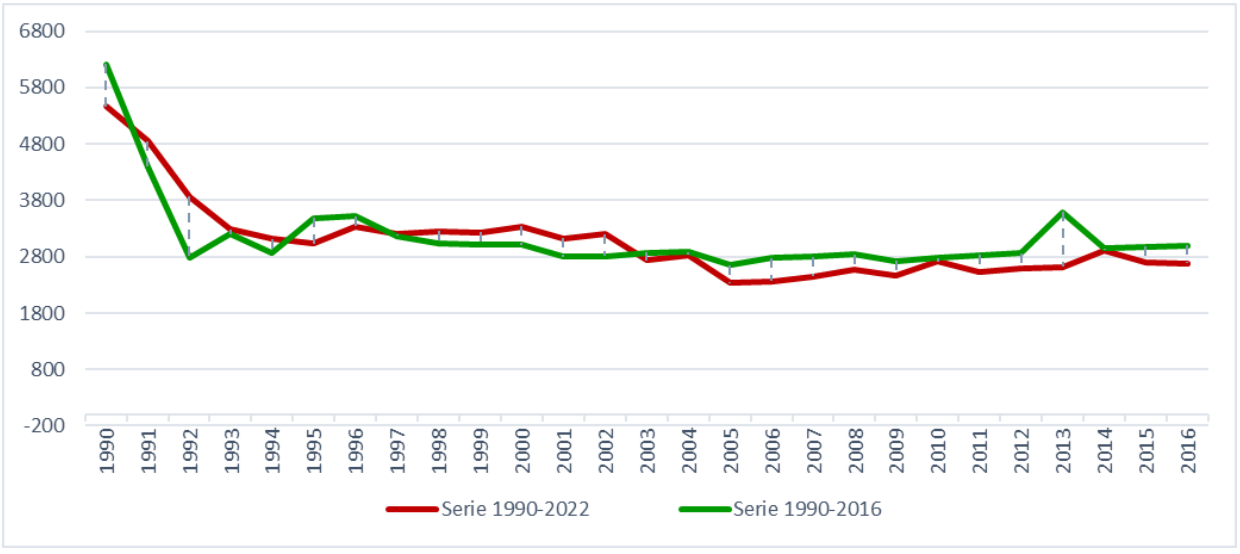


Figura 5.25. 3.D. Suelos agrícolas: comparación entre las emisiones de GEI (kt CO_2 eq) del INGEI 2022 (serie 1990-2022) e INGEI 2016 (serie 1990-2016). Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG.

5.5.8. Plan de mejoramiento.

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, en función de los principales vacíos de la categoría y por las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas son las siguientes:

1. Recabar datos específicos de país para aplicar métodos de Nivel 2 en los componentes de mayor peso de esta categoría principal.
2. Obtener los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI por 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.
3. Revisar y entender la procedencia de los datos de actividad para el cálculo de emisiones indirectas de N_2O en suelos agrícolas.
4. Revisión más exhaustiva de los datos de actividad de los fertilizantes orgánicos.
5. Incorporar otros cultivos agrícolas y revisión más exhaustiva de sus datos paramétricos.
6. No incorporar la superficie bajo riego mecanizado al cálculo de las emisiones indirectas de N_2O por la lixiviación y la escorrentía.
7. Desarrollar las capacidades para estimar los gases precursores de GEI: NO_x, COVDM en esta categoría.

5.6. Quemas prescritas de sábanas (3.E.)

En el contexto nacional, esta categoría no se estimó.

5.7. Quemas de residuos agrícolas (3.F.)

En el contexto nacional, esta categoría no se estimó.

5.8. Encalado (3.G.)

5.8.1. Descripción de la categoría.

La categoría Encalado corresponde a las emisiones de CO_2 generadas por el aplicación de carbonatos que contienen cal (p. ej., caliza ($CaCO_3$), o dolomita ($CaMg(CO_3)_2$) a los suelos agrícolas, así como en suelos de bosques gestionados o lagos. Naturalmente, el proceso consiste en que, al disolverse la cal en el suelo, se libera bicarbonato ($NaHCO_3$), que se convierte en CO_2 y agua (H_2O).

El sector Agropecuario en Cuba utiliza el encalado, fundamentalmente, con el fin de suplir las deficiencias de calcio y magnesio y/o corregir los efectos negativos de la acidez. La cal no se importa al país y en la agricultura solo se utiliza la caliza de producción nacional - no se emplea la dolomita. Las cantidades de caliza que se aplican son limitadas, por lo que se concentra su uso en dos cultivos: tabaco y café, principalmente, y para enmendar el pH en los suelos ácidos.

5.8.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el 2022, las emisiones de GEI de la categoría 3.G Encalado contabilizaron 3.08 kt CO_2 eq, disminuyendo en un 93.43 % desde el 1990 y en un 28.43 % desde el 2016. Las causas principales de la tendencia y las variaciones interanuales se relacionan con la situación de déficit de recursos

que ha presentado el país, particularmente en el sector agrario, por el contexto económico nacional e internacional, agravado por el bloqueo económico financiero de EEUU a Cuba. Respecto a las subcategorías, la Caliza representa el 100 % de la categoría en toda la serie, por lo explicado anteriormente (Tabla 5.72, Figura 5.26).

Tabla 5.72. 3.G. Encalado: emisiones de GEI (kt CO2 eq) por subcategoría, serie 1990-2022.

Año	3.G.1. Caliza	3.G.2. Dolomita
1990	46.86	NO
1991	20.20	NO
1992	9.46	NO
1993	4.22	NO
1994	2.90	NO
1995	2.55	NO
1996	8.45	NO
1997	8.89	NO
1998	8.98	NO
1999	5.68	NO
2000	9.11	NO
2001	6.60	NO
2002	4.47	NO
2003	1.98	NO
2004	1.35	NO
2005	0.92	NO
2006	0.09	NO
2007	1.44	NO
2008	5.10	NO
2009	3.59	NO
2010	5.06	NO
2011	4.55	NO
2012	5.38	NO
2013	5.63	NO
2014	5.28	NO
2015	4.16	NO
2016	4.30	NO
2017	5.28	NO
2018	4.58	NO
2019	4.72	NO
2020	3.85	NO
2021	3.30	NO
2022	3.08	NO

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

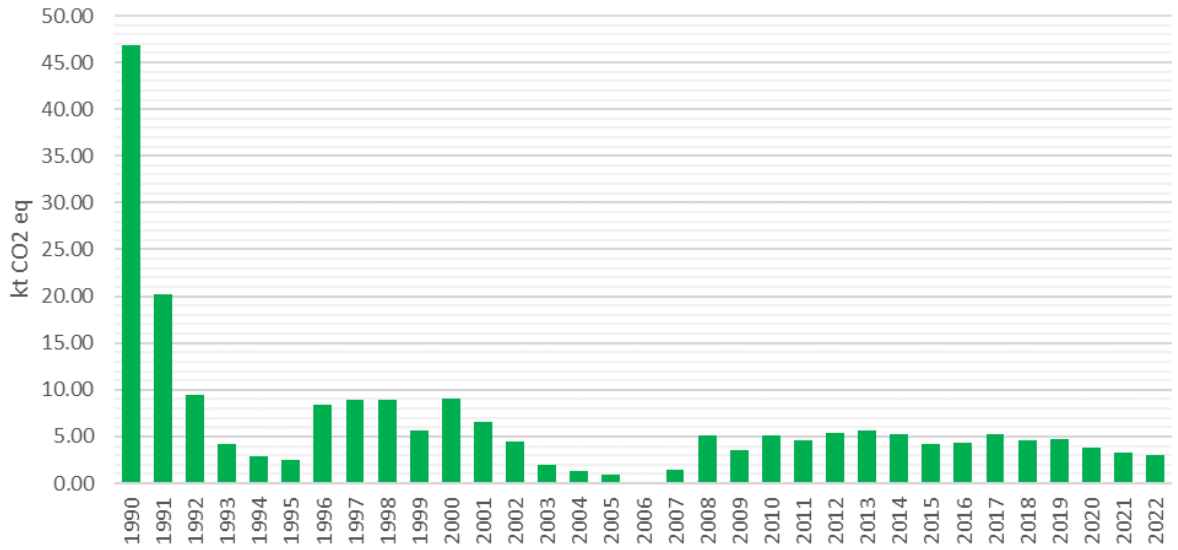


Figura 5.26. 3.G. Encalado: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por la subcategoría de Caliza, serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.8.3. Aspectos metodológicos de la categoría.

En la estimación de las emisiones de GEI de esta categoría se aplicó un método Nivel 1, mediante datos de actividad anuales y factores de emisión por defecto. En la Tabla 5.73 se observa un resumen de los métodos aplicados.

Tabla 5.73. 3.G. Encalado: métodos aplicados por subcategoría.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.G.1 Caliza	CO_2	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del MINAG
3.G.2. Dolomita	NO	NO	NO	NO

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Los cálculos se realizaron utilizando la Ecuación 11.12, siendo la fórmula:

$$Emisión\,CO_2\text{–}C = \left(M_{Caliza} \bullet EF_{Caliza}\right) + \left(M_{Dolomita} \bullet EF_{Dolomita}\right)$$

Fuente: Ecuación 11.12; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

Emisión de CO_2-C = emisiones de C anuales procedentes de la aplicación de cal con fines agrícolas, en toneladas de C $año^{-1}$

M = cantidad anual de caliza ($CaCO_3$) o dolomita ($CaMg(CO_3)_2$), en toneladas $año^{-1}$

FE = factor de emisión, en toneladas de C (toneladas de cal o de dolomita) (equivalente al contenido en carbono de los carbonatos del material (12 % para el $CaCO_3$, 12,2 % para el $CaMg(CO_3)_2$)).

5.8.3.1. Datos de actividad de la categoría.

La información recopilada fue la cantidad anual de piedra caliza cálcica que se aplican a las tierras de cultivo en el país, expresadas en toneladas al año, reportadas por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura. Esta entidad provee los datos del consumo aparente de caliza a nivel nacional y comprende solamente las producciones nacionales, porque no ocurren importaciones ni exportaciones de este fertilizante. En la tabla 5.74 se muestran los datos de actividad de la categoría.

Tabla 5.74. 3.G. Encalado: consumo nacional anual de caliza (toneladas) aplicada a los suelos agrícolas, serie 1990-2022.

Año	Cantidad aplicada de piedra caliza cálcica (toneladas año^{-1})
1990	106,500.0
1991	45,900.0
1992	21,500.0
1993	9,600.0
1994	6,600.0
1995	5,800.0
1996	19,200.0
1997	20,200.0
1998	20,400.0
1999	12,900.0
2000	20,700.0
2001	15,000.0
2002	10,170.0
2003	4,500.0
2004	3,070.0
2005	2,100.0
2006	200.0
2007	3,270.0
2008	11,600.0
2009	8,160.0
2010	11,500.0
2011	10,330.0
2012	12,790.0
2013	12,000.0
2014	9,460.0
2015	9,780.0
2016	12,000.0
2017	10,413.0
2018	10,731.0
2019	8,750.0
2020	7,500.0
2021	7,000.0
2022	106,500.0

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.8.3.2. Factores de emisión.

En el cálculo de las emisiones de CO_2 provenientes del Encalado, se utilizó el factor de emisión por defecto (Nivel 1) que provee las Directrices del IPCC de 2006, el cual corresponde a 0,12 t de C (t Caliza), del Volumen 4, Capítulo 11, pág. 11.34.

5.8.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal.

La incertidumbre combinada de esta subcategoría para el 2022, ha sido estimada para el CO_2. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5.75. 3.G. Encalado: resumen de la incertidumbre combinada 2022.

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
		± %	± %	± %
3.G.1 Caliza	CO_2	15.00	30.00	33.50

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

Se dispuso de una base de cálculo y análisis de incertidumbres para el sector Agricultura que facilitó el Equipo Técnico Nacional de Inventario de GEI de Panamá, en el marco de una Cooperación Multilateral entre Chile, Cuba y Panamá, con el apoyo de la Iniciativa de Fomento de la Capacidad para la Transparencia y Programa de Apoyo Global (CBIT-GSP).

5.8.5. Consistencia de la serie temporal.

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se utilizó la misma fuente de datos de actividad y los mismos factores de emisión.

5.8.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación.

5.8.6.1. Control de la calidad.

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se aplicaron las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la categoría; además, el Equipo Técnico Sectorial realizó actividades rutinarias durante el proceso de elaboración del inventario, que contribuyó con el control de la información y su calidad. Las acciones se enuncian a continuación:

- Se desarrollaron planillas de información base para cada categoría, en las cuales se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, así como las fuentes y los supuestos. Todos los datos se encuentran compilados en un solo fichero, para que esté centralizada la información y sea rápida su revisión y actualización, cuando corresponda.
- Todos los datos fueron ingresados a una plataforma digital para la realización de los cálculos correspondientes, que sirva de reservorio/almacenamiento de toda la información, la cual aparece de forma ordenada, coherente, exhaustiva, exacta, sin doble cómputo, evitando los errores asociados a la transcripción manual, y que permita futuras actualizaciones.
- Se realizó verificación cruzada de los diferentes datos presentes en las planillas de información base, en la plataforma digital y el informe, para garantizar que la información es consistente. Los errores detectados se corrigieron de inmediato.
- Se revisaron las Guías del IPCC de 2006 y otras referencias bibliográficas citadas.
- Se hicieron comparaciones de las estimaciones actuales con versiones de INGEI anteriores, de manera que se identificaran posibles errores de entrada o cálculo y así justificar las divergencias.
- La información fue validada por los proveedores de los datos.

- Se realizó una revisión de los cálculos, hojas de trabajo e informes por parte de los revisores internos que son parte del Equipo Técnico Sectorial de Agricultura.

5.8.6.2. Garantía de la calidad.

En el proceso de elaboración del inventario de GEI en el sector Agricultura se tuvo la asesoría técnica del Equipo Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Instituto de Meteorología. Sus recomendaciones fueron tenidas en cuenta y se incorporaron en los análisis y cálculo de las emisiones para la categoría.

5.8.6.3. Verificación.

No hubo verificación con fuentes externas para esta categoría.

5.8.7. Recálculos.

La fuente de información pasa a ser la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura, lo que permite que se complete la serie 1990-2022. En los inventarios anteriores no se tenían datos en varios años, lo cual fue solucionado en el actual proceso. No obstante, no se requirió realizar ajustes o cambios a las estimaciones previas.

5.8.8. Plan de mejoramiento.

No se plantean mejoras para la categoría.

5.9. Aplicación de urea (3.H.)

5.9.1. Descripción de la categoría.

Las emisiones de CO_2 derivadas de la aplicación de urea en los suelos gestionados dependen de varios factores, incluyendo las condiciones del suelo, el clima, las prácticas de gestión agrícola y la eficiencia de los fertilizantes. La urea es un tipo de fertilizante nitrogenado comúnmente utilizado en la agricultura, pues contiene un elevado porcentaje de nitrógeno (alrededor del 46 %), y su aplicación puede tener implicaciones en la salud del suelo.

Cuando la urea ($CO(NH_2)_2$) se aplica al suelo, ocurre un proceso de nitrificación que lo convierte en amonio (NH_4^+), ión hidróxilo (OH^-), y bicarbonato (HCO_3^-) en presencia de agua y de enzimas ureasa. El proceso de descomposición del bicarbonato que se forma, provoca la liberación de CO_2 y agua.

5.9.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

En el caso particular de Cuba, la urea se importa en su totalidad, debido a la falta de capacidad de producción nacional. En 2022, sus emisiones de GEI contabilizaron 10.52 kt CO_2 eq, representando una reducción del 92.21 % con respecto a 1990 y 76.62 % desde el 2016 (Tabla 5.76, Figura 5.27). El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales son los desafíos económicos derivados de la pandemia Covid-19 y el injusto bloqueo económico, comercial y financiero del gobierno de Estados Unidos al país, que dificulta la adquisición de insumos agrícolas, en particular los fertilizantes.

En el actual inventario se analizó la serie 1990-2022, con la utilización de información de la importación de fertilizantes de la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura

y el factor de emisión por defecto en toneladas de C, proporcionado por el IPCC, arrojando como resultado una emisión total estimada de 1,559.8 kt CO_2 eq en el período analizado.

Tabla 5.76. 3.H. Aplicación de urea: emisiones de GEI (kt CO_2 eq) por subcategoría, serie 1990-2022.

Año	3.H. Aplicación de urea
1990	135.04
1991	63.21
1992	34.29
1993	20.19
1994	16.63
1995	15.68
1996	32.52
1997	35.90
1998	108.80
1999	97.25
2000	80.87
2001	78.53
2002	84.52
2003	15.89
2004	33.77
2005	24.92
2006	29.74
2007	36.31
2008	44.98
2009	17.73
2010	34.19
2011	78.51
2012	62.77
2013	48.74
2014	113.53
2015	41.23
2016	45.02
2017	68.37
2018	35.32
2019	19.24
2020	17.15
2021	35.91
2022	10.52

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

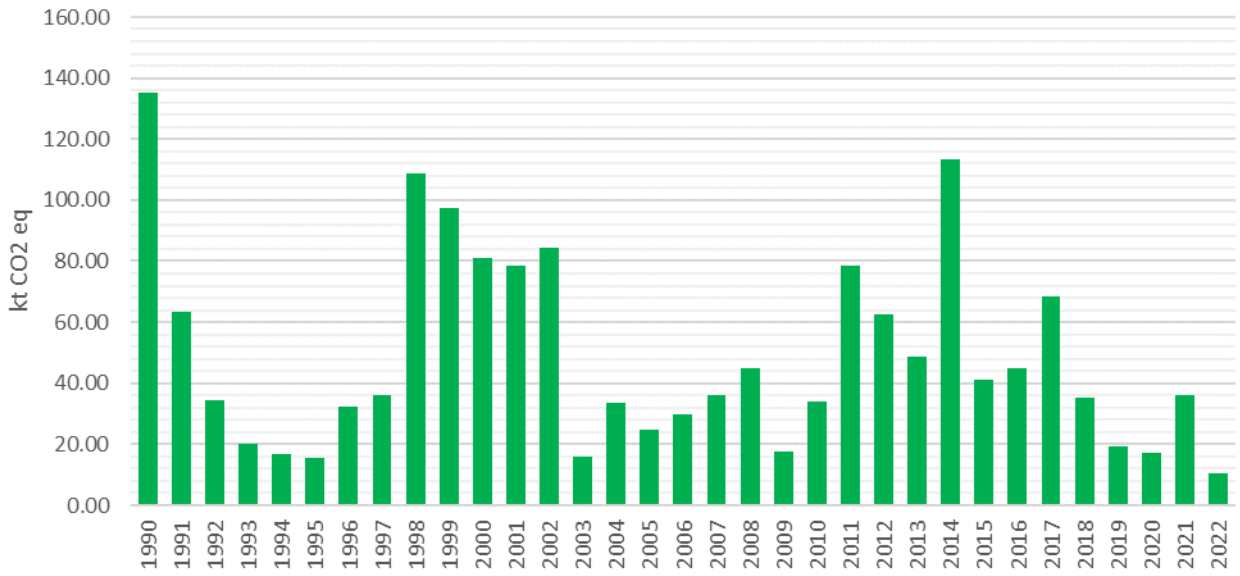


Figura 5.27. 3.H. Aplicación de urea: emisiones de GEI (kt CO_2 eq), serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.9.3 Aspectos metodológicos de la categoría.

En la estimación de las emisiones de GEI de esta subcategoría se aplicó un método Nivel 1, mediante datos de actividad desagregados por regiones administrativas y factores de emisión por defecto. En la Tabla 6.77 se observa un resumen de los métodos aplicados en la categoría por tipo de GEI.

Tabla 5.77. 3.H. Aplicación de urea: métodos aplicados por componente.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
3.H Aplicación de urea	CO_2	Nivel 1	Factores de emisión por defecto del IPCC, 2006	Estadística Complementaria del MINAG

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura

El cálculo de las emisiones de GEI para esta categoría se realizó con base a las Guías del IPCC de 2006, empleando para ello la siguiente ecuación:

$$CO_2\text{–}C\ Emisión = M \bullet EF$$

Fuente: Ecuación 11.13; Capítulo 11; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Donde:

CO_2-C Emisión = Emisiones anuales de C por aplicación de urea, t de C año^{-1}

M = Dato de actividad de urea aplicada

FE urea = Factor de emisión, t de C (t de urea)$^{-1}$

Luego es necesario multiplicar por 44/12 para convertir las emisiones de CO_2-C Emisión en CO_2.

5.9.3.1. Datos de actividad de la categoría

La información recopilada fue la cantidad anual de urea sintética que se aplican a las tierras de cultivo en el país, expresadas en toneladas al año, reportadas por la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura. Esta entidad provee los datos del consumo aparente de urea a nivel nacional y comprende solo las importaciones, porque no ocurre una producción nacional de este fertilizante. En la tabla 6.78 se muestran los datos de actividad de la categoría.

Tabla 5.78. 3.H. Aplicación de urea: Consumo nacional de urea para la serie temporal 1990-2022.

Año	Cantidad anual de urea sintética aplicada (toneladas año^{-1})
1990	184,148.0
1991	86,200.0
1992	46,762.0
1993	27,529.0
1994	22,680.0
1995	21,387.0
1996	44,352.0
1997	48,952.0
1998	148,368.0
1999	132,609.0
2000	110,279.0
2001	107,087.0
2002	115,260.0
2003	21,666.0
2004	46,055.0
2005	33,985.0
2006	40,548.0
2007	49,513.0
2008	61,332.0
2009	24,174.0
2010	46,618.0
2011	107,053.0
2012	85,592.0
2013	66,461.0
2014	154,819.0
2015	56,222.0
2016	61,390.0
2017	93,229.0
2018	48,165.0
2019	26,239.0
2020	23,388.0
2021	48,964.0
2022	14,350.0

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

La categoría no requiere de datos de actividad paramétricos adicionales.

5.9.3.2. Factores de emisión.

Para calcular las emisiones de CO_2 provenientes de la aplicación de urea a las tierras de cultivo, se utilizó el factor de emisión por defecto (Nivel 1) que provee las Directrices del IPCC de 2006, el cual corresponde a 0,20 t de C, del Volumen 4, Capítulo 11, pág. 11.34.

5.9.4. Incertidumbre.

Se dispuso de una base de cálculo y análisis de incertidumbres para el sector Agricultura que facilitó el Equipo Técnico Nacional de Inventario de GEI de Panamá, en el marco de una Cooperación Multilateral entre Chile, Cuba y Panamá, con el apoyo de la Iniciativa de Fomento de la Capacidad para la Transparencia y Programa de Apoyo Global (CBIT-GSP).

La incertidumbre combinada de esta categoría para el 2022, ha sido estimada para el CO_2. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5.79. 3.H. Aplicación de urea: resumen de la incertidumbre combinada 2022.

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
		± %	± %	± %
3.H. Aplicación de urea	CO_2	15.00	30.00	33.50

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Agricultura, MINAG

5.9.5. Consistencia de la serie temporal.

Para mantener la consistencia de la serie 1990-2022, se utilizó la misma fuente de datos de actividad y los mismos factores de emisión.

5.9.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación.

5.9.6.1. Control de la calidad.

Durante la actualización del cálculo de las emisiones se aplicaron las recomendaciones de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 para la categoría; además, el Equipo Técnico Sectorial realizó actividades rutinarias durante el proceso de elaboración del inventario, que contribuyó con el control de la información y su calidad. Las acciones se enuncian a continuación:

- Se desarrollaron planillas de información base para cada categoría, en las cuales se especifican los datos de actividad, datos paramétricos, factores de emisión, así como las fuentes y los supuestos. Todos los datos se encuentran compilados en un solo fichero, para que esté centralizada la información y sea rápida su revisión y actualización, cuando corresponda.
- Todos los datos fueron ingresados a una plataforma digital para la realización de los cálculos correspondientes, que sirva de reservorio/almacenamiento de toda la información, la cual aparece de forma ordenada, coherente, exhaustiva, exacta, sin doble cómputo, evitando los errores asociados a la transcripción manual, y que permita futuras actualizaciones.
- Se realizó verificación cruzada de los diferentes datos presentes en las planillas de información base, en la plataforma digital y el informe, para garantizar que la información es consistente. Los errores detectados se corrigieron de inmediato.
- Se revisaron las Guías del IPCC de 2006 y otras referencias bibliográficas citadas.

- Se hicieron comparaciones de las estimaciones actuales con versiones de INGEI anteriores, de manera que se identificaran posibles errores de entrada o cálculo y así justificar las divergencias.
- La información fue validada por los proveedores de los datos.
- Se realizó una revisión de los cálculos, hojas de trabajo e informes por parte de los revisores internos que son parte del Equipo Técnico Sectorial de Agricultura.

5.9.6.2. Garantía de la calidad.

En el proceso de elaboración del inventario de GEI en el sector Agricultura se tuvo la asesoría técnica del Equipo Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Instituto de Meteorología. Sus recomendaciones fueron tenidas en cuenta y se incorporaron en los análisis y cálculo de las emisiones para la categoría.

5.9.6.3. Verificación.

No hubo verificación con fuentes externas para esta categoría.

5.9.7. Recálculos.

5.9.7.1. Justificaciones de los nuevos cálculos y mejoras.

No se realizaron ajustes o cambios a las estimaciones previas.

5.9.8. Plan de mejoramiento.

No se plantean mejoras para la categoría.

5.10. Otros fertilizantes que contienen carbono (3.I.)

En el contexto nacional, esta categoría no ocurre.

5.11. Otros (3.J.)

En el contexto nacional, esta categoría no aplica.

CAPÍTULO 6: SECTOR USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (CRT 4)

6.1. Panorama del sector.

6.1.1. Descripción general del sector.

El sector Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) incluye las emisiones y absorciones de GEI generadas como resultado del uso, gestión y cambio de uso de la tierra gestionada.

A continuación, se muestran las categorías y subcategorías del sector UTCUTS, de acuerdo a las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, según siglas en inglés) de 2006 (IPCC, 2006) para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Categorías y subcategorías del Sector UTCUTS (CRT 4).

ID Categoría	Categoría	ID Subcategoría	Subcategoría	GEI estimados
4.A	Tierras forestales	4.A.1	Tierras Forestales que permanecen como tales	CO_2
		4.A.2	Tierras convertidas a Tierras Forestales	NE
4.B	Tierras de cultivo	4.B.1	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NE
		4.B.2	Tierras convertidas a Tierras de cultivo	NE
4.C	Pastizales	4.C.1	Pastizales que permanecen como tales	NE
		4.C.2	Tierras convertidas a Pastizales	NE
4.D	Humedales	4.D.1	Humedales que permanecen como tales	NE
		4.D.2	Tierras convertidas a Humedales	NE
4.E	Asentamientos	4.E.1	Asentamientos que permanecen como tales	NE
		4.E.2	Tierras convertidas a Asentamientos	NE
4.F	Otras tierras	4.F.1	Otras Tierras que permanecen como tales	NA
		4.F.2	Tierras convertidas a Otras Tierras	NE
4.G	Productos de madera recolectada			NE
4.H	Otros (Emisiones de N_2O de Acuicultura)			NE

Cada una de las categorías de uso de la tierra se subdivide en dos subcategorías, Tierras que permanecen como tales (4.A.1 – 4.F.1) y que son tierras que no experimentan cambios de uso y permanecen en su categoría; y Tierras convertidas a otra categoría (4.A.2 – 4.F.2), que son tierras que desde el momento de la conversión se informan en la categoría a la que se convirtieron durante un período de transición de 20 años; después de 20 años se informan en la subcategoría como Tierras que permanecen como tal.

En este inventario solo se contabilizaron las absorciones y emisiones de CO_2 de la subcategoría 4.A.1 *Tierras forestales que permanecen como tal*. A pesar de los esfuerzos por recabar datos de

actividad en relación al uso y cambio de uso de la tierra, no se obtuvo la información requerida en la estadística nacional del país. Se procederá a fortalecer las capacidades técnicas en el uso e interpretación de las herramientas geoespaciales que brinden los datos para el próximo ciclo de inventario.

6.2. Tierras Forestales (4.A).

6.2.1. Descripción de la categoría.

El patrimonio forestal es de propiedad estatal, con un área forestal cubierta de 3.312.456 ha, de ellas 2.770.246 ha son bosques naturales y 532.538 ha son bosques artificiales. En Cuba, el 51,5 % de los bosques clasifican en la categoría de protección, donde solo se admiten las talas selectivas; el 19,5 % son los bosques de conservación, donde no se permiten las talas de aprovechamiento, y solamente el 29,1 % son los bosques productores que admiten las talas de aprovechamiento y de mejora.

En relación al patrimonio forestal, el 82,8 % es administrado por tres Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial (OSDE): Agroforestal (GAF), que administra el 51,0 %; Flora y Fauna (GEFF) con el 26.4 % y Agrícola (GEA) con el 5,4 %, mientras el 17,3 % restante se distribuye entre otras administraciones[30].

Esta categoría incluye las emisiones y absorciones de CO_2 y no-CO_2 generadas como resultado de cambios en la biomasa, materia orgánica muerta y carbono del suelo en Tierras forestales que permanecen como tales y en Tierras convertidas en tierras forestales. En Tierras forestales que permanecen como tales se consideran todos los bosques y las plantaciones que han permanecido en la categoría de Tierras forestales.

No se estimaron las emisiones y absorciones de GEI en Tierras convertidas a tierras forestales por no disponer de datos de actividad; la Tabla 6.2 resume los componentes y GEI considerados en la categoría de Tierras forestales.

Tabla 6.2. 4.A. Tierras forestales: subcategorías, componentes, subcomponentes y gases.

Subcategoría		Componente	Subcomponente	Gases
Tierras Forestales que permanecen como tales	ABSORCIONES	Bosques artificiales	*Acacia* spp.	CO_2
			Eucalyptus spp.	CO_2
			Tectona grandis	CO_2
			Pinus spp.	CO_2
			Pinus caribaea	CO_2
			Mezcla Mad. Duras Lento Crec.	CO_2
			Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec.	CO_2
			Mezcla Maderas Blandas	CO_2
		Bosques naturales	Húmedo	CO_2
			Estacional (<20 años)	CO_2
			Estacional (>20años)	CO_2
			Seco	CO_2
			Manglares	CO_2
		Frutales en los bosques		CO_2
		Frutales comerciales		CO_2
	EMI		Bolo	CO_2

[30]**Fuente; Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, Ministerio de la Agricultura, 2022.**

		Producción de madera	Rollizas	CO_2
			Cujes	CO_2
			Traviesas	CO_2
			Postes	CO_2

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

6.2.2. Tendencia de las emisiones de GEI.

De forma general, la Categoría 4.A Tierras forestales removió en 2022 un total de -27,766.06 kt de CO_2 atmosférico, por lo que bajo estas condiciones es la única que, consistentemente, ha absorbido CO_2 desde el 1990 y la convierte en la más relevante en el país por su potencial de mitigación (Tabla 6.3; Figura 6.1).

Tabla 6.3. 4.A Tierras forestales: emisiones y absorciones de GEI por categoría, serie 1990-2022.

Año	Emisiones ($ktCO_2$)	Remociones ($ktCO_2$)	BNE ($ktCO_2$)
1990	1,497.40	-14,073.88	-12,576.48
1991	1,408.97	-14,788.44	-13,379.47
1992	1,320.55	-15,502.45	-14,181.92
1993	1,327.36	-17,117.87	-15,790.50
1994	1,334.19	-18,732.63	-17,398.44
1995	1,484.01	-18,402.22	-16,918.21
1996	1,633.84	-18,071.12	-16,437.28
1997	1,542.09	-18,456.54	-16,914.45
1998	1,450.31	-18,836.02	-17,385.71
1999	1,956.58	-16,641.74	-14,685.16
2000	1,784.92	-19,234.24	-17,449.33
2001	1,665.94	-19,698.35	-18,032.41
2002	1,686.40	-19,926.46	-18,240.06
2003	1,869.63	-20,668.51	-18,798.88
2004	1,755.35	-21,041.67	-19,286.32
2005	1,543.34	-21,386.45	-19,843.11
2006	2,006.33	-22,144.46	-20,138.12
2007	1,416.17	-22,740.91	-21,324.74
2008	1,606.59	-22,954.54	-21,347.95
2009	1,534.35	-23,967.89	-22,433.54
2010	1,273.85	-24,620.34	-23,346.49
2011	1,268.92	-24,312.85	-23,043.93
2012	919.54	-24,609.47	-23,689.93
2013	1,133.62	-26,306.67	-25,173.05
2014	1,033.65	-27,082.76	-26,049.12
2015	928.17	-27,231.77	-26,303.60
2016	874.58	-27,588.24	-26,713.65
2017	980.98	-28,405.51	-27,424.53
2018	1,087.29	-29,222.78	-28,135.49
2019	755.14	-28,051.36	-27,296.22

2020	710.92	-28,952.11	-28,241.19
2021	564.59	-29,263.39	-28,698.79
2022	523.63	-28,289.69	-27,766.06

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

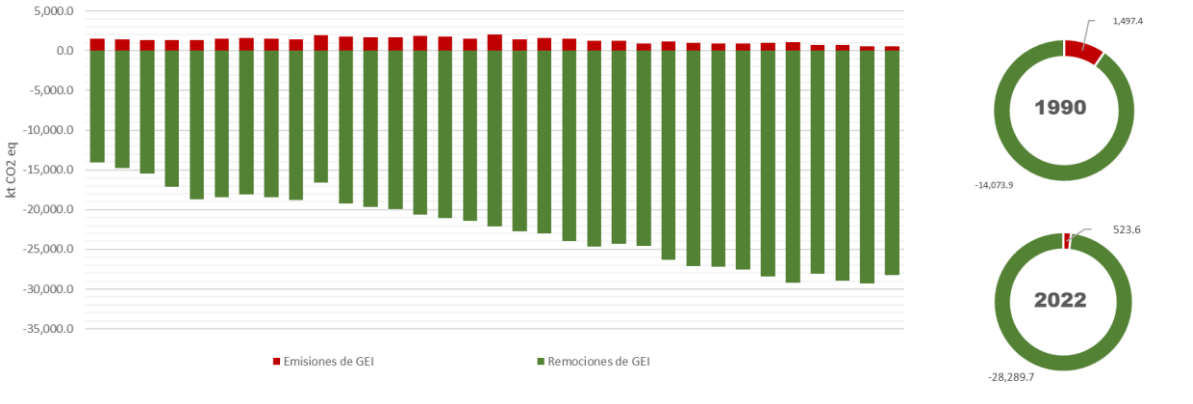


Figura 6.1.4.A Tierras forestales: emisiones y absorciones de GEI ($ktCO_2$), serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

En 2022, el Balance Neto de Emisiones de la categoría aumentó su condición de sumidero en un 120.78 % desde 1990 y en 3.94 % con respecto a 2016. Ocurrió una disminución de las remociones en 2022, debido a los daños causados por el huracán Ian, que afectó el occidente del país (especialmente la provincia de Pinar del Río) en septiembre de ese año, con vientos sostenidos de hasta 250 km/h (Figura 6.2).

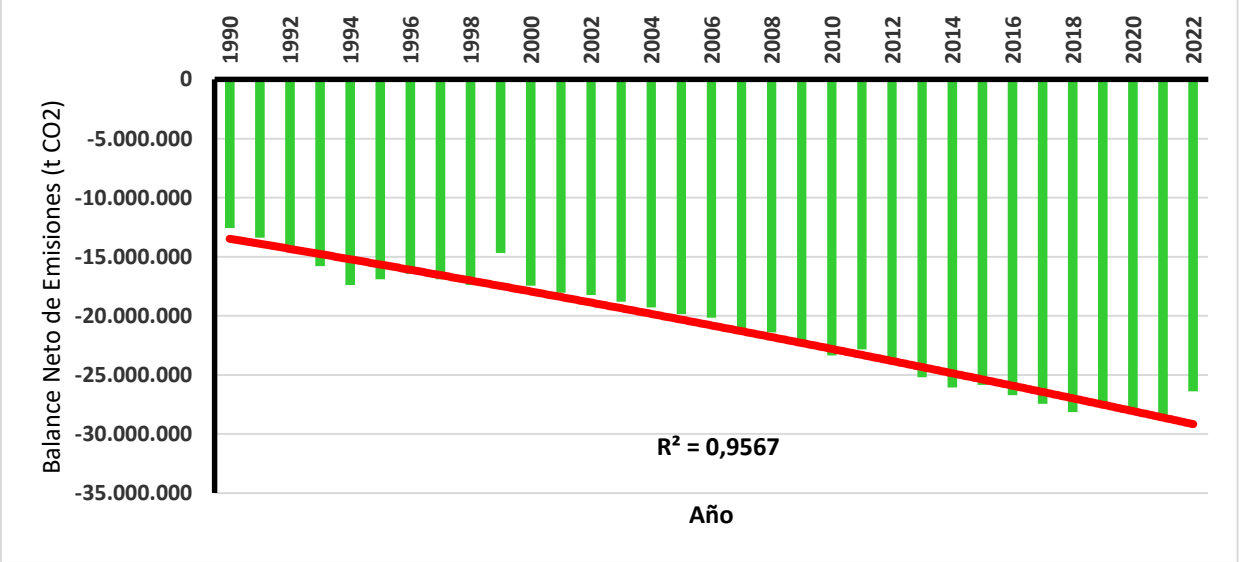


Figura 6.2. 4.A Tierras forestales: Balance neto de emisiones ($t\ CO_2$), serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

El continuo aumento de la capacidad de sumidero de la categoría ha estado originado por un bajo nivel de extracciones de biomasa que, además, desde principios del siglo XXI ha presentado una tendencia a la disminución, acompañado por el creciente aumento del área cubierta por los bosques, elementos que se reflejan en las emisiones y absorciones de Carbono registradas anualmente (Tabla 6.2; Figuras 6.2, 6.3 y 6.4, Anexo 5).

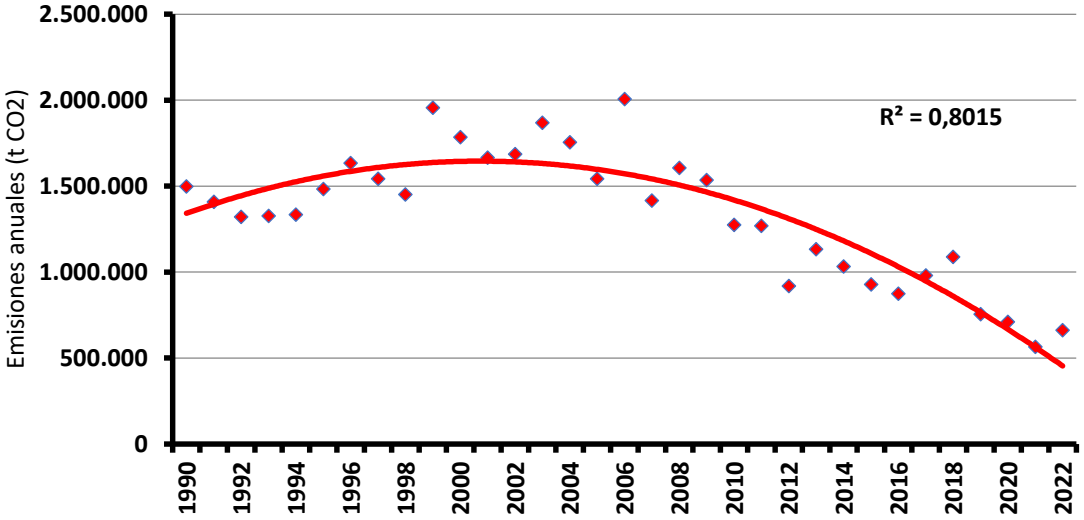


Figura 6.3. 4.A Tierras forestales: Tendencia hiperanual de las emisiones (t CO_2).
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

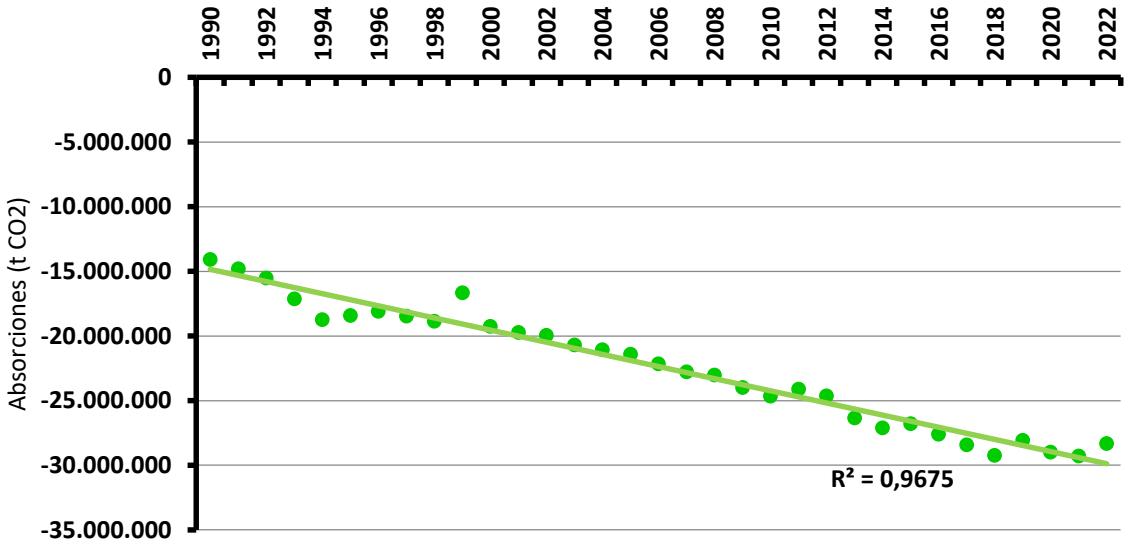


Figura 6.4. 4.A Tierras forestales: Tendencia hiperanual de las absorciones (t CO_2).
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

Otro aspecto a resaltar dentro del panorama general de la categoría es que, como se evidencia en la Figura 6.2, a partir de 2018 comienza a presentarse una tendencia a la estabilización de las absorciones, la que se acentuará en los próximos años debido a que, al término del 2022, en el país solo restaba por reforestar 0,8 % del área destinada a bosques (algo más de 200 kha).

Históricamente, las emisiones han estado originadas por la producción de madera rolliza, pero a partir de 2006 y hasta 2022 pasaron a ser causadas, principalmente, por la producción de madera aserrada, siendo la producción de cujes para la industria tabacalera la tercera en importancia históricamente (Tabla 6.4; Figura 6.5).

Tabla 6.4. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las emisiones por producciones de madera, serie 1990-2022.

Año	Bolo ($ktCO_2$)	Rollizas ($ktCO_2$)	Cujes ($ktCO_2$)	Traviesas ($ktCO_2$)	Postes ($ktCO_2$)
1990	473.46	883.87	54.82	71.10	14.15
1991	387.13	911.22	51.68	50.07	8.86
1992	300.80	938.58	48.55	29.06	3.57
1993	347.64	884.85	53.05	38.89	2.94
1994	394.48	831.13	57.55	48.73	2.31
1995	432.93	864.37	109.09	74.50	3.13
1996	471.38	897.61	160.64	100.27	3.95
1997	503.49	753.57	215.41	63.18	6.44
1998	535.59	576.28	270.18	59.31	8.94
1999	675.27	995.73	204.28	60.30	21.00
2000	670.37	909.14	149.73	43.47	12.21
2001	662.68	829.90	125.18	33.06	15.12
2002	676.66	891.72	84.00	24.26	9.76
2003	751.60	1,050.19	44.18	16.06	7.60
2004	762.41	888.57	82.09	14.90	7.37
2005	854.23	626.04	48.55	10.20	4.32
2006	1,068.58	539.47	39.51	358.63	0.13
2007	743.66	537.91	44.49	87.85	2.26
2008	793.45	707.75	47.17	57.28	0.95
2009	747.12	623.77	48.30	92.83	22.34
2010	635.11	483.48	29.75	78.05	47.46
2011	579.18	495.14	41.63	85.84	67.14
2012	465.72	416.52	12.00	2.92	22.38
2013	551.19	462.56	96.65	4.56	18.66
2014	530.73	448.11	29.84	2.51	22.45
2015	517.13	356.80	27.72	4.18	22.34
2016	464.45	346.72	60.76	0.70	1.96
2017	508.71	419.23	40.74	0.15	12.15
2018	552.96	337.16	20.73	154.09	22.34
2019	431.13	277.61	14.45	0.00	31.95
2020	389.48	290.73	19.09	0.00	11.62
2021	336.53	214.51	7.64	1.22	4.69
2022	515.61	0.15	6.24	0.20	1.42

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

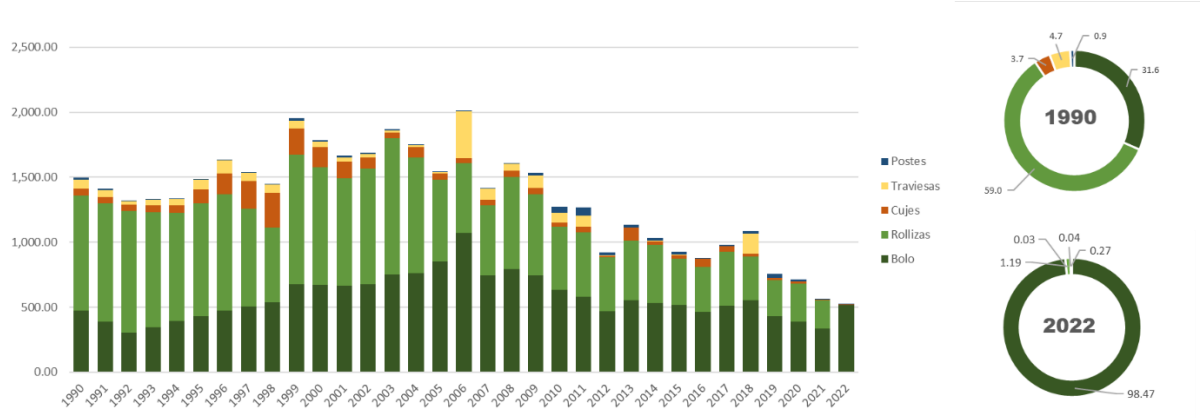


Figura 6.5. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las emisiones por producciones de madera (ktCO2), serie 1990-2022.

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

Las absorciones han sido realizadas principalmente por los bosques naturales durante el periodo 1990-2022, aunque el papel de los bosques artificiales ha ido aumentando en importancia, sobre todo a partir de 2007 (Tabla 6.5; Figura 6.6).

Tabla 6.5. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las absorciones por tipos de bosque, serie 1990-2022.

Año	Bqs. Artific. ($ktCO_2$)	Bqs. Natur. ($ktCO_2$)	Ftles. en Bqs. ($ktCO_2$)	Ftles. fuera Bqs. ($ktCO_2$)
1990	-3,919.47	-9,448.08	Sin datos	-706.33
1991	-4,013.68	-10,093.46	Sin datos	-681.29
1992	-4,107.75	-10,738.48	Sin datos	-656.23
1993	-4,440.33	-10,952.75	Sin datos	-1,724.80
1994	-6,420.42	-11,166.63	Sin datos	-1,145.59
1995	-5,309.37	-11,222.27	Sin datos	-1,870.57
1996	-5,845.80	-11,277.51	Sin datos	-947.81
1997	-4,213.76	-10,799.18	Sin datos	-3,443.59
1998	-7,641.01	-10,320.47	Sin datos	-874.54
1999	-5,276.06	-10,571.26	Sin datos	-794.42
2000	-7,284.66	-11,133.10	Sin datos	-816.48
2001	-7,070.67	-11,758.90	Sin datos	-868.78
2002	-7,177.74	-11,905.74	Sin datos	-842.98
2003	-7,528.98	-12,078.24	Sin datos	-1,061.30
2004	-7,751.99	-12,338.96	Sin datos	-950.73
2005	-8,043.72	-12,432.76	Sin datos	-909.98
2006	-8,354.17	-12,693.08	-197.25	-899.96
2007	-8,801.02	-12,693.08	Sin datos	-1,246.81
2008	-9,272.94	-12,816.68	Sin datos	-864.92
2009	-9,838.85	-13,033.50	Sin datos	-1,095.54
2010	-10,311.20	-13,124.67	-248.95	-935.53
2011	-10,680.35	-12,248.10	-214.35	-1,170.05
2012	-10,115.66	-13,456.66	-179.74	-857.41

2013	-11,110.70	-13,794.18	-215.89	-1,185.90
2014	-11,735.56	-14,243.31	-179.74	-924.15
2015	-11,579.89	-13,880.90	-226.92	-1,260.43
2016	-10,960.37	-15,346.15	-374.33	-907.39
2017	-10,999.13	-16,238.75	-195.18	-972.44
2018	-11,037.89	-17,131.35	-16.04	-1,037.50
2019	-11,750.93	-15,028.96	-195.88	-1,075.59
2020	-11,742.26	-16,058.85	-180.65	-970.35
2021	-12,657.15	-15,610.13	-380.19	-615.91
2022	-12,487.49	-15,671.99	-130.22	Sin datos

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

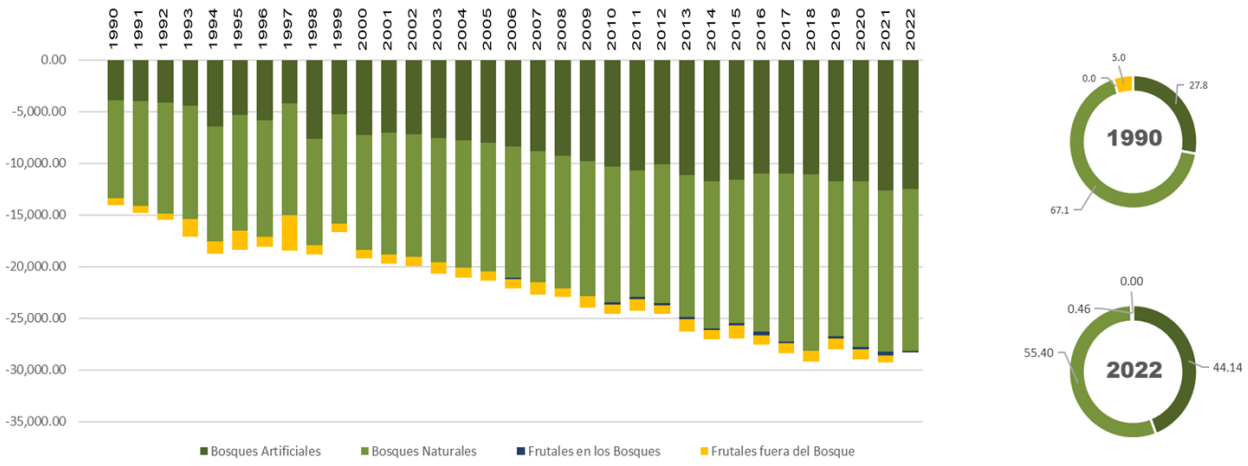


Figura 6.6. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las absorciones por tipos de bosques ($ktCO_2$), serie 1990-2022.

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

La desagregación de las absorciones por bosques naturales evidencia que los bosques estacionales han desempeñado el papel principal durante toda la serie 1990-2022, seguidos por los manglares, aunque los bosques húmedos han ido aumentando progresivamente en importancia a partir del 2016 (Tabla 6.6; Figura 6.7).

Tabla 6.6. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las absorciones de los bosques naturales ($kt\ CO_2$), serie 1990-2022.

Año	Húmedo	Estacional (<20años)	Estacional (>20años)	Seco	Manglares
1990	-838.21	-1,830.27	-3,660.54	-918.71	-2,200.35
1991	-891.61	-2,030.59	-4,061.18	-922.10	-2,187.98
1992	-944.98	-2,230.84	-4,461.67	-925.45	-2,175.54
1993	-989.84	-2,289.93	-4,579.86	-929.96	-2,163.17
1994	-1,034.65	-2,348.94	-4,697.88	-934.44	-2,150.72
1995	-1,289.89	-2,236.62	-4,778.75	-828.30	-2,088.72
1996	-1,545.08	-2,124.21	-4,859.45	-722.12	-2,026.64
1997	-1,462.34	-2,031.98	-4,803.11	-581.29	-1,920.46
1998	-1,379.54	-1,939.68	-4,746.59	-440.44	-1,814.22

1999	-1,370.07	-2,082.34	-4,745.12	-561.36	-1,812.37
2000	-1,398.44	-2,291.77	-4,876.55	-705.14	-1,861.20
2001	-1,751.72	-2,462.72	-4,925.44	-552.45	-2,066.56
2002	-1,727.17	-2,516.10	-5,032.20	-548.96	-2,081.30
2003	-1,741.33	-2,605.82	-5,211.64	-529.88	-1,989.57
2004	-1,945.38	-2,573.63	-5,147.26	-529.88	-2,142.80
2005	-1,967.95	-2,561.12	-5,122.24	-519.93	-2,261.51
2006	-2,106.78	-2,652.47	-5,304.93	-534.23	-2,094.66
2007	-2,106.78	-2,652.47	-5,304.93	-534.23	-2,094.66
2008	-2,092.41	-2,756.76	-5,513.53	-499.71	-2,029.22
2009	-2,092.04	-2,798.85	-5,597.70	-496.95	-2,047.96
2010	-2,018.29	-2,858.65	-5,717.29	-498.13	-2,032.31
2011	-1,769.55	-2,636.78	-5,273.56	-449.36	-2,118.86
2012	-2,154.84	-2,895.82	-5,791.64	-499.74	-2,114.61
2013	-2,182.45	-2,944.31	-5,888.63	-519.44	-2,259.35
2014	-2,137.73	-3,091.84	-6,183.68	-520.77	-2,309.29
2015	-2,098.14	-3,027.46	-6,055.00	-484.47	-2,499.47
2016	-3,640.11	-2,892.23	-5,784.45	-414.21	-2,615.15
2017	-3,144.13	-3,379.69	-6,759.39	-487.81	-2,467.72
2018	-2,648.16	-3,867.16	-7,734.32	-561.41	-2,320.30
2019	-2,677.59	-3,112.69	-6,225.38	-562.17	-2,451.12
2020	-2,641.09	-3,388.08	-6,776.17	-493.32	-2,760.19
2021	-2,649.49	-2,888.89	-5,777.78	-1,812.13	-2,481.84
2022	-2,647.67	-2,905.49	-5,810.99	-1,797.34	-2,510.50

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

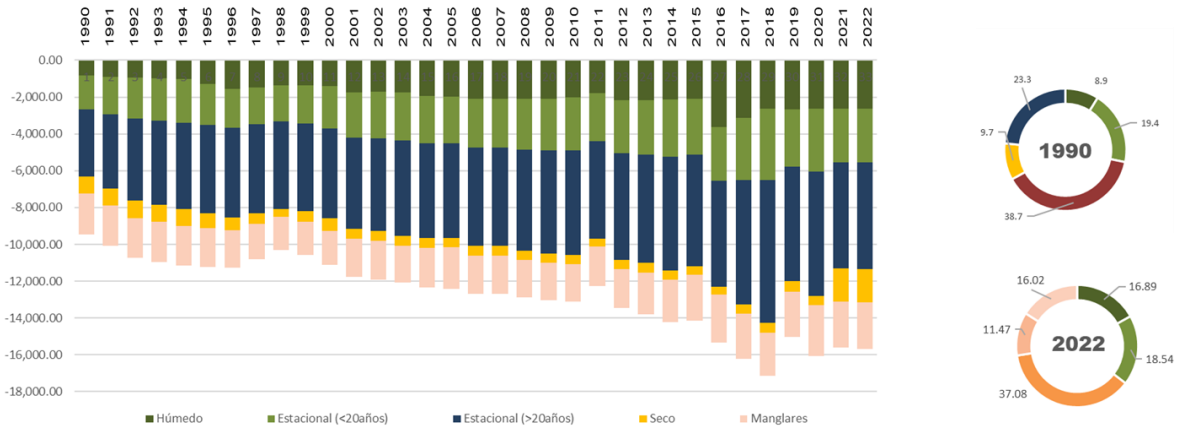


Figura 6.7. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las absorciones de los bosques naturales ($ktCO_2$), serie 1990-2022.

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

En el caso de los bosques artificiales, entre 1990 y 1997, las plantaciones establecidas con P. caribaea var. caribaea B&G fueron responsables de la mayor cantidad anual de absorciones; sin embargo, a partir de 1998 hasta 2001, los Bosques de Maderas Duras de Rápido Crecimiento fueron los que registraron las mayores absorciones de carbono, pasando P. caribaea a una

segunda posición. En 2022, debido a una reciente reclasificación de las especies por tipo de bosque, los Bosques de Maderas Blandas fueron los que alcanzaron la mayor absorción de carbono atmosférico, seguidos por los Bosques de Maderas Duras de Rápido Crecimiento (Tabla 6.7; Figura 6.8).

Tabla 6.7. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las absorciones de los bosques artificiales, serie 1990-2022.

Año	*Acacia Spp* ($ktCO_2$)	*Eucalyptus Spp* ($ktCO_2$)	*Tectona Grandis* ($ktCO_2$)	*Pinus Spp* ($ktCO_2$)	*Pinus Caribaea* ($ktCO_2$)	Maderas Duras ($ktCO_2$)	Mad Duras RápCrec ($ktCO_2$)	Maderas Blandas ($ktCO_2$)
1990	Sin introd.	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-2,136.09	-1,783.39	Sin datos	Sin datos
1991	Sin introd.	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-2,139.68	-1,874.00	Sin datos	Sin datos
1992	Sin introd.	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-2,143.20	-1,964.55	Sin datos	Sin datos
1993	Sin introd.	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-2,405.59	-2,034.75	Sin datos	Sin datos
1994	Sin introd.	Sin datos	Sin datos	-1,647.66	-2,667.89	-2,104.87	Sin datos	Sin datos
1995	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-2,906.27	-2,403.11	Sin datos	Sin datos
1996	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-3,144.55	-2,701.25	Sin datos	Sin datos
1997	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-2,651.57	-1,562.19	Sin datos	Sin datos
1998	-23.69	-1,016.63	-27.14	-396.65	-2,158.50	-423.08	-3,163.24	-432.08
1999	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	-2,792.03	-2,484.03	Sin datos	Sin datos
2000	-22.41	-969.40	-25.78	-378.15	-2,057.83	-403.15	-3,016.21	-411.73
2001	-21.27	-1,014.10	-28.16	-394.41	-2,075.28	-390.85	-3,101.40	-45.20
2002	-35.52	-1,042.33	-27.65	-415.17	-2,051.63	-444.14	-3,092.83	-68.46
2003	-45.24	-1,118.79	-32.78	-413.06	-2,090.61	-464.42	-3,299.80	-64.26
2004	-12.31	-1,215.59	-40.61	-527.95	-2,002.14	-478.42	-3,425.37	-49.60
2005	-7.53	-1,269.94	-50.17	-542.76	-1,982.71	-491.79	-3,645.00	-53.81
2006	-71.05	-1,279.62	-56.59	-550.53	-1,999.38	-555.07	-3,769.73	-72.18
2007	-82.94	-1,304.38	-75.42	-566.30	-1,987.85	-616.37	-4,060.91	-106.85
2008	-64.08	-1,383.32	-90.04	-585.27	-1,990.03	-674.01	-4,382.94	-103.25
2009	-96.34	-1,475.06	-96.21	-610.14	-1,982.45	-762.55	-4,687.69	-128.39
2010	-165.46	-1,517.46	-107.23	-622.01	-2,016.99	-806.54	-4,943.15	-132.37
2011	-123.92	-1,594.71	-105.94	-635.70	-2,030.24	-859.97	-5,194.63	-135.24
2012	-123.92	-1,574.04	-105.68	-416.51	-2,030.26	-691.52	-4,223.42	-950.33
2013	-199.75	-1,583.85	-114.66	-647.56	-2,111.84	-922.81	-5,390.64	-139.58
2014	-143.76	-1,826.10	-122.60	-483.21	-2,355.38	-802.26	-4,899.74	-1,102.51
2015	-380.92	-1,507.55	-113.02	-728.08	-2,116.34	-919.69	-5,547.99	-266.31
2016	-361.17	-1,429.74	-107.11	-690.41	-2,006.86	-885.53	-5,236.19	-243.36
2017	-408.27	-1,441.97	-105.23	-648.63	-2,033.10	-989.45	-5,110.91	-261.56
2018	-455.37	-1,454.20	-103.35	-606.85	-2,059.35	-1,093.38	-4,985.64	-279.76
2019	-543.30	-1,505.44	-113.42	-582.64	-1,874.77	-933.30	-5,831.94	-366.11
2020	-573.62	-1,480.99	-114.51	-633.07	-2,004.65	-1,222.40	-5,425.57	-287.46
2021	-534.42	-1,475.78	-111.77	-601.24	-2,069.21	-609.39	-5,457.62	-1,797.73
2022	-610.06	-14.62	-114.72	-644.64	-2,044.86	-671.57	-2,886.46	-5,500.57

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

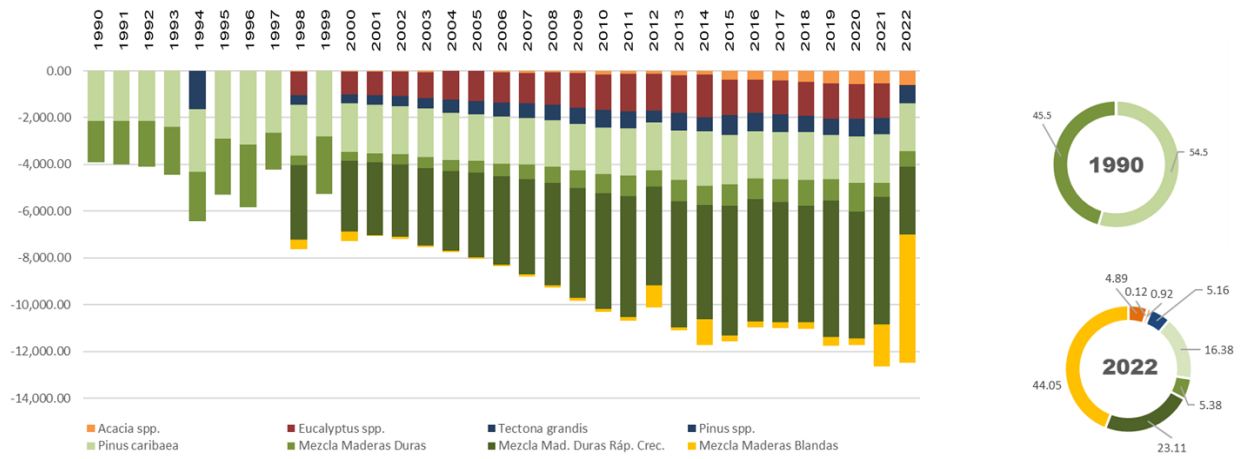


Figura 6.8. 4.A Tierras forestales: Desagregación de las absorciones de los bosques artificiales ($ktCO_2$), serie 1990-2022.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

Entre las causas que han originado los cambios antes señalados están la necesidad de aumentar el área cubierta por bosques del país, que indujo a la reforestación masiva con *P. caribaea,* por ser la especie más estudiada y poseer una gran plasticidad de adaptación a muy diferentes ambientes; el progresivo aumento de la cantidad de especies utilizadas para la reforestación, que actualmente supera las 170 y por último, la consecuente y sostenida disminución del área por reforestar, en la que las pobres condiciones de sitio resultan cada vez más frecuentes, favoreciendo el creciente empleo de especies pioneras, muchas de las cuales tienen madera de baja densidad básica.

6.2.3. Aspectos metodológicos de la categoría.

En la Tabla 6.8 se observa un resumen de los métodos aplicados por subcategoría y por tipo de GEI.

Tabla 6.8. 4.A Tierras forestales: métodos aplicados por subcategoría.

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)	GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
4.A.1Tierras forestales que permanecen como tales	CO_2	Nivel 2 Nivel 1	IPCC, 2006 INAF (FE propio del país)	Estadística Complementaria del MINAG/Dinámica Forestal de la DSEF IIFT (Superficie de frutales arbóreos) GAF (Estadísticas de producción forestal)
4.A.2 Tierras convertidas en tierras forestales	NE	NE	NE	NE

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

Para estimar las emisiones y remociones de carbono en tierras que permanecen en la misma Categoría 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 6.1).

Ecuación 6.1. 4.A 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}).
- 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 6.2).

Ecuación 6.2. 4.A 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}).
- CF - Fracción de carbono de la materia seca (t C en materia seca).

La reducción anual de existencias de carbono en biomasa se debe a la cosecha de madera comercial. Para estimar las emisiones de CO_2 por reducción de las existencias de biomasa y carbono se utilizó la Ecuación 6.3 (Capítulo 2, Volumen 4 de las *Directrices de IPCC de 2006*), la que se detalla a continuación:

Ecuación 6.3. 4.A 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, por surtido (m^3* año^{-1}).
- BEFR - 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 materia seca * 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 en la materia seca).

En general se aplicaron Niveles 1 y 2, tanto en el cálculo de las remociones, como en el de las emisiones en la categoría, mediante el empleo de factores de emisión específicos del país.

6.2.3.1. Datos de actividad de la categoría.

En los Balances Netos de Emisión de la categoría no se consideraron las siguientes remociones de CO_2:

- Las áreas reforestadas mediante regeneración natural (24.361 ha[31]). Datos insuficientes.
- Bosques artificiales en desarrollo (menores de 3 años de edad) (53.903 ha[1]). Áreas aún no certificadas como bosques.
- Jardines botánicos y *arboreta*. Datos insuficientes.
- Área forestal dedicada a especies no maderables (incluyen caña de castilla, caña fístula, cereza, guanina, guaniquiqui, guayabita del pinar, maguey, piña, ratán y uva).
- Sistemas agroforestales de café y cacao. Datos insuficientes.
- Árboles en zonas urbanas y árboles fuera del bosque (superficie sin determinar). Datos insuficientes.
- La superficie cubierta por *Dichrostaquis cinerea* (marabú), especie arbustiva introducida e invasora de tronco leñoso que puede alcanzar más de 6 m de altura, presente en zonas agrícolas, pecuarias y forestales, pero que no está considerada como árbol y no forma parte del patrimonio forestal nacional.

En los Balances Netos de Emisión de la categoría no se consideraron las siguientes emisiones de CO_2:

- Aunque es minoritaria, la cosecha de madera realizada por tenentes diferentes al Grupo Empresarial Agroforestal, por falta de datos.
- Leña y carbón. Hasta 2020 solo habían sido contabilizadas por la Categoría *Energía* las emisiones diferentes al CO_2 producidas por la quema de ambos productos, pero las

[31] **Fuente: Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, Ministerio de la Agricultura, 2022.**

emisiones de CO_2 debidas a la extracción de biomasa del bosque nunca habían sido consideradas. Al tratar ahora de incluir estas emisiones en el BNE, la serie histórica de la producción de leña solo llega hasta 2016 debido a que por sus bajos niveles perdió interés como indicador productivo y como el personal que actualmente atiende estas actividades es de nueva promoción, no fue posible obtener una opinión de expertos.

- Perturbaciones. Las pérdidas de CO_2 por esta causa incluyen los efectos de los incendios forestales, de los huracanes tropicales, de las inundaciones, de las sequías, de las plagas y de cualquier otra causa. Las pérdidas de biomasa causada por los incendios son registradas por el Cuerpo de Guardabosques, mientras que los efectos de las restantes son contabilizados por el Servicio Estatal Forestal (SEF). Las coordinaciones para incluir estas emisiones en el BNE aún no han sido realizadas.

Al igual que lo reportado en la serie temporal 1990-2016, para los cálculos de la categoría solo se consideraron las emisiones procedentes de la cosecha de madera en los bosques y las remociones de CO_2 realizadas por el área cubierta de bosques (Tablas 6.9, 6.10, 6.11).

No se dispuso de datos de actividad para los años 1991, 1993, 1995, 1997, 1999 y 2017, por lo que sus valores fueron estimados a partir de técnicas de interpolación para el empalme de los datos. En el cálculo de las emisiones, como de las remociones, se emplearon factores de emisión propios de país, determinados mediante el desarrollo de investigaciones desarrolladas con tal propósito. Los cambios de las emisiones y remociones de CO_2 generados en la materia orgánica muerta y en el suelo no fueron considerados, por no disponer de datos.

Las fuentes de remoción y emisión incluidas en el Balance Neto de Emisiones (BNE) de la Categoría 4.A Tierras forestales fueron:

- Remoción por incremento de biomasa forestal (aérea y subterránea) de:
  - Bosques artificiales establecidos (mayores de 3 años), que, por la gran cantidad de especies utilizadas para este propósito, son agrupados como sigue:
    - Especies:
      - ✓ Acacia (*Acacia* spp.).
      - ✓ Eucalipto (*Eucalyptus*spp.).
      - ✓ Teca (*Tectonagrandis*).
      - ✓ Pinos (grupo que incluye *Pinustropicalis, P. cubensis*y *P. maestrensis*).
      - ✓ Pino macho (*P. caribaea*var. *caribaea*).
    - Grupos de especies[32]: (Anexo 1)
      - ✓ Mezcla de especies con maderas duras de lento crecimiento (52 especies; $1.34 \geq DB^{33} \geq 0.60$ $g_{*}cm^{-3}$).
      - ✓ Mezcla de especies con maderas duras de rápido crecimiento (32 especies; $1.07 \geq DB^{6} \geq 0.60$ $g_{*}cm^{-3}$).

[32]Para la clasificación de las especies de maderas blandas, duras de crecimiento lento y duras de crecimiento rápido, se usaron la densidad básica - DB (Fuente: Ing. Alberto Ibáñez†, Jefe Laboratorio de Tecnología de la Madera, Instituto de Investigaciones Forestales) y las bases de datos de densidad básica y de crecimiento por especie, creadas por el propio Instituto.

[33]DB- densidad básica de la madera.

- ✓ Mezcla de especies de maderas blandas (51especies; DB[6] < 0,60 g_*cm^{-3}).

- Bosques naturales, integrados por 16 formaciones forestales diferentes que fueron agrupadas como sigue:
  - Bosque húmedo. Totalidad de la superficie cubierta por las formaciones:
    - ✓ Monte fresco.
    - ✓ Monte nublado.
    - ✓ Pluvisilva de montaña.
    - ✓ Pluvisilva.
  - Bosque estacional (menor de 20 años). 20 % de la superficie cubierta por las formaciones (Fuente: Grupo de Expertos):
    - ✓ Encinar.
    - ✓ Pinar.
    - ✓ Semicaducifolio sobre suelo calizo.
    - ✓ Semicaducifolio sobre suelo ácido.
    - ✓ Semicaducifolio sobre suelo de mal drenaje.
  - Bosque estacional (mayor de 20 años). 80 % de la superficie cubierta por las mismas formaciones del grupo anterior (Fuente: Grupo de Expertos).
  - Bosque seco: Totalidad de las formaciones:
    - ✓ Charrascal.
    - ✓ Cuabal.
    - ✓ Manigua costera
    - ✓ Uveral.
    - ✓ Xerófilo de mogote
    - ✓ Xerófilo típico.
  - Bosque de manglar: Totalidad de la formación Manglar.
- Frutales arbóreos dentro del bosque.
- Árboles no forestales, desagregados en dos grupos:
  - Plantaciones comerciales de cítricos (limón, lima, naranja y toronja).
  - Plantaciones comerciales de otros frutales arbóreos.

- Emisión por la cosecha de madera para los siguientes surtidos:
  - Bolo (madera para aserrío), desagregada de la forma siguiente:
    - Especies coníferas. Todas del género *Pinus*.
    - Especies preciosas. 14 especies con cualidades y valor económico especial[34].
    - Especies latifolias. Desagregadas en duras, semiduras y blandas[1].
  - Postes (madera para el alumbrado público y la telefonía). Especies solo del género Pinus.
  - Traviesas (madera para el ferrocarril). Especies solo del género Eucalyptus.

[34] Gómez *et al.* 1973. Clasificación de los bosques de Cuba por la importancia de las especies de árboles. Cuba, *Revista Forestal Baracoa* 6 (3-4): 27-36.

- Rollizas (madera para uso directo). Especies solo del grupo semiduras1.
- Cujes (madera para la producción de tabaco). Especies solo del género Eucalyptus.

Tabla 6.9. 4.A Tierras forestales: superficie (ha) de bosques artificiales por especie, por grupo de especies y frutales dentro y fuera del bosque, serie 1990-2022 (SD-sin datos).

Año	*Acacia* spp.	*Eucalyptus* spp.	*Tectona grandis*	*Pinus* spp.	*Pinus caribaea*	Maderas Duras	Mad. Duras Ráp. Crec.	Maderas Blandas	Frutales en Bqs.	Frutales fuera Bqs.	Total
1990	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	120,100.00	127,090.00	Sin datos	Sin datos	Sin datos	141,000.00	388,190.00
1991	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	120,302.19	133,547.43	Sin datos	Sin datos	Sin datos	136,002.47	389,852.09
1992	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	120,500.00	140,000.00	Sin datos	Sin datos	Sin datos	131,000.00	391,500.00
1993	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	135,252.46	145,002.63	Sin datos	Sin datos	Sin datos	344,312.46	624,567.56
1994	Sin datos	Sin datos	Sin datos	122,000.00	150,000.00	150,000.00	Sin datos	Sin datos	Sin datos	196,299.57	618,299.57
1995	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	163,402.97	171,253.11	Sin datos	Sin datos	Sin datos	301,484.77	636,140.86
1996	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	176,800.00	192,500.00	Sin datos	Sin datos	Sin datos	140,300.00	509,600.00
1997	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	149,082.71	111,327.03	Sin datos	Sin datos	Sin datos	537,908.39	798,318.13
1998	740.00	32,720.00	1,590.00	29,370.00	121,360.00	30,150.00	122,630.00	14,440.00	Sin datos	127,726.89	480,726.89
1999	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	156,980.00	177,020.00	Sin datos	Sin datos	Sin datos	112,982.37	446,982.37
2000	700.00	31,200.00	1,510.00	28,000.00	115,700.00	28,730.00	116,930.00	13,760.00	Sin datos	117,153.00	453,683.00
2001	664.42	32,638.72	1,649.43	29,204.10	116,681.24	27,853.09	120,232.53	1,510.64	Sin datos	122,192.00	452,626.17
2002	1,109.70	33,547.23	1,619.81	30,741.36	115,351.22	31,650.69	119,900.37	2,288.04	Sin datos	119,246.00	455,454.42
2003	1,413.30	36,008.04	1,920.16	30,585.10	117,543.23	33,096.22	127,924.21	2,147.59	Sin datos	153,974.00	504,611.85
2004	384.57	39,123.58	2,378.51	39,091.87	112,568.77	34,093.55	132,792.19	1,657.55	Sin datos	131,193.00	493,283.59
2005	235.20	40,872.83	2,938.78	40,188.60	111,476.65	35,046.71	141,306.61	1,798.22	Sin datos	124,517.00	498,380.60
2006	2,219.65	41,184.39	3,314.79	40,763.90	112,413.99	39,556.17	146,141.99	2,412.32	14,650.10	123,162.00	525,819.30
2007	2,591.00	41,981.20	4,417.70	41,931.10	111,765.60	43,924.60	157,430.10	3,571.00	Sin datos	158,559.00	566,171.30
2008	2,001.80	44,521.90	5,274.00	43,335.90	111,888.00	48,032.20	169,914.40	3,450.60	Sin datos	115,284.00	543,702.80
2009	3,009.70	47,474.60	5,635.70	45,177.10	111,462.00	54,342.10	181,728.80	4,290.90	Sin datos	137,409.00	590,529.90
2010	5,169.10	48,839.20	6,281.00	46,056.10	113,403.60	57,476.60	191,632.00	4,423.70	18,490.00	117,178.00	608,949.30
2011	3,871.19	51,325.44	6,205.40	47,070.17	114,148.66	61,284.33	201,381.41	4,519.63	Sin datos	140,463.00	630,269.24
2012	3,871.19	50,660.00	6,190.00	30,840.00	114,150.00	49,280.00	163,730.00	31,760.00	13,350.00	104,040.00	567,871.19
2013	6,240.22	50,975.89	6,716.20	47,948.23	118,736.89	65,762.66	208,980.19	4,664.75	16,034.61	137,658.00	663,717.64
2014	4,491.11	58,772.55	7,181.25	35,778.63	132,429.66	57,171.56	**189,949.27**	36,845.96	13,350.00	108,890.00	644,860.00
2015	11,900.00	48,520.00	6,620.00	53,910.00	118,990.00	65,540.00	215,080.00	8,900.00	16,854.00	143,453.00	689,767.00
2016	11,283.07	46,015.91	6,274.03	51,121.02	112,834.30	63,105.45	202,992.43	8,133.03	27,802.12	105,352.00	634,913.36
2017	12,754.49	46,409.44	6,163.79	48,027.34	114,309.79	70,511.75	198,135.85	8,741.32	14,496.76	112,335.75	631,886.26
2018	14,225.91	46,802.96	6,053.54	44,933.65	115,785.27	77,918.05	193,279.28	9,349.60	1,191.40	119,320.00	628,859.66
2019	16,972.94	48,452.15	6,643.72	43,141.05	105,407.89	66,510.04	226,088.08	12,235.44	14,548.35	122,700.00	662,699.66

2020	17,920.06	47,665.34	6,707.33	46,875.05	112,709.84	87,112.10	210,334.29	9,606.80	13,417.31	111,300.00	663,648.12
2021	16,695.32	47,497.59	6,546.80	44,518.39	116,339.92	43,427.14	211,576.62	60,080.17	28,237.45	72,400.00	647,319.40
2022	19,058.29	47,170.40	6,719.49	47,732.20	114,970.65	47,858.27	111,900.11	183,828.97	9,671.64	0.00	588,910.02

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

Tabla 6.10. 4.A Tierras forestales: superficie (ha) de bosques naturales por grupo. Serie 1990-2022(SD-sin datos).

AÑO	Húmedo	Estacional (<20 años)	Estacional (>20 años)	Seco	Manglares	Total
1990	60,760.00	223,160.00	892,640.00	102,250.00	532,000.00	1,810,810.00
1991	64,631.18	247,584.50	990,338.01	102,626.87	529,009.62	1,934,190.17
1992	68,500.00	272,000.00	1,088,000.00	103,000.00	526,000.00	2,057,500.00
1993	71,751.31	279,205.07	1,116,820.31	103,501.88	523,009.51	2,094,288.08
1994	75,000.00	286,400.00	1,145,600.00	104,000.00	520,000.00	2,131,000.00
1995	93,501.70	272,704.96	1,165,321.18	92,186.67	505,009.18	2,128,723.70
1996	112,000.00	259,000.00	1,185,000.00	80,370.00	490,000.00	2,126,370.00
1997	106,001.93	247,754.50	1,171,261.29	64,696.17	464,328.44	2,054,042.34
1998	100,000.00	236,500.00	1,157,480.00	49,020.00	438,640.00	1,981,640.00
1999	99,313.57	253,894.56	1,157,121.11	62,477.87	438,192.88	2,011,000.00
2000	101,370.00	279,430.00	1,189,170.00	78,480.00	450,000.00	2,098,450.00
2001	126,978.79	300,273.28	1,201,093.12	61,486.50	499,651.48	2,189,483.17
2002	125,199.43	306,781.72	1,227,126.87	61,098.00	503,215.66	2,223,421.68
2003	126,225.79	317,720.83	1,270,883.32	58,974.00	481,037.51	2,254,841.45
2004	141,016.79	313,796.25	1,255,185.02	58,974.24	518,085.50	2,287,057.80
2005	142,652.74	312,271.04	1,249,084.15	57,866.84	546,786.59	2,308,661.36
2006	152,716.64	323,408.47	1,293,633.89	59,458.64	506,446.69	2,335,664.33
2007	152,716.64	323,408.47	1,293,633.89	59,458.64	506,446.69	2,335,664.33
2008	151,674.60	336,125.08	1,344,500.32	55,615.70	490,624.00	2,378,539.70
2009	151,648.20	341,256.70	1,365,026.80	55,308.70	495,154.40	2,408,394.80
2010	146,301.60	348,547.50	1,394,190.00	55,440.50	491,370.10	2,435,849.70
2011	128,271.06	321,495.51	1,285,982.03	50,012.30	512,297.90	2,298,058.80
2012	156,200.00	353,080.00	1,412,320.00	55,620.00	511,270.00	2,488,490.00
2013	158,201.84	358,992.52	1,435,970.06	57,812.20	546,263.30	2,557,239.92
2014	154,960.00	376,980.00	1,507,920.00	57,960.00	558,340.00	2,656,160.00
2015	152,090.00	369,130.00	1,476,540.00	53,920.00	604,320.00	2,656,000.00
2016	263,864.36	352,641.72	1,410,566.87	46,100.84	632,288.93	2,705,462.72
2017	227,912.07	412,077.39	1,648,309.55	54,291.99	596,645.06	2,939,236.05
2018	191,959.78	471,513.06	1,886,052.22	62,483.14	561,001.19	3,173,009.39

Tabla 6.11. 4.A Tierras forestales: volumen (m^3) de madera por surtido. Serie 1990-2022 (SD-sin datos).

Bolo	Postes	Traviesas	Rollizas	Cujes	Total
203,200.00	6,333.33	22,125.00	360,300.00	20,100.00	612,058.33
166,150.00	3,966.67	15,581.25	371,450.00	18,950.00	576,097.92
129,100.00	1,600.00	9,037.50	382,600.00	17,800.00	540,137.50
149,200.00	1,316.67	12,100.00	360,700.00	19,450.00	542,766.67
169,300.00	1,033.33	15,162.50	338,800.00	21,100.00	545,395.83
185,800.00	1,400.00	23,181.25	352,350.00	40,000.00	602,731.25
202,300.00	1,766.67	31,200.00	365,900.00	58,900.00	660,066.67
216,150.00	2,883.33	19,660.00	305,653.86	78,982.78	623,329.96
230,000.00	4,000.00	20,300.00	232,400.00	99,065.55	585,765.55
289,800.00	9,400.00	18,762.50	405,900.00	74,900.00	798,762.50
287,700.00	5,466.67	15,937.50	370,600.00	54,900.00	734,604.17
284,400.00	6,766.67	10,287.50	338,300.00	45,900.00	685,654.17
290,400.00	4,366.67	7,550.00	419,062.00	30,800.00	752,178.67
322,570.00	3,400.00	5,887.50	428,100.00	16,200.00	776,157.50
327,200.00	3,300.00	4,637.50	367,380.00	30,100.00	732,617.50
366,600.00	1,933.33	3,175.00	255,200.00	17,800.00	644,708.33
458,882.10	60.00	118,784.00	217,556.00	14,840.00	810,122.10
319,680.10	1,011.00	30,067.00	216,927.00	16,708.04	584,393.14
340,168.60	425.00	19,604.00	285,417.00	17,715.00	663,329.60
317,970.70	10,000.00	31,769.00	251,550.00	18,141.00	629,430.70
271,293.40	21,244.00	26,711.00	194,974.00	11,174.00	525,396.40
248,711.30	30,053.00	29,378.00	199,676.10	15,634.00	523,452.40
199,312.00	10,018.00	1,049.00	174,150.00	4,810.00	389,339.00
235,708.20	8,351.30	1,562.00	186,536.80	36,300.00	468,458.30
227,270.00	10,050.00	780.00	188,040.00	14,080.00	440,220.00
221,380.00	10,000.00	1,300.00	149,080.00	10,540.00	392,300.00
197,959.61	876.00	238.78	135,654.81	22,277.30	357,006.50
158,958.67	5,438.00	47.52	165,149.79	14,938.65	344,532.62
234,700.00	10,000.00	56,500.00	133,600.00	7,600.00	442,400.00

2019	194,093.48	379,522.28	1,518,089.12	62,568.14	592,631.75	2,746,904.77	182,400.00	14,300.00	0.00	110,000.00	5,300.00	312,000.00
2020	191,447.43	413,100.25	1,652,400.99	54,905.44	667,356.15	2,979,210.26	165,100.00	5,200.00	0.00	115,200.00	7,000.00	292,500.00
2021	192,056.27	352,234.96	1,408,939.85	201,684.55	600,057.73	2,754,973.36	143,300.00	2,100.00	447.80	85,000.00	2,800.00	233,647.80
2022	191,924.73	354,259.32	1,417,037.27	200,038.08	606,986.50	2,770,245.90	216,363.88	636.60	75.15	58.45	2,288.00	219,422.08

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

6.4.3.2. Factores de emisión.

En las remociones fue utilizado el Nivel 2 para el crecimiento anual de la biomasa aérea de *Pinus* spp. (6,32 m^3 ms * ha^{-1} * a^{-1}) y de *Pinus caribaea* (8,51 m^3 ms * ha^{-1} * a^{-1})[35], así como para la fracción de carbono en la materia seca[36] de todos los niveles de bosque, tanto artificiales como naturales (Tabla 6.12). En el caso de los grupos de mezcla de especies de bosques artificiales y de los grupos de bosques naturales, fueron empleados valores promedio de la fracción de carbono, tomando en consideración los valores de las especies que integraban cada grupo en los bosques artificiales o las especies reportadas para cada formación en el caso de los bosques naturales.

Tabla 6.12. 4.A Tierras forestales: Fracciones de carbono en la materia seca usadas para el cálculo de las remociones de CO_2.

Tipo de bosque	Especie o Grupo	Fracción de carbono
Artificial	*Acacia* spp.	0,485
	Eucalyptus spp.	0,487
	Tectona grandis	0,485
	Pinus spp.	0,470
	Pinus caribaea	0,475
	Mezcla Maderas Duras	0,469
	Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec.	0,469
	Mezcla Maderas Blandas	0,469
Natural	Húmedo	0,474
	Estacional (<20 años)	0,466
	Estacional (>20 años)	0,466
	Seco	0,462
	Manglares	0,470

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

Para las emisiones fue utilizado el Nivel 2 para el factor de conversión de biomasa entre el surtido maderero final y el volumen de madera inicialmente aprovechado[37], así como para la densidad de la madera[38] y la fracción de carbono en la materia seca[12] (Tabla 6.13), donde fueron empleados valores promedio de la fracción de carbono, tomando en consideración los de las especies utilizadas para la producción de cada surtido. Para calcular la expansión de biomasa (BCEF), fue empleado el valor por defecto 1,9 planteado para las maderas duras de la zona climática *Mediterráneo, tropical seco, subtropical*, con *Nivel de existencias en crecimiento* entre 21 m^3 y 40 m^3.

[35] **Mercadet, A. *et al.* 2012. Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies. Informe Técnico. Proy. *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático: Sector Forestal*; Prog. *Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación Y Adaptación*. Inst. Invest. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 6 p.**

[36] **Mercadet, A.; A. Álvarez, A. Escarré y O. Ortiz. 2011. Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreascubanas [en línea]. http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf.**

[37] **Coeficientes establecidos por la Dirección de Industrias del Grupo Empresarial Agroforestal - GAF**

[38] **Base de datos de densidad de la madera. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba.**

Tabla 6.13. 4.A Tierras forestales: Densidad de la madera y fracción de carbono utilizados en la estimación de las emisiones producidas por las extracciones de madera.

Categoría de cosecha	Densidad Básica de la Madera (kg $*m^{-3}$)					Fracción de Carbono				
	Coníferas	Latifolias				Coníferas	Latifolias			
		Preciosas	Duras	Semiduras	Blandas		Preciosas	Duras	Semiduras	Blandas
Bolo	565	618	811	652	482	0,472	0.470	0.474	0.463	0.467
Postes				652					0.473	
Traviesas			811	717				0.474	0.455*	
Rollizas	565			652		0,472		0.474	0.463	
Cujes	510			717		0.472			0.455*	

*Solo de eucalipto. Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

El resto de los factores de emisión utilizados fueron los propuestos por defecto por IPCC-2006 y para la relación entre biomasa subterránea y biomasa aérea (R) fue utilizado el valor reportado para *Bosque tropical húmedo de hojas caducas con biomasa aérea menor que 125 t * ha^{-1}* (IPCC-2006 GL).

El cálculo de las emisiones para esta Subcategoría se realizó a través de las hojas de cálculo de las *Directrices del IPCC 2006 GL*.

De las tablas asociadas a la Decisión 5/CMA.3, referida a las *Orientaciones para la puesta en práctica de las modalidades, los procedimientos y las directrices para el marco de transparencia reforzado para las medidas y el apoyo a que se hace referencia en el artículo 13 del Acuerdo de París*, solo son incluidas al final del informe la Tabla 4 y la Tabla 4.G hoja 2 porque para el resto de las tablas del Sector UTCUTB no se dispone de información.

5.4.4. Incertidumbre.

La incertidumbre combinada de esta Categoría para el 2022, ha sido estimada para el CO_2 de cada componente animal. Un resumen de los resultados de la incertidumbre combinada se presenta en la Tabla 6.14.

Tabla 6.14. 4.A Tierras forestales: Resumen de la incertidumbre combinada.

Código Categoría del IPCC	GEI	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada
		(+) %	(-) %	(+) %
4.A Tierras forestales que permanecen como tales	CO_2	20.0	10.0	22.0

Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

Las principales fuentes de incertidumbre en cuanto a incremento anual, fracciones de carbono en la madera y densidad de la madera son su variación, según la edad del bosque, su composición en especies y su estructura; además, se incluyen el clima y la calidad del sitio. En el caso particular de los bosques naturales, se añade el continuo aumento de su superficie (un millón de hectáreas en 30 años) (Figura 6.9), producido por el método establecido para la contabilización estadística de los resultados de la regeneración natural.

Para reducir la incertidumbre, ha sido concluida la determinación de la composición y abundancia de especies en nueve de 16 formaciones naturales[39] y se avanza en la valoración de las siete restantes; se continúa la obtención de factores de emisión específicos para incremento anual de biomasa seca por especie, fracciones de carbono en la madera (por especie y por formación natural), densidad básica de la madera (por especie y por formación natural) y, tipo de suelo por formación y contenido de carbono. Cuando no se dispone de valores específicos del país, ni se reportan en la región centroamericana para condiciones similares, se analizan las fuentes de los parámetros por defecto para comprobar si se corresponden con las condiciones específicas del país.

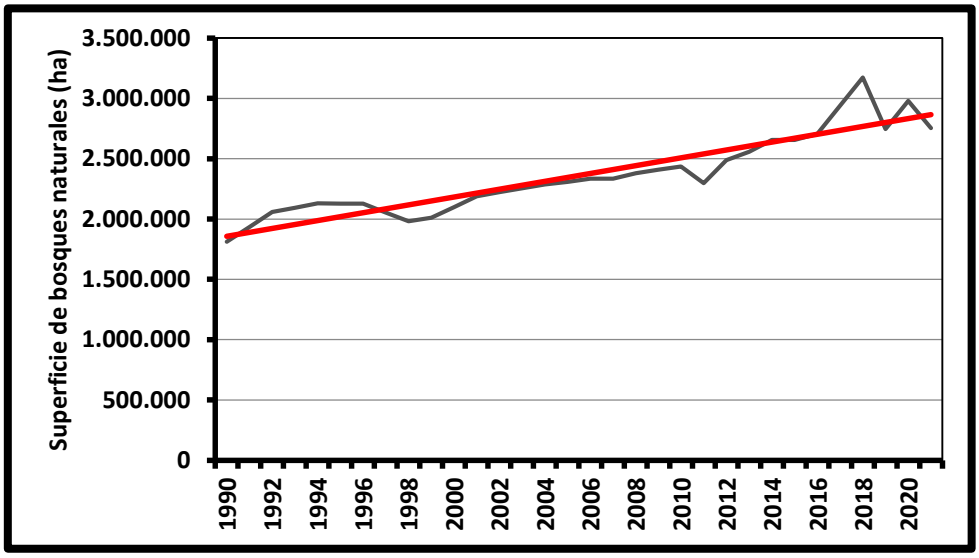


Figura 6.9. Variación temporal y tendencia de la superficie de bosques naturales del país. Serie anual 1990 – 2021.
Fuente: Equipo Técnico Sectorial de Forestales, INAF

En cuanto al aumento de la superficie de bosques naturales, la Dirección del Servicio Estatal Forestal del MINAG valora cómo considerar esa situación en el futuro inmediato.

6.4.5. Consistencia de la serie temporal.

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. No se realizaron cambios de actividad paramétrica o de factor de emisión, por lo que no fueron efectuados recálculos de la serie temporal.

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 BNE de la Categoría 4.A *Tierras forestales* fue aplicada la recomendación de control de calidad de las Directrices del IPCC de 2006 GL y las actividades propias del Equipo Técnico Sectorial del INAF.

El procedimiento consistió en realizar comparaciones de los factores de emisión, específicamente el crecimiento de especies en bosques artificiales, densidad de la madera por surtido y fracciones de carbono en la madera, con la información proporcionada en las Directrices

[39] **Hechavarría Schwesinger, L.; J. Pérez Camacho; M. Cañizares Morera; P. A. González Gutiérrez. 2023. Gestión de datos para actualizar la composición y abundancia de árboles en bosques cubanos. Serie Científica de la Universidad de Ciencias Informáticas 16(1): 112-130. https://pubicaciones.uci.cu/jindex.php/serie/article/view/1288.**

del IPCC de 2006 GL. En el caso particular de los bosques naturales de Cuba, no existe información en esas Guías que permita hacer comparaciones específicas.

6.4.6.2 Garantía de la calidad.

Previo a la actualización de la Categoría 4.A Tierras forestales del sector UTCUTS, el Equipo Técnico Sectorial del INAF desarrolló un análisis de las recomendaciones formuladas durante la revisión externa por el Equipo Técnico Nacional del INGEI, para evaluar la factibilidad de su aplicación.

6.4.6.3 Verificación.

No hubo verificación con fuentes externas para esta categoría.

6.4.7. Recálculos.

No fueron realizados recálculos.

6.4.8. Plan de mejoramiento.

El Inventario 2016 presentado a fines de 2020 no incluyó acciones de mejora del BNE en la categoría, por lo que no es necesario hacer una valoración de su avance. Considerando los aspectos señalados en la evaluación de las incertidumbres, se plantean las siguientes acciones a desarrollar en el futuro:

1. Completar la actualización de la composición y abundancia de especies por formación natural.
2. Continuar sustituyendo factores de emisión por defecto por factores de emisión nacionales en las remociones y cosecha de madera.
3. Adecuar la contabilización de la regeneración natural a los datos requeridos para el Inventario.
4. Incluir en las remociones las correspondientes a la superficie de bosques en desarrollo existente.
5. Establecer un sistema nacional para el control de la cosecha de madera por todos los tenentes del patrimonio forestal, desglosado por surtidos e incluyendo la leña.
6. Completar los datos a captar sobre los efectos de las perturbaciones y definir su adecuación a los requerimientos del Inventario, incluyendo tanto la pérdida de biomasa por incendios, como las emisiones de GEI que producen.
7. Transitar progresivamente hacia la sustitución del método de *Pérdidas/Ganancias* empleado actualmente para el BNE, hacia el método de *Diferencia de Existencias* utilizado nacionalmente para el pago del carbono.
8. Si se decide estatalmente, establecer las remociones anuales de carbono correspondientes a los cafetales y cacaotales.
9. Si se decide estatalmente, incluir las remociones de carbono originadas por la superficie cubierta por marabú.

CAPÍTULO 7: SECTOR DESECHOS (CRT 5)

7.1. Panorama del sector

7.1.1. Descripción general del sector

En este sector se aborda la estimación de las emisiones de metano (CH_4) procedentes de: los sitios de disposición de desechos sólidos (SDDS)[40], el tratamiento biológico de desechos sólidos, la incineración de desechos y el tratamiento y eliminación de las aguas residuales. El CH_4 es el gas de efecto invernadero (GEI) más importante generado en el sector Desechos. La mayor parte del CH_4 que se genera procede de los sistemas anaeróbicos utilizados para el tratamiento y/o eliminación de los desechos biodegradables resultantes de las actividades humanas.

Las emisiones de óxido nitroso (N_2O) provenientes del tratamiento biológico de desechos sólidos, la incineración abierta de desechos y la descarga y eliminación, en medios acuáticos, de aguas residuales domésticas también se incluyen en este sector. Las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) se estimaron de la incineración de los desechos clínicos sin recuperación de energía y de los incendios no intencionales de los SDDS. En esta categoría las emisiones de CO_2 fueron más significativas que las emisiones de CH_4 y N_2O.

A continuación, se muestran las categorías y subcategorías del sector Desechos, de acuerdo a las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, del inglés *Intergovernmental Panel on Climate Change*) de 2006 (IPCC, 2006) para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Tabla 7.1).

Tabla 7. 1. Categorías y subcategorías del sector Desechos (CRT 5)

ID	Categoría	ID	Subcategoría	GEI
5.A	Disposición de desechos sólidos	5.A.1	Sitios gestionados de disposición de desechos	CH_4 (IE)
		5.A.2	Sitios no gestionados de disposición de desechos	CH_4 (IE)
		5.A.3	Sitios no categorizados de disposición de desechos	CH_4
5.B	Tratamiento biológico de desechos sólidos			CH_4, N_2O
5.C	Incineración e incineración abierta de desechos	5.C.1	Incineración de desechos	CO_2, CH_4 (NE), N_2O (NE)
		5.C.2	Incineración abierta de desechos	CO_2, CH_4, N_2O
5.D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH_4, N_2O
		5.D.2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH_4

IE: Incluido en otra parte (5.A.3). NE: No estimado. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

7.1.2. Emisiones generales del sector y tendencia de las emisiones

Las emisiones del sector Desechos en 2022 contabilizaron un total de 6312.80 kt de CO_2-eq, que representó el 12.78% de las emisiones brutas de GEI del país. Este valor representó un aumento de 33.50% respecto a 1990 y de 3.47% respecto a 2016 (Tabla 7.2). Para informar las emisiones y absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO_2-eq se utilizó los valores del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) para un horizonte temporal de 100 años que figuran en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2014).

[40]También denominados "residuos sólidos". En este reporte se utiliza la denominación "desechos sólidos" para guardar correspondencia con la denominación utilizada en versión en español de las Guías del IPCC del 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC, 2006).

Tabla 7. 2. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq). Sector Desechos (CRT 5). Serie 1990-2022

Año	5.A. Disposición de desechos sólidos	5.B. Tratamiento biológico de desechos sólidos	5.C Incineración e incineración abierta de desechos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Sector Desechos
1990	2757.76	N.O	59.39	1911.57	4728.72
1991	2950.80	N.O	52.00	1846.95	4849.75
1992	3003.75	N.O	42.60	1619.43	4665.78
1993	2933.85	N.O	31.21	1547.76	4512.82
1994	2751.91	N.O	35.71	1670.69	4458.31
1995	2675.30	N.O	41.56	1592.08	4308.94
1996	2688.37	N.O	44.18	1601.14	4333.69
1997	2727.44	N.O	44.76	1609.60	4381.80
1998	2761.56	N.O	45.03	1700.72	4507.31
1999	2788.96	N.O	45.07	1808.40	4642.43
2000	2809.35	N.O	48.19	1860.66	4718.19
2001	2948.29	N.O	46.12	1905.39	4899.80
2002	3106.36	48.01	57.20	1982.00	5193.58
2003	3195.25	41.25	48.30	2044.20	5329.00
2004	3217.89	45.30	48.05	1819.23	5130.48
2005	3228.62	37.23	67.98	1803.63	5137.46
2006	3337.48	52.28	63.24	1867.26	5320.25
2007	3350.52	54.65	64.98	1882.88	5353.03
2008	3370.50	59.37	78.11	1997.62	5505.60
2009	3522.70	36.52	73.55	1967.45	5600.23
2010	3571.20	35.75	75.97	1990.26	5673.18
2011	3612.65	34.93	69.56	2025.33	5742.47
2012	3558.79	34.73	90.18	2050.96	5734.67
2013	3734.84	33.28	84.60	2105.97	5958.69
2014	3803.37	31.03	80.75	2088.77	6003.92
2015	3814.39	31.12	86.53	2099.59	6031.63
2016	3831.44	63.99	85.56	2120.32	6101.30
2017	3889.48	56.81	99.51	2108.57	6154.36
2018	4074.64	51.12	101.96	2122.34	6350.05
2019	4236.57	30.38	100.58	2079.54	6447.07
2020	4323.84	36.09	97.98	2131.20	6589.11
2021	4331.88	32.66	86.36	2023.07	6473.98
2022	4248.03	41.79	86.45	1936.52	6312.80

NO: No ocurre. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La tendencia de las emisiones de GEI del sector Desechos fue en ascenso en la mayoría de los años, sobre todo, después de 1999 (Figura 7.1). La principal causa del incremento de las emisiones de GEI del sector fueron el aumento del consumo, con el consecuente incremento de los desechos sólidos y líquidos generados. Desde 1990 hasta 1998 se registró una disminución de las emisiones condicionada por las coyunturas económicas y condiciones a las que se vio sometido el país, período conocido como Período Especial. A partir de 2020 también se observó una disminución en las emisiones, por las dificultades económicas derivadas de la pandemia de COVID-19 y el recrudecimiento del bloqueo de Estados Unidos a Cuba.

La categoría de mayor importancia en el 2022 fue la Disposición de desechos sólidos en tierra que aumentó respecto a 1990 hasta representar el 67.29% de las emisiones del sector. Le siguió en segundo lugar el Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D) con un 30.68% de las emisiones del sector, aun así, disminuyó respecto a 1990. Las emisiones de las categorías 5.C Incineración e incineración abierta de desechos y 5.B Tratamiento biológico de desechos sólidos fueron muy bajas con respecto a las anteriores.

En el año 1990 las emisiones de la categoría Disposición de desechos sólidos en tierra representaron el 58.32% de las emisiones del sector. Le siguieron las emisiones procedentes del Tratamiento y eliminación de aguas residuales con el 40.42%. La categoría Incineración e

incineración abierta de desechos representó solo el 1.26% de las emisiones del sector y el Tratamiento biológico de desechos sólidos no ocurría el año base.

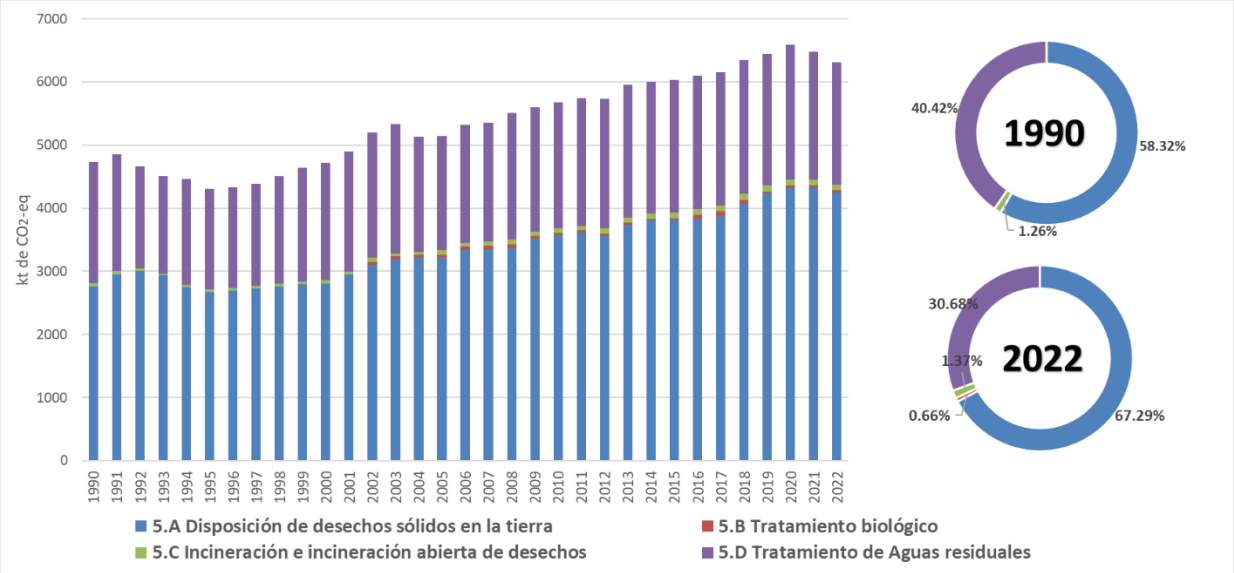


Figura 7. 1. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) por categoría procedentes del Sector Desechos (CRT 5). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La Figura 7.2 muestra la contribución de cada categoría y subcategoría a las emisiones totales del sector Desechos para el año 2022. Como se observa, la subcategoría más significativa fue la 5.A.3 Sitios no categorizados, seguida por la subcategoría 5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

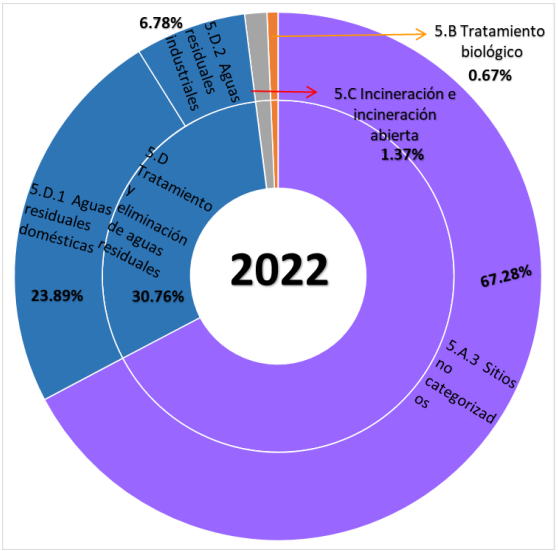


Figura 7. 2. Contribución por categoría y subcategoría a las emisiones del Sector Desechos (CRT 5). Año 2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

7.1.3. Aspectos metodológicos del sector

La metodología que se empleó para la estimación de las emisiones de GEI del sector Desechos fue la proporcionada por el IPCC en el Volumen 5 de sus Directrices para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC, 2006). La Tabla 7.3 muestra el método aplicado para cada subcategoría estimada.

Tabla 7. 3. Métodos aplicados por subcategoría. Sector Desechos (CRT 5)

Categorías y subcategorías incluidas en el INGEI (serie 1990-2022)		GEI	Metodología	Fuente de información del factor de emisión	Fuente de información del dato de actividad
5.A. Disposición de desechos sólidos	5.A.3 Sitios no categorizados de disposición de desechos	CH_4	Nivel 2	IPCC, 2006	López *et al*. (2004) IPCC (2006) López (2011) *World Bank Group* (2018) Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) Organización de Naciones Unidas (ONU,2022)
5.B. Tratamiento biológico de desechos sólidos		CH_4, N_2O	Nivel 1	IPCC, 2006	ONEI
5.C. Incineración e incineración abierta de desechos	5.C.1 Incineración de desechos	CO_2	Nivel 2a	IPCC, 2006	ONEI, Oficina de Regulación y Seguridad Ambiental (ORSA) y Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)
	5.C.2 Incineración abierta de desechos	CO_2	Nivel 2a	IPCC, 2006	
		CH_4 N_2O	Nivel 1		
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1. Aguas residuales domésticas	CH_4, N_2O	Nivel 1	IPCC, 2006	ONEI e Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH)
	5.D.2 Aguas residuales industriales	CH_4	Nivel 1	IPCC, 2006	ONEI, Ministerio de la industria alimentaria (MINAL), Ministerio de Industria (MINDUS), Ministerio de Energía y Minas (MINEM), Suchel Camacho S.A y AZCUBA.

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En el presente informe se cuantifican las emisiones de GEI de la categoría: Disposición de desechos sólidos de todos los tipos de vertedero que existen en el país (serie 1990-2022) en la subcategoría 5.A.3 Sitios no categorizados.

En Cuba la incineración de desechos sólidos es una práctica de manejo poco utilizada. La incineración de DSM y la incineración de los lodos de aguas residuales no ocurren en el país. En este informe, solo se contabilizaron las emisiones de la incineración de desechos hospitalarios sin recuperación de energía y de los incendios accidentales ocurridos en los SDDS.

La incineración abierta de desechos está prohibida en el país. Esta actividad tuvo mayor incidencia en los años más agudos del Período Especial (1990-1996) cuando la gestión de los desechos sólidos se vio fuertemente deprimida (López *et al*., 2009a). Al no estar permitida la actividad no existen registros de la cantidad de desechos quemados por incineración abierta.

7.2. Disposición en tierra de desechos sólidos (5.A)

7.2.1. Descripción de la categoría

Cuando los desechos sólidos municipales (DSM) y los desechos sólidos industriales (DSI) son vertidos en los SDDS, la mayor parte del material orgánico se degrada en un período de tiempo determinado. El período de descomposición puede variar desde uno hasta cerca de cien años en dependencia del tipo de material, el tipo de SDDS y las características climáticas de la región. La mayor parte del proceso ocurre mediante biodegradación aeróbica o anaeróbica en dependencia de las condiciones y características del SDDS.

Las emisiones de CH_4 de esta categoría derivan de la biodegradación anaeróbica. Las emisiones de CO_2 derivan de la biodegradación tanto aeróbica como anaeróbica, pero no son incluidas en las emisiones totales del sector Desechos, debido a que este carbono es biogénico. Los cálculos

de las emisiones y remociones del carbono biogénico se deben realizar en el sector Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura. La categoría 5.A Disposición en tierra de desechos sólidos incluye las subcategorías siguientes:

- 5.A.1. Sitios gestionados de disposición de desechos
- 5.A.2. Sitios no gestionados de disposición de desechos
- 5.A.3. Sitios no categorizados de disposición de desechos

Los desechos sólidos se generan en hogares, oficinas, tiendas, mercados, restaurantes, instituciones públicas, plantas de tratamiento de aguas y alcantarillado, obras en construcción y demolición, actividades industriales y actividades agrícolas (IPCC, 2006). La definición de DSM puede variar de país a país e incluir otros desechos. En este informe se asumió que los DSM dispuestos en vertederos incluyen: los desechos domésticos; los desechos de jardines y parques; los desechos comerciales/institucionales; los desechos de construcción y demolición y una pequeña fracción de desechos sólidos industriales que no es reciclada. La definición no incluye otros desechos como los hospitalarios que, por sus características, requieren de una gestión especial. En este inventario se estimaron las emisiones de CH_4 derivadas de los desechos sólidos recogidos y dispuestos en vertederos.

En Cuba el problema de la acumulación de los desechos se ha extendido por todo el país en los últimos años, dando lugar a la aparición de microvertederos. El incremento en la generación de desechos, total y *per cápita*; los cambios en los patrones de consumo de la población; las diferencias en la recogida, transportación y tratamiento final debido a las limitaciones financieras acrecentadas por el bloqueo económico, financiero y comercial del Gobierno de los Estados Unidos, así como la crisis global influyen en la proliferación de estos sitios. De ahí, que la cantidad y composición de los desechos depositados de forma ilegal en cada microvertedero varía considerablemente, por lo que no se cuentan con datos cuantitativos específicos.

El Equipo Técnico del INGEI no dispuso de información cuantitativa desagregada de los volúmenes que se generan de DSI, su composición física y la fracción dispuesta en los SDDS. De forma general se conoce que las producciones industriales en el país han disminuido y que los índices de reciclado/reutilización de DSI suelen ser muy altos. Además, se conoce que los DSI con carga orgánica que no son reciclados se depositan en los vertederos junto a los desechos generados en hogares, comercios, etc.

La variante que utiliza el IPCC *Waste Model* 2006 para los DSI basa la estimación en el valor anual del Producto Interno Bruto (PIB) y la tasa de generación de DSI en función de este PIB. Los cambios en el PIB en Cuba han estado relacionados en su mayoría con el desarrollo de otros sectores y no con las producciones de las industrias manufactureras. Las cuales son las que mayor cantidad de desechos con carga orgánica generan hacia los SDDS. Muchas de las cuales han visto deprimidas sus producciones a partir de 1990. Se consideró entonces, que esa vía no refleja de forma adecuada el comportamiento de estas producciones y la generación de sus desechos. Por tanto, las emisiones de GEI procedentes de la disposición de DSI se cuantifica dentro de las emisiones de DSM. Esto representa un aspecto a mejorar en futuros inventarios.

La Norma Cubana NC 135:2002 “Residuos sólidos. Disposición Final. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales” establece los requisitos higiénico sanitarios y ambientales a cumplir para la disposición final de los desechos sólidos en los vertederos. Los principales métodos de disposición en el país son: los vertederos convencionales (incluyen medios mecanizados), los rellenos sanitarios manuales y los vertederos a cielo abierto. Según el esquema concebido en el país, solo la población urbana debe recibir servicios de recolección de desechos sólidos con

cobertura del 100%. A continuación, se presenta el manejo que estos DSM reciben en Cuba (Figura 7.3).

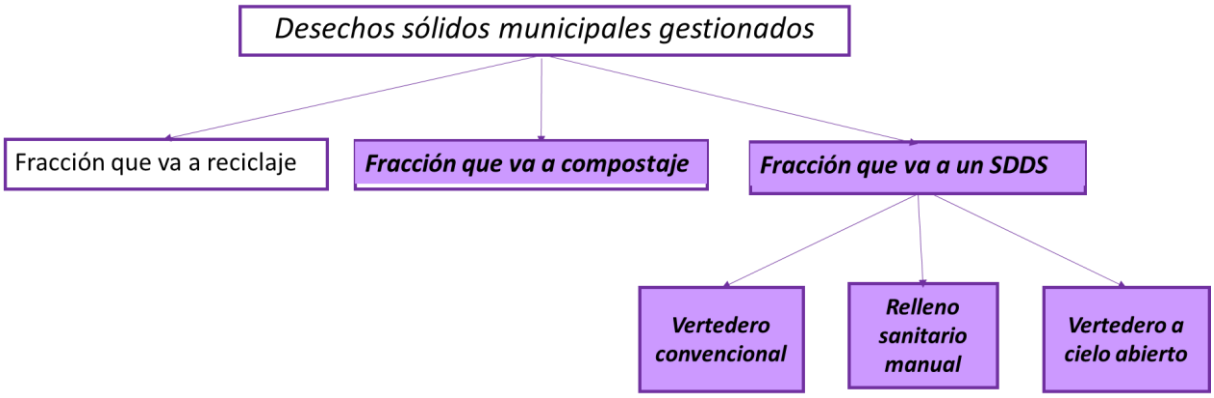


Figura 7. 3. Manejo de los DSM gestionados en Cuba (5.A). Nota: Las emisiones correspondientes a los recuadros en color se calcularon en este informe. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La disposición de desechos sólidos (5.A) es la categoría que más GEI emite del sector Desechos en Cuba. Los Sitios no categorizados (5.A.1) contribuyeron con el 67.29% de las emisiones del sector en 2022, por lo que representan una subcategoría significativa. Las emisiones en este año contabilizaron un total de 4248.03 kt de CO_2-eq. Este valor representó un aumento en un 54.04% respecto a 1990 y un 10.87% respecto a 2016 (Tabla 7.4).

Tabla 7. 4. Emisiones de GEI (kt) procedentes de la Disposición de desechos sólidos (5.A). Serie 1990-2022

Año	5.A.3. Sitios no categorizados		5.A. Disposición en tierra de desechos sólidos	
	kt de CH_4	kt de CO_2-eq	kt de CH_4	kt de CO_2-eq
1990	98.49	2757.76	98.49	2757.76
1991	105.39	2950.80	105.39	2950.80
1992	107.28	3003.75	107.28	3003.75
1993	104.78	2933.85	104.78	2933.85
1994	98.28	2751.91	98.28	2751.91
1995	95.55	2675.30	95.55	2675.30
1996	96.01	2688.37	96.01	2688.37
1997	97.41	2727.44	97.41	2727.44
1998	98.63	2761.56	98.63	2761.56
1999	99.61	2788.96	99.61	2788.96
2000	100.33	2809.35	100.33	2809.35
2001	105.30	2948.29	105.30	2948.29
2002	110.94	3106.36	110.94	3106.36
2003	114.12	3195.25	114.12	3195.25
2004	114.92	3217.89	114.92	3217.89
2005	115.31	3228.62	115.31	3228.62
2006	119.20	3337.48	119.20	3337.48
2007	119.66	3350.52	119.66	3350.52
2008	120.37	3370.50	120.37	3370.50
2009	125.81	3522.70	125.81	3522.70
2010	127.54	3571.20	127.54	3571.20
2011	129.02	3612.65	129.02	3612.65
2012	127.10	3558.79	127.10	3558.79
2013	133.39	3734.84	133.39	3734.84
2014	135.83	3803.37	135.83	3803.37
2015	136.23	3814.39	136.23	3814.39

Año	5.A.3. Sitios no categorizados		5.A. Disposición en tierra de desechos sólidos	
	kt de CH_4	kt de CO_2-eq	kt de CH_4	kt de CO_2-eq
2016	136.84	3831.44	136.84	3831.44
2017	138.91	3889.48	138.91	3889.48
2018	145.52	4074.64	145.52	4074.64
2019	151.31	4236.57	151.31	4236.57
2020	154.42	4323.84	154.42	4323.84
2021	154.71	4331.88	154.71	4331.88
2022	151.72	4248.03	151.72	4248.03

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La tendencia de las emisiones de GEI de la categoría fue ascendente en la mayoría de los años, con excepción del período 1993-1997 cuando disminuyeron (Figura 7.4). La causa fundamental de este comportamiento fue el incremento del índice de generación de desechos sólidos. Este factor disminuyó durante el período 1990-1997 condicionado por las coyunturas económicas del Período Especial. En el último año de la serie volvieron a disminuir ligeramente las emisiones por las dificultades económicas derivadas de la pandemia de COVID-19 y el recrudecimiento del bloqueo de Estados Unidos a Cuba.

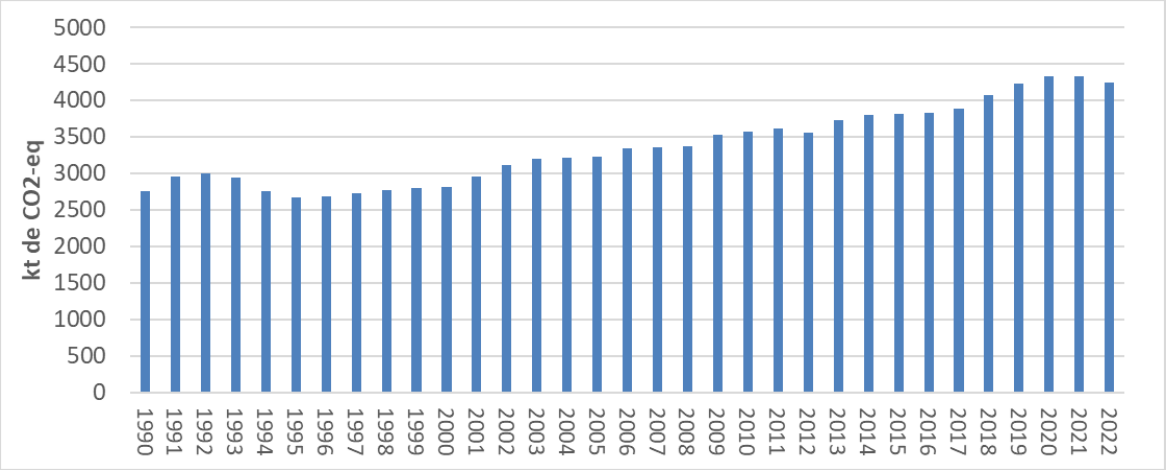


Figura 7. 4. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) procedentes de la Disposición en tierra de desechos sólidos (5.A). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

7.2.2. Aspectos metodológicos

La estimación de las emisiones de CH_4 se realizó mediante el método de descomposición de primer orden *FOD* (del inglés, *First Order Decay*). Se empleó el modelo simple de hoja de cálculo (IPCC, 2006), y una metodología de Nivel 2, de acuerdo al Volumen 5, Capítulo 3, Directrices del IPCC de 2006. En la aplicación de este modelo se utilizó los valores por defecto proporcionados por el IPCC para: el carbono orgánico degradable (*DOC*, del inglés, *Degradable Organic Carbon*), la fracción de *DOC* que se descompone (DOC_f), y la constante de tasa de generación de CH_4 (k). Se asumió el tiempo de retraso predeterminado de 6 meses. El clima predominante en Cuba es cálido tropical con estación lluviosa en el verano. Como esta clasificación no aparece en las zonas climáticas de las Directrices de 2006, se escogió la zona tropical húmeda.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La variable de actividad empleada para el cálculo de las emisiones fue el depósito de desechos sólidos en los SDDS. Para obtener esta variable fue necesario calcular la cantidad total de DSM

generados en el país, a partir de la tasa de generación promedio *per cápita* de DSM y de la población.

Primero se reconstruyó la serie de generación promedio *per cápita* de desechos en hogares (Tabla 7.5) a partir de datos de este parámetro publicados por otros autores: López (2011) y el *World Bank Group* (WBG, 2018). Los años faltantes se rellenaron con técnicas de interpolación y extrapolación según recomendaciones del IPCC (2006). Se debe destacar que esta tasa refleja solo la generación de desechos sólidos en los hogares, no la cantidad de desechos generados en el país. De acuerdo con la definición de DSM empleada en este informe, para conocer la tasa de generación se deben incluir también los desechos de oficinas, tiendas, mercados, restaurantes, instituciones públicas, obras en construcción y demolición, actividades industriales, etc.

De acuerdo con la información captada, la generación anual *per cápita* de desechos en hogares se incrementó, paulatinamente, hasta el año 1990, con una disminución marcada en los primeros años de la década de los noventa. Se estima que en los años más críticos del Período Especial (1993-1994) este *per cápita* promedio pudo reducirse a valores del orden de los 146 kg/hab/año y quizás menos, según juicios de expertos del sector.

A partir de 1996 se verificó una tendencia gradual al incremento en la generación DSM. Un factor que se adicionó al incrementó de los DSM en algunas zonas del país fue el efecto del turismo internacional. En los últimos años de la serie del presente informe (1990-2022) el consumo de la población ha estado afectado por los efectos de la pandemia de COVID-19 y el recrudecimiento del bloqueo de los Estados Unidos a Cuba.

Tabla 7. 5. Serie de generación promedio per cápita de desechos en hogares (kg/per cápita/día)

Año	**1960[1]**	**1970[1]**	**1974[1]**	**1980[1]**	**1990[1]**	**1993-1994[1]**	**1996[1]**
Generación *per cápita*	0.382	0.372	0.400	0.530	0.686	0.350-0.400	0.489
Año	**2000[1]**	**2002[1]**	**2003[1]**	**2004[1]**	**2016[2]**		
Generación *per cápita*	0.570	0.536	0.690	0.520	0.670		

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET con base en: 1- López (2011), 2- WBG (2018)

Por otra parte, la ONEI cuenta con una serie de desechos sólidos dispuestos en vertederos para el período 2002-2022[41]. Partiendo de estos datos y de la generación *per cápita* de desechos en hogares, se rellenaron los años faltantes y se reconstruyó la serie de DSM generados y dispuestos en vertedero para el período 1950-2022 (Tabla 7.6), mediante la aplicación de la técnica de solapamiento, recomendada por el IPCC.

Como los datos reportados en las estadísticas nacionales corresponden a la cantidad de desechos sólidos que se deposita en un SDDS, se asumió el supuesto de que el 100% del valor calculado va a un vertedero. Además, se consideró que un 5% de los DSM depositados en los SDDS se queman al aire libre, por los incendios espontáneos que pueden ocurrir según la ORSA. Por lo cual, el dato de actividad corresponde al 95% de los DSM generados para cada año inventariado.

Se utilizaron los datos anuales de la serie oficial de población urbana residente en Cuba obtenidos de la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (Tabla 3.5, página 92, ONEI,

[41] https://www.onei.gob.cu

2023). Se escogió solo la población urbana residente, debido a que es la única que recibe servicios de recolección de desechos sólidos, con una cobertura del cien por ciento.

Tabla 7. 6. Datos de generación de DSM (kg/hab/día), población residente y disposición final en vertederos en las zonas urbanas de Cuba (5.A). Serie 1950-2022

Año	Generación de DSM (kg/*per cápita*/año)	Población (millones)	DSM dispuestos en un SDDS (kt)
1950	292.307133	3.000000	876.921400
1951	308.107519	3.053000	940.652256
1952	308.107519	3.113000	959.138707
1953	292.307133	3.201000	935.675134
1954	300.207326	3.286000	986.481274
1955	304.157423	3.402000	1034.743552
1956	308.107519	3.507000	1080.533069
1957	309.687558	3.599000	1114.565520
1958	302.577384	3.724000	1126.798178
1959	302.577384	3.856000	1166.738393
1960	301.787365	3.917000	1182.101108
1961	296.257230	4.012000	1188.584006
1962	296.257230	4.116000	1219.394758
1963	296.257230	4.267000	1264.129600
1964	293.887172	4.438000	1304.271269
1965	292.307133	4.597321	1343.829723
1966	292.307133	4.705000	1375.305063
1967	292.307133	4.873000	1424.412661
1968	292.307133	4.964000	1451.012610
1969	292.307133	5.100000	1490.766381
1970	293.887172	5.200000	1528.213294
1971	307.317500	5.334000	1639.231544
1972	308.897538	5.448000	1682.873789
1973	308.897538	5.560000	1717.470313
1974	316.007712	5.800000	1832.844729
1975	319.957808	5.950000	1903.748959
1976	323.907905	6.100000	1975.838218
1977	326.277962	6.250000	2039.237265
1978	379.209254	6.450000	2445.899690
1979	414.760122	6.600000	2737.416804
1980	418.710218	6.650000	2784.422951
1981	419.500237	6.794000	2850.084613
1982	426.610411	6.863386	2927.991922
1983	434.510604	7.036698	3057.519897
1984	441.620777	7.107269	3138.717660
1985	438.460700	7.229031	3169.645994
1986	442.410797	7.356350	3254.528663
1987	458.211182	7.479432	3427.159379
1988	481.911761	7.622377	3673.313120
1989	544.323284	7.755382	4221.434996
1990	541.953226	7.883099	4272.270932
1991	467.691414	7.998376	3740.771777
1992	379.999273	8.065166	3064.757221
1993	276.506748	8.119271	2245.033219
1994	316.007712	8.130228	2569.214747
1995	365.778926	8.173592	2989.727707
1996	386.319428	8.226749	3178.152966
1997	387.899466	8.301008	3219.956573
1998	387.899466	8.350523	3239.163415
1999	387.109447	8.376521	3242.630412
2000	404.251826	8.459331	3419.700000
2001	441.300091	8.474732	3739.900000
2002	427.448072	8.496003	3631.600100
2003	403.859884	8.507406	3435.800000
2004	402.131383	8.500207	3418.200000
2005	441.117127	8.495703	3747.600100
2006	410.848879	8.484628	3485.899900
2007	422.784920	8.472393	3582.000000
2008	508.689121	8.464895	4306.000000
2009	478.442576	8.474162	4054.399900

Año	Generación de DSM (kg/*per cápita*/año)	Población (millones)	DSM dispuestos en un SDDS (kt)
2010	486.502652	8.465730	4118.600100
2011	440.798322	8.463054	3730.500000
2012	560.838927	8.575189	4809.299800
2013	529.391195	8.613668	4560.000000
2014	508.289052	8.636621	4389.899900
2015	514.409102	8.641760	4445.400000
2016	541.530638	8.646602	4682.399900
2017	625.924211	8.638905	5407.299800
2018	645.559388	8.636231	5575.200000
2019	631.136110	8.630468	5447.000000
2020	600.637587	8.622504	5179.000000
2021	551.799330	8.566520	4727.000000
2022	552.517904	8.553026	4725.700000

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET con base en López (2011), ONU (2022) y ONEI (2023)

La serie de composición física de los DSM se construyó a partir de varias fuentes de información. Como se observa en la Tabla 7.7 la composición de los desechos que llegan a vertedero varía en el tiempo. Los desechos de alimento se incrementaron desde 1950 y en la actualidad representan la mayor parte de los desechos totales. En segundo lugar, están los desechos de papel y cartón. Le siguen los plásticos que en general se han incrementado hasta casi un 10%. En la fuente de información que se utilizó a partir de 2005 se incluye la fracción de desechos de madera dentro de los desechos de alimentos.

Tabla 7. 7. Composición física (%) de los DSM que llegan a vertedero (5.A). Serie 1950-2022

Componente	1950-1968[1]	1969-1974[2]	1975-1979[2]	1980-1988[2]	1989-1999[2]	2000-2001[3]	2002-2004[4]	2005-2022[5]
Materia orgánica	30.00	50.70	47.20	37.30	48.80	60.00	61.56	68.90
Papel y cartón	17.00	24.20	19.00	27.30	18.70	19.70	17.20	12.30
Plásticos	0.90	0.70	1.90	4.20	4.30	1.90	4.30	9.60
Metales	5.01	7.00	6.70	6.00	3.80	6.00	5.30	1.60
Vidrio	3.50	1.90	5.60	3.70	5.10	4.10	3.09	4.60
Textiles	0.60	4.70	3.40	6.90	4.90	4.91	3.94	3.00
Maderas	5.00	3.60	3.70	2.40	1.80	1.15	1.00	-
Gomas	-	0.40	1.00	0.30	1.20	-	-	-
Hueso	-	0.50	0.70	0.60	1.10	0.09	-	-
Escombro	-	5.50	9.20	9.80	8.40	0.67	-	-
Cuero	-	0.80	1.60	1.50	1.90	0.80	-	-
Otros materiales inorgánicos	8.49	-	-	-	-	0.68	3.61	-
Otros	29.50	-	-	-	-	-	-	-
Total	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET a partir de: 1-López (2011) con base en el Ministerio de Salud Pública; 2-López *et al*. (2004) con base en la Organización Panamericana de la Salud; 3- López *et al*. (2004) con base en la Subdirección de Planificación y Servicios Comunales; 4- López (2011) con base en la Oficina Nacional de Estadística y la Asociación de Medio Ambiente; 5- Organización de Naciones Unidas, Cuadro R4: Composición de desechos municipales (ONU, 2022)

En el cálculo se consideraron valores separados para el carbono orgánico degradable (*DOC*) y la constante de tasa de generación de CH_4 (k) para cada tipo de desecho, por lo que se asume que la descomposición de los diferentes tipos de material es independiente una de otra. La Tabla 7.8 muestra los datos paramétricos por defecto para una zona climática tropical húmeda empleados en el cálculo. El valor por defecto para la fracción de *DOC* que se descompone (DOC_f) corresponde a 0.5 y el factor de oxidación es 0.

Tabla 7. 8. Datos paramétricos para la zona climática tropical húmeda (5.A)

Tipo de desecho	DOC	k
Alimento	0.150	0.400
Papel	0.400	0.070
Madera	0.430	0.035
Textiles	0.240	0.070

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET con base en el modelo FOD del IPCC (2006)

Factor de corrección del metano (MCF)

Las prácticas de eliminación de desechos varían respecto del control, la disposición de los desechos y la gestión del sitio. El factor de corrección del CH_4 (MCF) varía en dependencia de las prácticas de manejo de los desechos. El MCF da cuenta del hecho de que, a partir de una cantidad dada de desechos, los SDDS no gestionados producen menos CH_4 que los SDDS anaeróbicos gestionados. Los SDDS pueden clasificarse según el IPCC (2006) en:

- Sitios anaeróbicos gestionados de eliminación de desechos sólidos: Deben implementar la colocación controlada de los desechos (o sea: los desechos son dirigidos a áreas específicas de deposición donde se ejerce un cierto control sobre la recuperación informal de residuos reciclables y la quema de basuras) e incluir por lo menos uno de los siguientes elementos: (i) material protector de la cubierta; (ii) compactación mecánica o (iii) nivelación de los desechos. Con un MCF de 1.

- Sitios semi-aeróbicos gestionados de eliminación de desechos sólidos: deben garantizar la ubicación controlada de los desechos e incluir todas las estructuras siguientes para introducir aire en las capas de desechos: (i) material de la cubierta permeable; (ii) sistema de drenaje para la lixiviación; (iii) estanques de regulación y (iv) sistema de ventilación de gases. Con un MCF de 0.5.

- Sitios no gestionados de eliminación de desechos sólidos - profundos y/o con capa freática elevada: Todos los SDDS que no cumplen con los criterios de los SDDS gestionados y que tienen profundidades mayores o iguales a 5 metros y/o una capa freática elevada cercana al nivel del suelo. La última situación corresponde al llenado con desechos de un terreno con aguas fluviales, como un estanque, río o humedal. Con un MCF de 0.8.

- Sitios no gestionados poco profundos de eliminación de desechos sólidos: todos los SDDS que no cumplen con los criterios de los SDDS gestionados y que tienen profundidades de menos de 5 metros. Con un MCF de 0.4.

- Sitios no categorizados de eliminación de desechos sólidos: Sólo si los países no pueden categorizar sus SDDS dentro de las cuatro anteriores categorías de SDDS gestionados y no gestionados pueden emplear el MCF para esta categoría. Con un MCF de 0.6.

Los SDDS de Cuba fueron clasificados como Sitio no categorizado, con un MCF de 0.6 según la definición del IPCC. Debido a la falta de información sobre las condiciones operativas particulares del manejo de los desechos en los vertederos a lo largo de la serie temporal 1950-2022 (Tabla 7.9).

Tabla 7. 9. Factores de corrección de metano (MCF) por tipo de SDDS (5.A)

Clasificación del IPCC para los SDDS	Clasificación empleada en Cuba	MCF
No categorizado	Vertedero convencional	0.6
	Relleno sanitario manual	
	Vertedero a cielo abierto	

Fuente: Equipo Técnico del INGEI

7.2.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

7.2.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

La incertidumbre combinada de la categoría es de ±46.91%. No se cuenta con información nacional de incertidumbre, por lo que se emplearon los valores recomendados en el Volumen 5, Capítulo 3 de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.5; página 3.29). Se concluye que la mayor fuente de incertidumbre corresponde al uso de factores por defecto (Tabla 7.10).

Tabla 7. 10. Resumen incertidumbre combinada de las estimaciones de la Disposición en tierra de desechos sólidos (5.A). Serie 1990-2022

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
5.A.3. Sitios no categorizados	CH_4	30.00	30.00	36.06	36.06	46.91	46.91
	CH_4						

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1950-2022 se usaron los mismos factores de emisión. Como los datos de actividad provenían de distintas fuentes fueron consultados con expertos del sector. Además, se compararon con datos reportados por el IPCC y datos reportados por otros países. La principal fuente de datos fueron los Inventarios Nacionales de GEI (INGEI) anteriores, publicaciones científicas y la ONEI.

7.2.5. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la categoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico del INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (NIR) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el NIR.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial de la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la categoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI.

Verificación

No se realizaron actividades de verificación

7.2.6. Recálculos

Durante el presente proceso de actualización se realizaron cambios en los datos de actividad:

- Se escogió la zona climática tropical húmeda, por considerar que refleja en mayor grado la condición de clima cálido tropical con estación lluviosa en el verano existente en el país. En el INGEI anterior (serie 1990-2016) se utilizó la zona climática húmeda templada.

- Se utilizó el MCF para Sitios de disposición no categorizados de 0.6. En el INGEI anterior (serie 1990-2016) se utilizaron los valores de MCF de 1 y 0.4 para los SDDS.

- Se rectificó la serie de DSM dispuestos en vertederos y su composición, ya que se encontraron errores en el INGEI anterior (serie 1990-2016). La nueva serie fue rectificada con datos de la ONEI y verificada con datos publicados de Cuba en el cuestionario 2022, Estadísticas Ambientales, sección Desechos (ONU, 2022).

La Tabla 7.11 muestra la variación de las emisiones de la categoría respecto al INGEI anterior. Las diferencias principales se debieron a mejoras en la obtención de los datos de actividad.

Tabla 7. 11. Comparación entre emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) del INGEI de 2016 (serie 1990-2016) y el INGEI de 2022 (serie 1990-2022) (5.A)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2022
BUR 2016	2074.80	2004.80	2049.30	2475.20	2788.35	3194.80	3259.20	-	-
NIR 2022	2757.76	2675.30	2809.35	3228.62	3571.20	3814.39	3831.44	4323.84	4248.03
diferencia	682.96	670.50	760.04	753.42	782.85	619.59	572.24	-	-
%	33%	33%	37%	30%	28%	19%	18%	-	-

Fuente: Equipo Técnico de Desechos

Para el período 1990-2022 las emisiones aumentaron en torno a un 31.06% de kt de CO_2-eq anuales respecto a la serie 1990-2016 (Figura 7.5). Este incremento se debió en su mayoría al uso de un MCF más elevado.

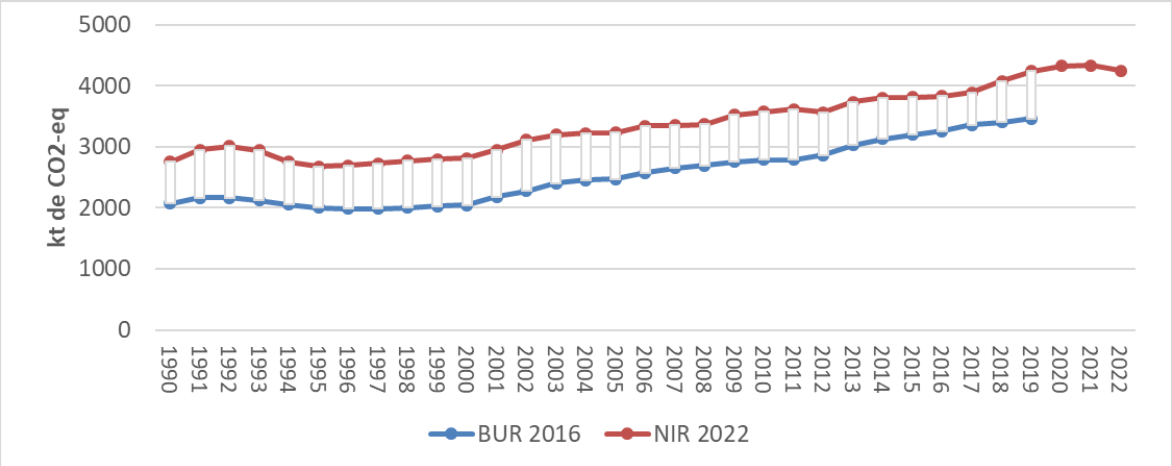


Figura 7. 5. Comparación entre las emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) del INGEI de 2016 (serie 1990-2016) y el INGEI de 2022 (serie 1990-2022) (5.A). Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

7.2.7. Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por Equipo Técnico en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Adquirir información detallada del manejo en los SDDS que existen en el país desde el año 1950 así como información sobre la disposición de DSM en zonas rurales.
- Mejorar los datos de la composición de DSM eliminados en sitios de disposición final.
- Obtener información desagregada sobre la cantidad y composición de los residuos sólidos industriales eliminados en SDDS.
- Aplicar el refinamiento de la metodología de estimación para CH_4 del Refinamiento de las Directrices del IPCC 2019.
- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: óxidos de nitrógeno (NO_x), y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) en esta categoría.

7.3. Tratamiento biológico de desechos sólidos (5.B)

7.3.1. Descripción de la categoría

El tratamiento biológico de los desechos sólidos puede llevarse a cabo mediante la fabricación de abono orgánico (*compost*), la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos o el tratamiento mecánico biológico. Esta práctica reduce el volumen de los materiales, favorece la estabilización de los desechos y destruye los agentes patógenos que existen en el material de desechos. Los productos finales pueden reciclarse, según su calidad, como fertilizantes o depositarse en un SDDS.

En Cuba desde 2002 entró en vigor la Norma Cuba NC 134:2002 “Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales” que establece las pautas para el tratamiento biológico de los desechos sólidos, mediante la práctica del compostaje. Esta práctica contribuye a la utilización de mejores métodos de disposición final y permite la elaboración de abonos orgánicos que se reutilizan en la siembra de diferentes especies ornamentales. Los desechos se manejan mediante un proceso aeróbico para fomentar la descomposición por lo que la mayor parte del carbono orgánico degradable de los residuos se convierte en CO_2. Este CO_2 es de origen biogénico por lo que no se contabiliza en las emisiones totales del sector Desechos. En las bolsas anaeróbicas del compost se forman además CH_4 y N_2O.

La digestión anaeróbica de desechos no es una práctica utilizada en Cuba. Existen evidencias de una instalación experimental concebida como una experiencia demostrativa cuya principal meta fue la capacitación de personal y la transferencia de tecnologías a través de un proyecto internacional en el 2007. No obstante, no se cuenta con información sobre la existencia de la actividad a nivel industrial.

El Equipo técnico del Inventario, no dispuso de información sobre la ocurrencia de la preparación de *compost* en el país utilizando DSM antes del año 2002 (López, 2011). Dado lo cual, para el período 1990-2001 se reportó esta categoría como No Ocurre (NO). Las emisiones de CH_4 y N_2O son típicamente bajas. De ahí, que la categoría Tratamiento biológico de desechos sólidos (5.B) representó solo el 0.66% de las emisiones de GEI del sector Desechos. En 2022 las emisiones contabilizaron un total de 41.79 kt de CO_2-eq. Este valor representó una disminución del 12.95% respecto al año de inicio de la actividad, 2002 y de 34.69% respecto a 2016 (Tabla 7.12).

Tabla 7. 12. Emisiones de GEI (kt) procedentes del Tratamiento biológico de desechos sólidos (5.B). Serie 2002-2022

Año	Compostaje				5.B. Tratamiento biológico (kt de CO_2-eq)
	kt de CH_4	kt de CO_2-eq	kt de N_2O	kt de CO_2-eq	
1990	NO	NO	NO	NO	NO
1991	NO	NO	NO	NO	NO
1992	NO	NO	NO	NO	NO
1993	NO	NO	NO	NO	NO
1994	NO	NO	NO	NO	NO
1995	NO	NO	NO	NO	NO
1996	NO	NO	NO	NO	NO
1997	NO	NO	NO	NO	NO
1998	NO	NO	NO	NO	NO
1999	NO	NO	NO	NO	NO
2000	NO	NO	NO	NO	NO
2001	NO	NO	NO	NO	NO
2002	1.09	30.62	0.07	17.39	48.01
2003	0.94	26.31	0.06	14.94	41.25
2004	1.03	28.90	0.06	16.41	45.30
2005	0.85	23.74	0.05	13.48	37.23
2006	1.19	33.34	0.07	18.93	52.28
2007	1.24	34.85	0.07	19.79	54.65
2008	1.35	37.87	0.08	21.50	59.37
2009	0.83	23.30	0.05	13.23	36.52
2010	0.81	22.80	0.05	12.95	35.75
2011	0.80	22.28	0.05	12.65	34.93
2012	0.79	22.15	0.05	12.58	34.73
2013	0.76	21.22	0.05	12.05	33.28
2014	0.71	19.79	0.04	11.24	31.03
2015	0.71	19.85	0.04	11.27	31.12
2016	1.46	40.81	0.09	23.18	63.99
2017	1.29	36.23	0.08	20.57	56.81
2018	1.16	32.60	0.07	18.51	51.12
2019	0.69	19.38	0.04	11.00	30.38
2020	0.82	23.02	0.05	13.07	36.09
2021	0.74	20.83	0.04	11.83	32.66
2022	0.95	26.66	0.06	15.14	41.79

NO: No ocurre. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

En la Figura 7.6 se observa el comportamiento de las emisiones de GEI de la categoría 5.B Tratamiento biológico. Las variaciones en la tendencia se vieron afectadas en mayor grado por la variación del total de desechos sólidos tratados biológicamente cada año en el país. Las emisiones más altas se registraron en 2008, 2016, 2020 y 2021, coincidiendo con los mayores valores anuales de desechos tratados biológicamente. Aun así, el valor máximo no superó las 65 kt de CO_2-eq.

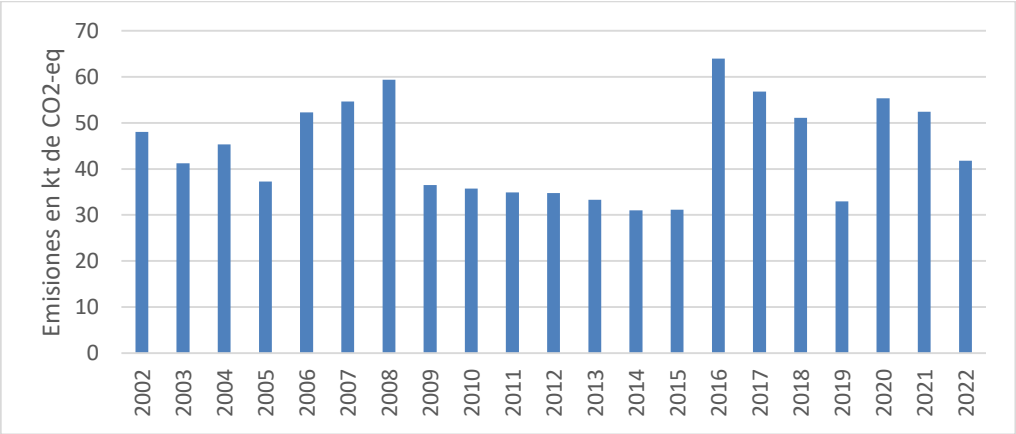


Figura 7. 6. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) procedentes del Tratamiento Biológico de desechos sólidos (5.B). Serie 2000-2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

7.3.2. Aspectos metodológicos

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 5, Capítulo 4, Directrices del IPCC de 2006. Fueron calculadas las emisiones de CH_4 y N_2O procedentes de la preparación de abono orgánico (compostaje).

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La variable de actividad empleada en el cálculo de las emisiones de GEI fue la masa de los desechos orgánicos que fueron sometidos a tratamiento biológico durante cada año. Las emisiones de metano se calcularon mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 7.1. Emisiones de CH_4 provenientes del tratamiento biológico (5.B)

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R$$

Fuente: Ecuación 4.1, Capítulo 4, Volumen 5, página 4.5, *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- M_i = masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i, kt
- EF_i = factor de emisión del tratamiento i, g de CH_4/ kg de desecho tratado
- R = cantidad total de CH_4 recuperado durante el año del inventario, kt de CH_4

Las emisiones de N_2O se calcularon mediante la ecuación:

Ecuación 7.2. Emisiones de N_2O provenientes del tratamiento biológico (5.B)

$$Emisiones\ de\ N_2O = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3}$$

Fuente: Ecuación 4.2, Capítulo 4, Volumen 5, página 4.6, *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- M_i = masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i, kt
- EF_i = factor de emisión del tratamiento i, g de CH_4/ kg de desecho tratado

La masa de los desechos orgánicos sometidos a tratamiento biológico (Tabla 7.13) se obtuvo de las estadísticas nacionales complementarias de la ONEI. Este dato de actividad deriva del total de desechos sólidos municipales gestionados en el país, no incluye la preparación de abono orgánico doméstico. La masa de los desechos corresponde al peso húmedo, asumiendo un contenido de humedad del 60% de conformidad con el supuesto de las Directrices del IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 4, cuadro 4.1. El total de desechos tratados biológicamente se vio afectado por las coyunturas económicas y las condiciones a las que se ha visto sometido el país en cada año del inventario.

Tabla 7. 13. Masa de los desechos orgánicos sometidos a tratamiento biológico en Cuba (5.B). Serie 2002-2022

Año	Masa de desechos orgánicos sometidos a tratamiento biológico (kt)
2002	273.40
2003	234.90
2004	258.00
2005	212.00
2006	297.70
2007	311.20
2008	338.10
2009	208.00
2010	203.56
2011	198.90
2012	197.80
2013	189.50
2014	176.70
2015	177.20
2016	364.40
2017	323.50
2018	291.10
2019	173.00
2020	205.50
2021	186.00
2022	238.00

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET con base en la ONEI (2023)

Factores de emisión

Los factores de emisión se tomaron por defecto, de acuerdo al tipo de tratamiento y sobre la base del peso húmedo. Los valores empleados para el metano y el óxido nitroso fueron: 4 g de CH_4/kg de desechos tratado y 0.24 g de N_2O/kg de desechos tratado respectivamente (Tabla 4.1, Capítulo 4, Volumen 5, página 4.7, Directrices IPCC, 2006).

7.3.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

7.3.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

La incertidumbre combinada de la categoría es de -103.68% y +104.40% para las emisiones de CH_4 y de -80.78% y +152.97% para las emisiones de N_2O. No se cuenta con información nacional de la incertidumbre del dato de actividad por lo que se utilizó el valor recomendado en el Volumen 5, Capítulo 3 de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 3.5; página 3.29). Para el factor de emisión se emplearon los valores recomendados en el Volumen 5, Capítulo 4 de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 4,1; página 4.7). Se concluye que la mayor fuente de incertidumbre en la categoría corresponde al uso de factores de emisión por defecto (Tabla 7.14).

Tabla 7. 14. Resumen incertidumbre combinada de las estimaciones del Tratamiento biológico de desechos sólidos (5.B). Serie 2002-2022

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
5.B. Tratamiento biológico de desechos sólidos	CH_4	30.00	30.00	99.25	100.00	103.68	104.40
	N_2O	30.00	30.00	75.00	150.00	80.78	152.97

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Para mantener la consistencia de la serie temporal 2002-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad. La principal fuente de datos fue la ONEI.

7.3.5. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico de Desechos. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (NIR) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el NIR.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial de la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI.

Verificación

No se realizaron actividades de verificación

7.3.6. Recálculo

No se realizaron nuevos cálculos debido a que en el INGEI anterior (serie 1990-2016) no se estimaron las emisiones de esta categoría.

7.3.7. Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico del INGEI en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Adquirir información detallada sobre la frecuencia y la cobertura de la recopilación de desechos orgánicos para la preparación de compost. Así como información sobre los tipos de desecho que se utilizan en la preparación de abono.

7.4. Incineración e Incineración abierta de desechos (5.C)

7.4.1. Descripción de la categoría

La incineración y la incineración abierta de desechos son como otros tipos de combustión, fuentes de emisiones de GEI. Los gases emitidos incluyen el CO_2, el CH_4 y el N_2O. Las emisiones de CO_2 provenientes de la incineración de desechos son en general más significativas que las emisiones de CH_4 y N_2O.

Las emisiones procedentes de la incineración sin recuperación de energía se declaran en el sector Desechos, mientras que las emisiones debidas a la incineración con recuperación de energía se declaran en el sector Energía, ambas con la distinción entre emisiones de CO_2 fósil y biogénico.

En la categoría se incluyen las subcategorías siguientes:

- 5.C.1. Incineración de desechos
- 5.C.2. Incineración abierta de desechos

La incineración se define como la combustión de los desechos sólidos y líquidos en instalaciones de incineración controladas. Los incineradores modernos poseen grandes chimeneas y cámaras de combustión que producen altas temperaturas, tiempos largos de residencia y agitación eficiente de los desechos al tiempo que introducen aire para una combustión más completa. Los desechos incinerados incluyen los DSM, desechos industriales, desechos peligrosos, desechos hospitalarios y lodos de aguas residuales.

La incineración abierta de desechos puede definirse como la combustión de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, desechos de aceites y otros residuos al aire libre o en vertederos abiertos, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea o columna. La incineración abierta también puede incluir dispositivos de incineración que no controlan el aire de combustión para mantener una temperatura adecuada y no garantizan el tiempo de residencia necesario para una combustión completa.

En el contexto nacional la generación de desechos peligrosos sobrepasa las 100000 toneladas anuales, siendo las mayores cantidades las correspondientes a residuos de mezclas de hidrocarburos y aguas, que incluye los aceites usados y los residuos de ácidos y bases empleados en procesos productivos (Álvarez, 2005). El manejo adecuado de estos desechos representa un verdadero desafío, requiriéndose disponer de recursos financieros para crear capacidades y adquirir tecnologías.

La co-combustión de fracciones específicas de los desechos junto con otros combustibles no se incluyen en este módulo, debe abordarse en el sector Energía, de acuerdo a las Directrices de 2006. Esto representa un aspecto a incorporar en los próximos INGEI. En Cuba los desechos peligrosos de aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados; y mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua, en ocasiones se emplean junto con combustibles fósiles, en plantas industriales diferentes de las plantas de incineración.

Por esta razón no fueron calculadas las emisiones de desechos fósiles líquidos en este sector. Las toneladas de estas mezclas de hidrocarburos, aceites y agua se informan bajo la categoría de desechos peligrosos incinerados con recuperación de energía en los datos publicados de Cuba en el cuestionario internacional de las estadísticas ambientales, sección Desechos, Cuadro R2: Gestión de desechos peligrosos (Organización de Naciones Unidas, 2022).

De acuerdo a la información recolectada por el Equipo Técnico del INGEI, una pequeña fracción de los desechos peligrosos generados en el país son exportados, y el resto son tratados o eliminados de forma adecuada (aproximadamente el 79%). Una de las técnicas de manejo es la incineración de los desechos hospitalarios sin recuperación de energía (Figura 7.7).

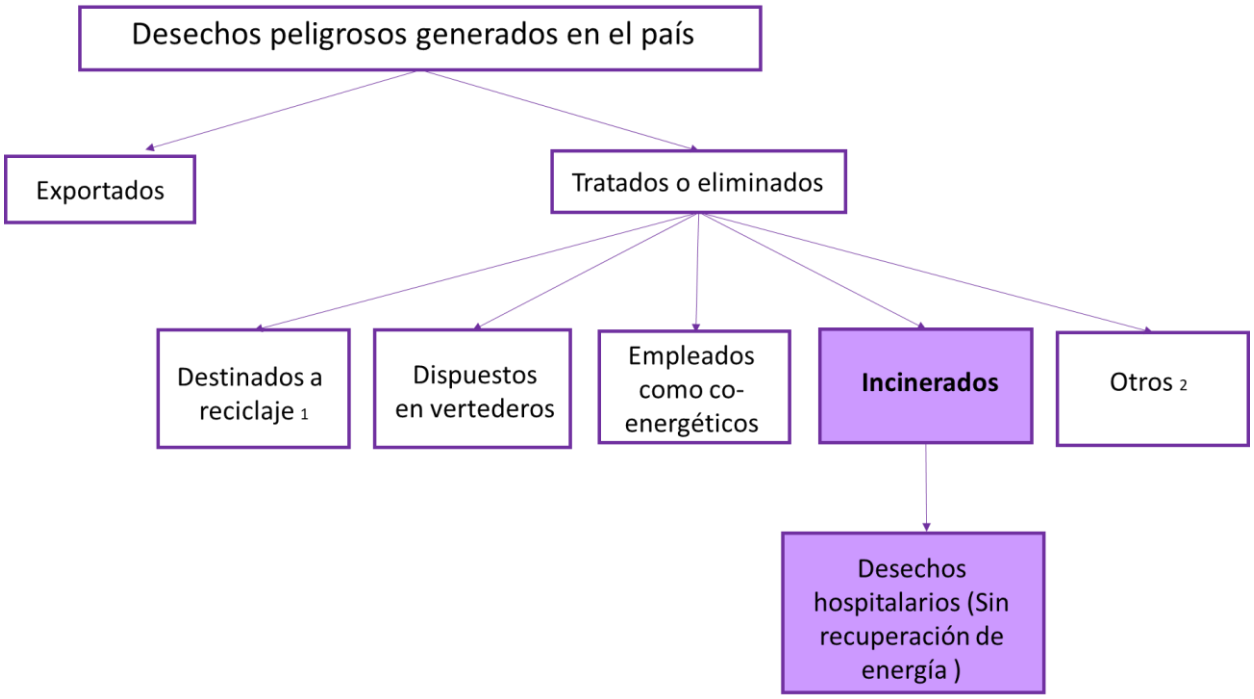


Figura 7.7. Manejo de desechos peligrosos generados en Cuba (5.C)

Nota: Las emisiones correspondientes a los recuadros en color se calcularon en este informe. 1-Cualquier actividad de reelaboración de un material desechado en un proceso productivo que desvía a dicho material del proceso de desecho, salvo para volver a utilizarlo como combustible. 2-Cualquier tratamiento o eliminación final de desechos que no se reciclen, incineren o descarguen en vertederos. Por ejemplo, el tratamiento físico/químico, la descarga en extensiones de agua y los depósitos permanentes. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

En Cuba existe el Decreto Ley No. 141 del Consejo de Ministros que, en su sección sexta, Régimen de protección contra incendios, artículo 6, prohíbe la quema de desechos de forma no controlada, por lo que no se cuenta con registros sobre incineraciones a cielo abierto. También ocurren incendios no intencionales en los SDDS los cuales fueron contabilizados en este informe.

En 2022 las emisiones de la categoría Incineración e incineración abierta de desechos (5.C) contabilizaron un total de 86.45 kt de CO_2-eq. Este valor representa un aumento de 45.58% respecto al año 1990 y de 1.05% respecto a 2016 (Tabla 7.15).

Tabla 7. 15. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) procedentes de la Incineración e incineración abierta de desechos (5.C). Serie 1990-2022

Año	5.C.1. Incineración de desechos	5.C.2 Incineración abierta de desechos	5.C. Incineración e incineración abierta de desechos
1990	NE	59.39	59.39
1991	NE	52.00	52.00
1992	NE	42.60	42.60

Año	5.C.1. Incineración de desechos	5.C.2 Incineración abierta de desechos	5.C. Incineración e incineración abierta de desechos
1993	NE	31.21	31.21
1994	NE	35.71	35.71
1995	NE	41.56	41.56
1996	NE	44.18	44.18
1997	NE	44.76	44.76
1998	NE	45.03	45.03
1999	NE	45.07	45.07
2000	6.01	42.18	48.19
2001	NE	46.12	46.12
2002	6.15	51.05	57.20
2003	NE	48.30	48.30
2004	NE	48.05	48.05
2005	NE	67.98	67.98
2006	NE	63.24	63.24
2007	NE	64.98	64.98
2008	NE	78.11	78.11
2009	NE	73.55	73.55
2010	1.26	74.71	75.97
2011	1.88	67.67	69.56
2012	2.94	87.24	90.18
2013	1.88	82.72	84.60
2014	1.12	79.64	80.75
2015	5.89	80.64	86.53
2016	0.62	84.94	85.56
2017	1.42	98.09	99.51
2018	0.82	101.14	101.96
2019	1.77	98.81	100.58
2020	4.03	93.95	97.98
2021	0.61	85.75	86.36
2022	0.73	85.73	86.45

NE: No estimado (por ser insignificante). Fuente: Equipo Técnico del INGI, INSMET

En la Figura 7.8 se observa el comportamiento de las emisiones de GEI de la categoría 5.C. Las variaciones en la tendencia se vieron afectadas en mayor grado por la composición de los DSM quemados por incendios accidentales en los SDDS cada año en el país. La magnitud de los desechos clínicos incinerados propició que las emisiones procedentes de la subcategoría 5.C.1 fueran casi nulas. En el año base de la serie el 100% de las emisiones correspondían a la subcategoría 5.C.2 Incineración abierta de desechos. En 2022 la subcategoría aun contabilizaba el 99.16% de las emisiones.

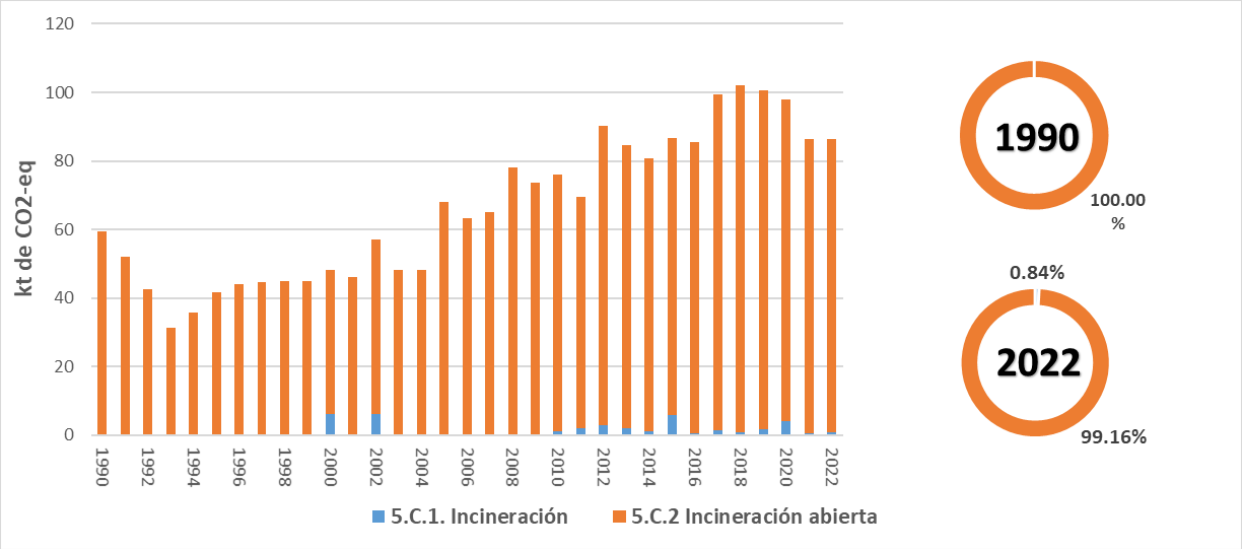


Figura 7. 8. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) por subcategoría procedentes de la Incineración e incineración abierta de desechos (5.C). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo Técnico del INGI, INSMET

7.4.2. Incineración de desechos (5.C.1)

7.4.2.1. Descripción de la subcategoría

La incineración de desechos hospitalarios constituye una práctica de manejo en el ámbito nacional. A pesar de que las capacidades de incineración estuvieron muy deprimidas durante los años 90, como consecuencia de la falta de mantenimiento y las limitaciones de recursos materiales y financieros para garantizar su correcto funcionamiento y operación. En realidad, se considera que durante el período especial los incineradores disponibles en los hospitales del país no satisfacían los parámetros requeridos para esta actividad, entre estos que no alcanzaban las temperaturas requeridas. Por tal razón, se preparó e instrumentó un plan de inversiones con vistas al establecimiento de nuevas plantas de incineración para la eliminación de los desechos clínicos.

Las emisiones de GEI derivadas de la incineración de los desechos clínicos tuvieron un aporte insignificante (0.01%) a las emisiones en el sector Desechos y en general en las emisiones totales del país (0.0016%). En este informe se contabilizaron las emisiones de CO_2 fósil correspondiente a la serie 2010-2022, posterior a la puesta en marcha de las nuevas plantas de incineración de desechos hospitalarios. En 2022 las emisiones de la subcategoría contabilizaron un total de 0.73 kt de CO_2-eq, valor que representa una disminución de 42.31% respecto a 2010 y un aumento de 17.79% respecto a 2016 (Tabla 7.16).

El equipo técnico pudo además recopilar la cantidad de desechos hospitalarios que fueron incinerados en el ámbito nacional durante los años 2000 y 2002, donde se alcanzaron las cifras de 10502.00 y 10758.02 t respectivamente. Las emisiones de CO_2 de esta categoría también fueron insignificantes para esos años según López *et al*. (2009b). De ahí que, para los años faltantes de datos de la serie se reportó esta categoría como No Estimada (NE) por estar la actividad de incineración muy deprimida y por ser insignificante las emisiones de CO_2. Destacar que en el monto total del sector se incluyeron las emisiones de CO_2 de los años 2000 y 2002 (6.01 y 6.15 kt respectivamente, valores que representan el 0.01% de las emisiones brutas del país en cada año correspondiente).

Tabla 7. 16. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) procedentes de la Incineración de desechos. Serie 2010-2022

Año	5.C.1. Incineración de desechos
2010	1.26
2011	1.88
2012	2.94
2013	1.88
2014	1.12
2015	5.89
2016	0.62
2017	1.42
2018	0.82
2019	1.77
2020	4.03
2021	0.61
2022	0.73

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

7.4.2.2. Aspectos metodológicos

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 2a y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 5, Capítulo 5, Directrices del IPCC de 2006. Solo se estimaron las emisiones de CO_2 fósil ya que para el cálculo de las emisiones de metano y óxido nitroso se requiere contar con la información del tipo de incinerador y las características técnicas del proceso de incineración.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

El cálculo de las emisiones de CO_2 se basa en una estimación de la cantidad de desechos incinerados tomando en cuenta el contenido de materia seca, el contenido de carbono total, la fracción de carbono fósil y el factor de oxidación. Para su determinación se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 7.3. Estimación de las emisiones de CO_2 basadas en la composición de desechos quemados (5.C.1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (SW_i \cdot dm_i \cdot CF_i \cdot FCF_i \cdot OF_i) \cdot {}^{44}/_{12}}$$

Fuente: Ecuación 5.1, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.7, *Directrices IPCC de 2006*

Dónde:

- $\boldsymbol{SW_i}$ = cantidad total de desechos sólidos de tipo i (peso húmedo) incinerados, kt/año
- $\boldsymbol{dm_i}$ = contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados, (fracción)
- $\boldsymbol{CF_i}$ = fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)
- $\boldsymbol{FCF_i}$ = fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)
- $\boldsymbol{OF_i}$ = factor de oxidación, (fracción)
- ${}^{\boldsymbol{44}}/_{\boldsymbol{12}}$ = factor de conversión de C en CO_2
- $\boldsymbol{i}$ = tipo de desecho incinerado (CW - desechos hospitalarios)

El dato de actividad (SW_{CW}) fue tomado de los datos publicados de Cuba en el cuestionario internacional de estadísticas ambientales, sección Desechos (ONU,2022), Cuadro R2: Gestión de desechos peligrosos, serie de 2010-2021. De la diferencia entre la cantidad total de desechos incinerados en el país y la cantidad total de desechos incinerados que se utilizan en procesos de

co-combustión. Además, se utilizó el reporte del ODS 12.4.2.1. para el período 2015-2022 (Tabla 7.17). Estos valores corresponden al peso húmedo.

Tabla 7. 17. Cantidad total de desechos hospitalarios incinerados en Cuba (5.C.1). Serie 2010-2022

Año	Desechos hospitalarios incinerados (kt)
2010	2.203
2011	3.292
2012	5.139
2013	3.291
2014	1.953
2015	1.954
2016	1.025
2017	2.482
2018	1.429
2019	3.092
2020	7.046
2021	1.069
2022	1.271

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Factores de emisión

En general es más práctico estimar las emisiones de CO_2 provenientes de la incineración de desechos mediante cálculos basados en el contenido de carbono de los desechos, en vez de medir la concentración de CO_2. A continuación, se muestran los valores por defecto empleados para los parámetros relacionados con los factores de emisión.

- Contenido de materia seca en los desechos hospitalarios incinerados (peso húmedo): $\boldsymbol{dm_{CW} = 0.65}$ (Tabla 2.6, Capítulo 2, Volumen 5, página 2.17, Directrices IPCC, 2006).
- Fracción de carbono en la materia seca para los desechos hospitalarios: $\boldsymbol{CF_{CW} = 0.60}$ (Tabla 5.2, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.18, Directrices IPCC, 2006).
- Fracción de carbono fósil en el carbono total para los desechos hospitalarios: $\boldsymbol{FCF_{CW} = 0.40}$ (Tabla 5.2, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.18, Directrices IPCC, 2006).
- Factor de oxidación para los desechos hospitalarios: $\boldsymbol{OF_{CW} = 1}$ (Tabla 5.2, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.20, Directrices IPCC, 2006).

7.4.2.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

7.4.2.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±41.23%. No se cuenta con información nacional de incertidumbre para los datos de actividad y paramétricos. Se emplearon los valores por defecto recomendados en el Volumen 5, Capítulo 3 de las *Directrices del IPCC de 2006* para los datos de actividad (Cuadro 3.5página 3.29) y el Capítulo 5 para los parámetros de emisión (Sección 5.7.1; página 5.25). Se concluye que la mayor fuente de incertidumbre en la categoría corresponde al uso de datos por defecto (Tabla 7.18).

Tabla 7. 18. Resumen incertidumbre combinada de las estimaciones de la Incineración de desechos (5.C.1). Serie 20010-2022

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
5.C.1. Incineración de desechos	CO_2	10.00	10.00	40.00	40.00	41.23	41.23

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Para mantener la consistencia de la serie temporal 20010-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad. La principal fuente de datos fue la ONEI.

7.4.2.5. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico del INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (NIR) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el NIR.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial de la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI.

Verificación

No se realizaron actividades de verificación

7.4.2.6. Recálculos

No se realizaron nuevos cálculos debido a que en el INGEI anterior (serie 2016-2022) no se estimaron las emisiones de esta categoría.

7.4.2.7. Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico del INGEI en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Obtener información detallada del tipo de incinerador y las características técnicas del proceso de incineración para estimar las emisiones de CH_4 y N_2O.

7.4.3. Incineración abierta de desechos (5.C.2)

7.4.3.1. Descripción de la subcategoría

En Cuba el manejo de residuos sólidos por medio de quema (o incineración abierta) es una actividad que se encuentra prohibida. Sin embargo, en el contexto rural se puede presentar por no tener acceso al servicio de recolección de desechos o por aspectos propios de la cultura de los habitantes. Aún, así no se cuenta con datos cuantitativos o con una tasa de generación de desechos en zonas rurales que permita estimar un total de desechos quemados al aire libre. En este informe se calcularon las emisiones de GEI procedentes de la incineración no intencional de DSM en los SDDS.

En 2022 las emisiones contabilizaron un total de 85.73 kt de CO_2-eq. Este valor representa un aumento del 44.36% respecto al año 1990 y del 0.92% respecto a 2016 (Tabla 7.19).

Tabla 7. 19. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) procedentes de la Incineración abierta de desechos (5.C.2). Serie 1990-2022

Año	Emisiones de CO_2 (kt de CO_2)	Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		Emisiones totales (kt de CO_2-eq)
		(kt de CH_4)	(kt de CO_2-eq)	(kt de N_2O)	(kt de CO_2-eq)	
1990	17.12	1.32	36.93	0.02	5.34	59.39
1991	14.99	1.15	32.34	0.02	4.67	52.00
1992	12.28	0.95	26.49	0.01	3.83	42.60
1993	8.99	0.69	19.41	0.01	2.80	31.21
1994	10.29	0.79	22.21	0.01	3.21	35.71
1995	11.98	0.92	25.85	0.01	3.73	41.56
1996	12.73	0.98	27.48	0.01	3.97	44.18
1997	12.90	0.99	27.84	0.02	4.02	44.76
1998	12.98	1.00	28.00	0.02	4.05	45.03
1999	12.99	1.00	28.03	0.02	4.05	45.07
2000	6.94	1.11	31.12	0.02	4.12	42.18
2001	7.59	1.22	34.03	0.02	4.50	46.12
2002	13.67	1.18	33.05	0.02	4.33	51.05
2003	12.93	1.12	31.27	0.02	4.10	48.30
2004	12.87	1.11	31.11	0.02	4.08	48.05
2005	29.65	1.22	34.10	0.02	4.23	67.98
2006	27.58	1.13	31.72	0.01	3.94	63.24
2007	28.34	1.16	32.60	0.02	4.05	64.98
2008	34.07	1.40	39.18	0.02	4.86	78.11
2009	32.08	1.32	36.90	0.02	4.58	73.55
2010	32.58	1.34	37.48	0.02	4.65	74.71
2011	29.51	1.21	33.95	0.02	4.21	67.67
2012	38.05	1.56	43.76	0.02	5.43	87.24
2013	36.08	1.48	41.50	0.02	5.15	82.72
2014	34.73	1.43	39.95	0.02	4.96	79.64
2015	35.17	1.44	40.45	0.02	5.02	80.64
2016	37.04	1.52	42.61	0.02	5.29	84.94
2017	42.78	1.76	49.21	0.02	6.11	98.09
2018	44.11	1.81	50.73	0.02	6.30	101.14
2019	43.09	1.77	49.57	0.02	6.15	98.81
2020	40.97	1.68	47.13	0.02	5.85	93.95
2021	37.40	1.54	43.02	0.02	5.34	85.75
2022	37.39	1.54	43.00	0.02	5.34	85.73

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

7.4.3.2. Aspectos metodológicos

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 2a para CO_2 fósil y de Nivel 1 para CH_4 y N_2O, y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 5, Capítulo 5, Directrices del IPCC de 2006. Se estimaron las emisiones de CO_2 procedentes de la incineración abierta de desechos de textiles, plásticos, cauchos y cueros. Las emisiones de

CH_4 y óxido nitroso (N_2O) se calcularon a partir de la masa total de los DSM quemados por incendios accidentales en los SDDS.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

El dato de actividad fue el 5% de los DSM depositados en los SDDS, que se queman por los incendios espontáneos que pueden ocurrir según la ORSA. (Tabla 7.20).

Tabla 7. 20. Desechos dispuestos en SDDS y fracción que se quema por incineración abierta sobre la base del peso húmedo (5.C.2)

Año	Desechos dispuestos en SDDS (kt)	Desechos quemados por incineración abierta (kt)
1990	4058.66	202.93
1991	3553.73	177.69
1992	2911.52	145.58
1993	2132.78	106.64
1994	2440.75	122.04
1995	2840.24	142.01
1996	3019.25	150.96
1997	3058.96	152.95
1998	3077.21	153.86
1999	3080.50	154.02
2000	3419.70	170.99
2001	3739.90	187.00
2002	3631.60	181.58
2003	3435.80	171.79
2004	3418.20	170.91
2005	3747.60	187.38
2006	3485.90	174.29
2007	3582.00	179.10
2008	4306.00	215.30
2009	4054.40	202.72
2010	4118.60	205.93
2011	3730.50	186.53
2012	4809.30	240.46
2013	4560.00	228.00
2014	4389.90	219.49
2015	4445.40	222.27
2016	4682.40	234.12
2017	5407.30	270.36
2018	5575.20	278.76
2019	5447.00	272.35
2020	5179.00	258.95
2021	4727.00	236.35
2022	4725.70	236.29

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

El cálculo de las emisiones de CO_2 fósil se realizó sobre la base de los desechos textiles, pasticos, caucho y cuero quemados. Para su determinación se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 7.4. Estimación de las emisiones de CO_2 basadas en la composición de los DSM (5.C.2)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = DSM \cdot \sum_j \left(WF_j \cdot dm_j \cdot CF_j \cdot FCF_j \cdot OF_j\right) \cdot {}^{44}/_{12}}$$

Fuente: Ecuación 5.2, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.8, *Directrices IPCC de 2006*

Dónde:

- $\boldsymbol{DSM}$ = cantidad total de DSM en peso húmedo quemados por incineración abierta, kt/año

- $\boldsymbol{WF_i}$ = fracción de tipo/material de desechos del componente j en los DSM (en peso húmedo quemados por incineración abierta)
- $\boldsymbol{dm_i}$ = contenido de materia seca en el componente j de los DSM quemados por incineración abierta, (fracción)
- $\boldsymbol{CF_i}$ = fracción de carbono en la materia seca (es decir, contenido de carbono) del componente j, (fracción)
- $\boldsymbol{FCF_i}$ = fracción de carbono fósil en el carbono total del componente j
- $\boldsymbol{OF_i}$ = factor de oxidación, (fracción)
- $\boldsymbol{^{44}/_{12}}$ = factor de conversión de C en CO_2
- $\boldsymbol{j}$ = componente de los DSM incinerado/sometido a incineración abierta

Para el cálculo de las emisiones de CH_4 se realizó sobre la base de los desechos de papel, textiles, plásticos, caucho y cuero, alimentos, madera, vidrio, metal y otros desechos inertes. La ecuación empleada fue:

Ecuación 7.5. Estimación de las emisiones de CH_4 basadas en la cantidad total de desechos quemados (5.C.2)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}}$$

Fuente: Ecuación 5.4, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.13, *Directrices IPCC de 2006*

Dónde:

- $\boldsymbol{IW_i}$ = cantidad de desechos sólidos de tipo i quemados por incineración abierta, kt/año
- $\boldsymbol{EF_{i_i}}$ = factor de emisión de CH_4 agregado, kg. de CH_4/kt de desechos
- $\boldsymbol{10^{-6}}$ = factor de conversión de kg en kt

Para el cálculo de las emisiones de N_2O se realizó sobre la base de los desechos de papel, textiles, plásticos, caucho y cuero, alimentos, madera, vidrio, metal y otros desechos inertes. Se empleó la siguiente ecuación:

Ecuación 7.6. Estimación de las emisiones de N_2O basadas en la entrada de desechos a los incineradores (5.C.2)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ N_2O = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6}}$$

Fuente: Ecuación 5.5, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.15, *Directrices IPCC de 2006*

Dónde:

- $\boldsymbol{IW_i}$ = cantidad de desechos sólidos de tipo i quemados por incineración abierta, kt/año
- $\boldsymbol{EF_{i_i}}$ = factor de emisión de N_2O agregado, kg. de N_2O /kt de desechos
- $\boldsymbol{10^{-6}}$ = factor de conversión de kg en kt

En este caso, el total de desechos quemados por incineración abierta (Tabla 7.20) se convirtió a cantidad de desechos sobre la base del peso seco, para poder utilizar el factor de emisión que proporciona el IPCC (2006). Para la conversión se empleó la siguiente ecuación:

Ecuación 7.7. Contenido de materia seca en los DSM (5.C.2)

$$dm = \sum_i (IW_i \cdot dm_i)$$

Fuente: Ecuación 5.8, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.19, *Directrices IPCC de 2006*

Dónde:

- IW_i = fracción del componente i en los DSM
- dm_i = contenido de materia seca en el componente i

La fracción de cada componente en los DSM se obtuvo a partir de los datos de la Tabla 7.7 y la Tabla 7.20. El contenido de materia seca se tomó de la Tabla 2.4, Capítulo 2, Volumen 5, página 2.14. Se asumió un contenido de humedad del 60 % de conformidad con las Directrices del IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 4, cuadro 4.1.

Factores de emisión

Es más práctico estimar las emisiones de CO_2 mediante cálculos basados en el contenido de carbono de los desechos, en vez de medir la concentración de CO_2. A continuación, se muestran los valores empleados para los parámetros relacionados con los factores de emisión (Tabla 7.21).

Tabla 7. 21. Parámetros para la estimación de emisiones de CO_2 de incineración abierta (5.C.2)

Parámetro	Componente	Valor	Fuente
Fracción de tipo/material de desechos del componente (WF_i)	Textiles	Tabla 7.7. Composición física de los DSM que llegan a vertedero	
	Plásticos		
	Caucho y cuero		
	Papel		
	Alimentos		
	Madera		
	Vidrio		
	Metal		
	Otros desechos inhertes		
Contenido de materia seca en el componente j (dm_i)	Textiles	0.80	Tabla 2.4, Capítulo 2, Volumen 5, página 2.15, Directrices IPCC, 2006
	Plásticos	1.00	
	Caucho y cuero	0.84	
	Papel	0.90	
	Alimentos	0.40	
	Madera	0.85	
	Vidrio	1.00	
	Metal	1.00	
	Otros desechos inhertes	0.90	
Fracción de carbono en la materia seca i (CF_i)	Textiles	0.50	
	Plásticos	0.75	
	Caucho y cuero	0.67	
Fracción de carbono fósil (FCF_i)	Textiles	0.20	
	Plásticos	1.00	
	Caucho y cuero	0.20	
Factor de oxidación (OF_i)		0.58	Tabla 5.2, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.18, Directrices IPCC, 2006

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Para la estimación del CH_4 se utilizó el factor de emisión por defecto, que corresponde a un valor de 6500 kg de CH_4/kt de desecho sobre la base del peso húmedo (Sección 5.4.2, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.22, Directrices IPCC, 2006). Para las emisiones de N_2O se utilizó el valor

de 150 kg de N_2O/kt de DSM sobre la base del peso seco (Tabla 5.6, Capítulo 5, Volumen 5, página 5.24, Directrices IPCC, 2006).

7.4.3.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

7.4.3.4. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±50.00% para el CO_2 y de ±104.04% para el CH_4 y el N_2O. No se cuenta con información nacional de incertidumbre para los datos de actividad y paramétricos. Se emplearon los valores por defecto recomendados en el Volumen 5, Capítulo 3 de las *Directrices del IPCC de 2006* para los datos de actividad (Cuadro 3.5página 3.29) y el Capítulo 5 para los factores de emisión (Sección 5.7.1; página 5.25). Se concluye que la mayor fuente de incertidumbre en la categoría corresponde al uso de datos por defecto (Tabla 7.18).

Tabla 7. 22. Resumen incertidumbre combinada de las estimaciones de la Incineración abierta de desechos (5.C.2). Serie 1990-2022

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
5.C.2. Incineración abierta de desechos	CO_2	30.00	30.00	40.00	40.00	50.00	50.00
	CH_4	30.00	30.00	100.00	100.00	104.40	104.40
	N_2O	30.00	30.00	100.00	100.00	104.40	104.40

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad. La principal fuente de datos fue la ONEI.

7.4.3.5. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico del INGEI. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (NIR) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el NIR.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial de la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI.

Verificación

No se realizaron actividades de verificación

7.4.3.6. Recálculos

No se realizaron nuevos cálculos debido a que en el INGEI anterior (serie 2016-2022) no se estimaron las emisiones de esta categoría.

7.4.3.7. Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico del INGEI en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Adquirir información sobre la disposición de DSM en zonas rurales.
- Actualizar el factor de oxidación para la incineración abierta recomendado por el Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019.
- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: monóxido de carbono (CO), NO_x, COVDM y óxidos de azufre (SO_x) en esta subcategoría.

7.5. Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D)

7.5.1. Descripción de la categoría

Las aguas residuales domésticas e industriales, al igual que los componentes de sus lodos, se convierten en una fuente de CH_4 cuando se degradan anaeróbicamente. También pueden producirse emisiones de N_2O a través de la nitrificación y la desnitrificación del nitrógeno en plantas de aguas residuales o después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar.

Estas aguas se originan en una gran variedad de fuentes domésticas, comerciales e industriales y pueden ser colectadas o no por los sistemas de alcantarillado. Las aguas colectadas en el alcantarillado pueden enviarse a plantas y sistemas de tratamiento. Esta fracción puede constituir una de las fuentes emisoras de GEI más importantes, en especial si existen condiciones anaeróbicas.

En la categoría se incluyen las subcategorías siguientes:

- *5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas*
- *5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales*

En el contexto nacional de Cuba, esta categoría incluye las emisiones producidas por los diferentes tratamientos aplicados a las aguas residuales domésticas de todo el país. Incluye también las emisiones debido a los diferentes tipos de tratamientos aplicados a los desechos líquidos industriales.

En Cuba existe la ley 124 de Aguas Terrestres que en su capítulo III contiene toda la información referente a los vertimientos de residuales líquidos. También la Norma Cubana NC 27:2012 "Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado". Existe además la Norma Cubana NC 521:2007 "Vertimiento de Aguas Residuales a la Zona Costera y Aguas Marinas". Estas normas establecen las especificaciones de los vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres, el alcantarillado, las zonas costeras y las aguas marinas, y se aplica a todas las aguas residuales generadas por las actividades sociales y económicas.

La categoría Tratamiento y eliminación de aguas residuales es la segunda categoría que más GEI emite del sector Desechos (30.68%) en Cuba. Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 1936.52 kt de CO_2-eq. Este valor representó un aumento en un 1.30% respecto a 1990 y una disminución en un 8.67% con respecto a 2016 (Tabla 7.23).

Tabla 7. 23. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) procedentes del Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D). Serie 1990-2022

Año	5.D.1. Aguas residuales domésticas	5.D.2. Aguas residuales industriales	5.D. Aguas residuales
1990	1198.37	713.20	1911.57
1991	1222.71	624.24	1846.95
1992	1223.60	395.84	1619.43
1993	1223.94	323.82	1547.76
1994	1240.81	429.87	1670.69
1995	1200.41	391.66	1592.08
1996	1239.15	361.99	1601.14
1997	1234.78	374.82	1609.60
1998	1288.26	412.47	1700.72
1999	1282.48	525.91	1808.40
2000	1297.14	563.52	1860.66
2001	1305.56	599.83	1905.39
2002	1307.17	674.83	1982.00
2003	1320.55	723.65	2044.20
2004	1327.53	491.70	1819.23
2005	1331.41	472.22	1803.63
2006	1362.33	504.92	1867.26
2007	1362.93	519.95	1882.88
2008	1375.96	621.66	1997.62
2009	1382.09	585.37	1967.45
2010	1338.74	651.52	1990.26
2011	1346.21	679.13	2025.33
2012	1354.69	696.27	2050.96
2013	1374.22	731.75	2105.97
2014	1385.48	703.29	2088.77
2015	1389.67	709.91	2099.59
2016	1391.79	728.53	2120.32
2017	1387.65	720.92	2108.57
2018	1385.41	736.93	2122.34
2019	1381.59	697.96	2079.54
2020	1438.62	692.58	2131.20
2021	1483.51	539.56	2023.07
2022	1508.50	428.01	1936.52

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones de GEI entre 1992 y 1997 mantuvieron una tendencia a la disminución con fluctuaciones pequeñas. Esta tendencia se debió sobre todo a la disminución de las aguas residuales industriales tratadas (Figura 7.9). Entre 1998 y 2002 se observó una tendencia ascendente en respuesta al aumento del volumen de aguas residuales industriales tratadas. En 2004 disminuyeron las producciones industriales en el país y con ello la generación de aguas residuales, lo que derivó en la disminución de las emisiones. A partir de aquí se observó un aumento gradual, con pequeñas variaciones, que se vinculó con cambios en la generación de

aguas residuales industriales y en menor medida con el tratamiento de las domésticas. A partir de 2020 mejoró la cobertura de saneamiento en el país y aumentaron las emisiones derivadas de aguas domésticas, pero la disminución de las producciones industriales provocó que disminuyeran las emisiones en 2021 y 2022.

El Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (5.D.1) constituyó una subcategoría significativa en el año 2022 con el 77.90% de las emisiones de la categoría. Por su parte, el Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (5.D.2) aportó solo el 22.10% de las emisiones. Al comparar con el año base se observó que la contribución de la subcategoría 5.D.2 ha disminuido.

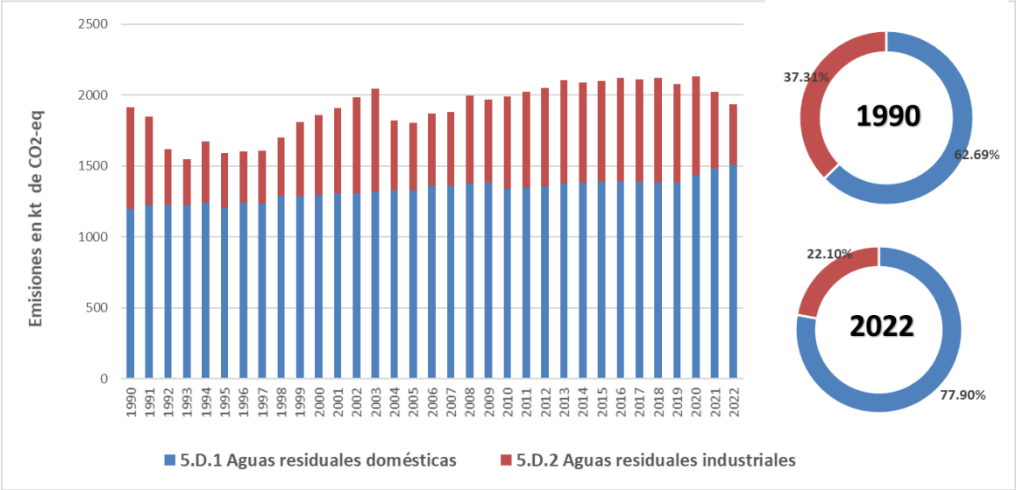


Figura 7. 9. Emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) por subcategoría procedentes del Tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D). Serie 1990-2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

7.5.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (5.D.1)

7.5.2.1. Descripción de la subcategoría

Se consideran aguas residuales domésticas a las aguas residuales generadas en los asentamientos poblacionales, escuelas, instalaciones turísticas, edificios públicos y centros comerciales. Las mismas se componen fundamentalmente de desechos de origen humano.

Las aguas residuales 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 residuales domésticas se transfieren directamente al océano.

En el contexto cubano, esta subcategoría incluye las emisiones producidas por las diferentes vías o tipos de tratamientos y eliminación, para todos los ciudadanos con cobertura de servicios sanitarios. La entidad encargada de la fiscalización y establecimiento de normas sanitarias corresponde al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), que maneja los datos de cobertura total del tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel nacional.

En general, una fracción del total de las aguas residuales colectadas por el alcantarillado en las zonas urbanas recibieron tratamiento. El sistema de tratamiento fue básicamente las lagunas facultativas con profundidad entre 1.5 m y 3 m. El resto de las aguas evacuadas por el alcantarillado pasan por un tratamiento primario, donde los sólidos más voluminosos se separan mediante barreras físicas y posteriormente las aguas van a un emisario submarino. En las zonas rurales el tratamiento de las aguas residuales colectadas en el alcantarillado es prácticamente nulo o limitado y estas son vertidas a un cuerpo de agua. Las aguas no colectadas en el

alcantarillado en las zonas urbanas utilizan principalmente el sistema de tratamiento de las fosas sépticas, mientras en las zonas rurales se utiliza también las letrinas, pero en menor proporción que los sistemas sépticos. En cuanto a la población urbana y rural sin acceso a cobertura de saneamiento, se asume que sus aguas residuales van a un cuerpo de agua (Figura 7.10).

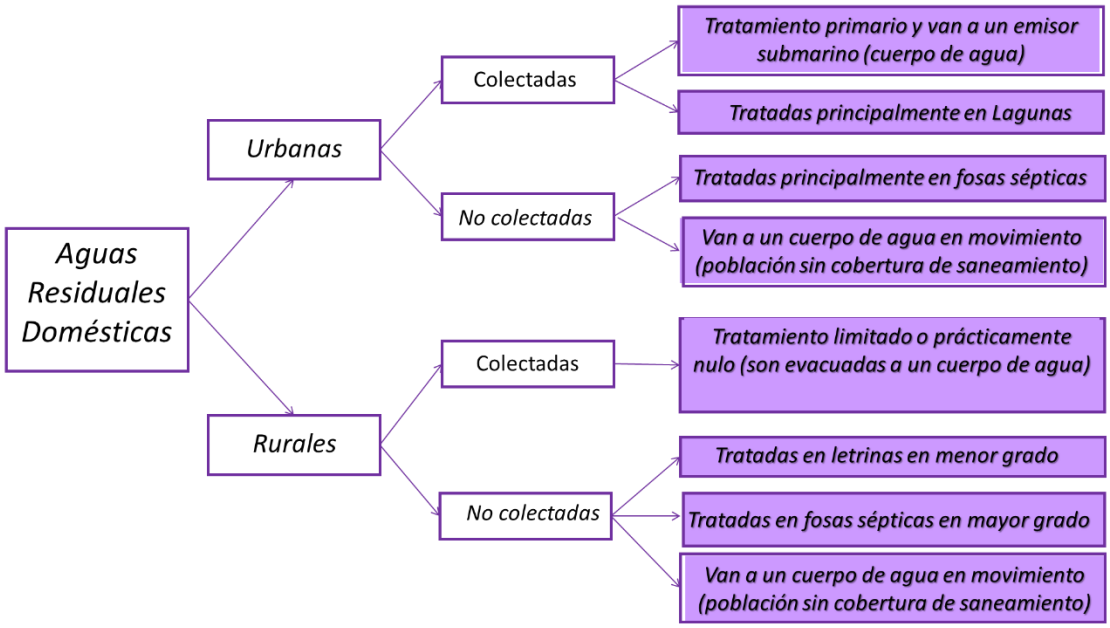


Figura 7. 10. Tratamiento y vías de eliminación de las aguas residuales domésticas en Cuba (5.D.1). Nota: Las emisiones correspondientes a los recuadros en color se calcularon en este informe. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

A continuación, se muestran las emisiones de CH_4 y N_2O correspondientes al tratamiento y eliminación de las aguas residuales domésticas (Tabla 7.24). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 1508.50 kt de CO_2-eq. Este valor representó un aumento en un 25.88% respecto a 1990 y en un 8.39% respecto a 2016.

Tabla 7. 24. Emisiones por gas en la subcategoría Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (5.D.1). Serie 1990-2022

Año	Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		5.D. Aguas residuales domésticas (kt CO_2-eq)
	(kt de CH_4)	(kt de CO_2-eq)	(kt de N_2O)	(kt de CO_2-eq)	
1990	38.79	1086.19	0.42	112.18	1198.37
1991	39.97	1119.15	0.39	103.56	1222.71
1992	40.35	1129.87	0.35	93.73	1223.60
1993	40.70	1139.50	0.32	84.44	1223.94
1994	41.06	1149.77	0.34	91.05	1240.81
1995	39.70	1111.47	0.34	88.94	1200.41
1996	40.94	1146.32	0.35	92.84	1239.15
1997	40.65	1138.10	0.36	96.68	1234.78
1998	42.33	1185.14	0.39	103.12	1288.26
1999	41.66	1166.43	0.44	116.05	1282.48
2000	42.06	1177.69	0.45	119.45	1297.14
2001	42.20	1181.73	0.47	123.83	1305.56
2002	42.37	1186.24	0.46	120.93	1307.17
2003	42.42	1187.83	0.50	132.72	1320.55
2004	42.75	1196.88	0.49	130.65	1327.53
2005	42.75	1197.12	0.51	134.29	1331.41
2006	43.71	1223.89	0.52	138.44	1362.33
2007	43.68	1222.93	0.53	140.00	1362.93
2008	43.62	1221.39	0.58	154.57	1375.96
2009	44.02	1232.54	0.56	149.55	1382.09
2010	42.99	1203.65	0.51	135.09	1338.74
2011	42.93	1202.10	0.54	144.10	1346.21
2012	43.07	1205.94	0.56	148.75	1354.69

Año	Emisiones de CH_4		Emisiones de N_2O		5.D. Aguas residuales domésticas
	(kt de CH_4)	(kt de CO_2-eq)	(kt de N_2O)	(kt de CO_2-eq)	(kt CO_2-eq)
2013	43.48	1217.55	0.59	156.67	1374.22
2014	44.31	1240.79	0.55	144.69	1385.48
2015	44.38	1242.73	0.55	146.95	1389.67
2016	44.38	1242.59	0.56	149.20	1391.79
2017	44.32	1240.93	0.55	146.71	1387.65
2018	44.31	1240.57	0.55	144.84	1385.41
2019	44.21	1237.82	0.54	143.77	1381.59
2020	46.28	1295.86	0.54	142.76	1438.62
2021	47.95	1342.48	0.53	141.03	1483.51
2022	48.88	1368.63	0.53	139.88	1508.50

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

7.5.2.2. Aspectos metodológicos

La estimación de las emisiones de GEI se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 5, Capítulo 6, Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones de CH_4 fueron calculadas de: las aguas recolectadas tratadas mediante procesos anaeróbicos (lagunas facultativas[42]), Las aguas residuales colectadas evacuadas en un cuerpo de agua (mar), las aguas residuales no recolectadas tratadas *in situ* (fosas sépticas y letrinas) y las aguas residuales no colectadas y evacuadas en un cuerpo de agua (río) . Esta categoría fue clave en el anterior INGEI por lo cual debió utilizarse una metodología de Nivel 2. No se pudo aplicar porque no se cuenta con los valores de B_o y *MCF* específicos del país para las vías de tratamiento principales.

Las emisiones de N_2O derivadas del consumo humano de proteínas estimadas solo se calcularon para la subcategoría 5.D.1 “Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas”. Estas emisiones engloban aquellas provenientes del “Tratamiento de las aguas residuales industriales” (subcategoría 5.D.2). Puede asumirse esta consideración ya que se aplica para el cálculo el factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado ($F_{IND-COM}$).

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

En el cálculo de las emisiones de CH_4 se consideró tanto las aguas colectadas a través de la red de alcantarillado, como las no colectadas. La variable de actividad empleada fue la cantidad de materia orgánica del agua (TOW, del inglés *Total Organic Waste*). Para el cálculo de dicha variable se utilizaron datos de los Anuarios Estadísticos publicados por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI), y las Directrices del IPCC de 2006. Para su determinación se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 7.8. Total, de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas (5.D.1)

$$\boldsymbol{TOW = P \cdot BOD \cdot 0.001 \cdot I \cdot 365}$$

Fuente: Ecuación 6.3, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.14, *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- $\boldsymbol{TOW}$ = Total de materia orgánica en las aguas residuales domésticas del año del inventario, kg de BOD/año

[42] En el contexto nacional se homologó el término “laguna facultativa” al término del IPCC “laguna anaeróbica profunda” para usar el factor corrector del metano.

- $\boldsymbol{P}$ = Población del país en el año inventario, personas
- $\boldsymbol{BOD}$ = Demanda Bioquímica de Oxígeno *per cápita* específico del país en el año correspondiente, g/persona/día
- $\boldsymbol{0.001}$ = Factor de conversión de gramos de BOD a kilogramos de BOD
- $\boldsymbol{I}$ = Factor de corrección para BOD industrial que se vierte al alcantarillado junto a las aguas residuales domésticas

Los datos de la población residente anual necesarios para la estimación se obtuvieron de la serie oficial de población proporcionada por la ONEI (Tabla 3.5, página 92, ONEI, 2023). El BOD (del inglés *Biochemical Oxygen Demand*) que se utilizó en este informe fue el valor por defecto para los países de América Latina de 40 g/persona/día (Tabla 6.4, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.14, Directrices IPCC, 2006).

Para el factor $\boldsymbol{I}$ se utilizó el valor de 1.25 para las aguas colectadas y el valor de 1 para las agua no colectadas (Ecuación 6.3, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.14, Directrices IPCC de 2006). Este factor de corrección representa el BOD generado por las industrias y los establecimientos (Ej: restaurantes) que se co-descarga al alcantarillado junto con las aguas residuales de origen doméstico.

Factores de emisión

Los factores de emisión se obtuvieron a partir del análisis de la distribución de las aguas residuales domésticas por tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación. A continuación, se muestra la ecuación que se utilizó para el cálculo:

Ecuación 7.9. Factor de emisión para cada vía o sistema de tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (5.D.1)

$$\boldsymbol{EF_j = B_o \cdot MCF_j}$$

Fuente: Ecuación 6.2, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.12, *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- $\boldsymbol{EF_j}$ = factor de emisión para una vía o sistema de tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas *j*, kg de CH_4/kg de BOD
- $\boldsymbol{B_o}$ = capacidad máxima de producción de CH_4, kg de CH_4/kg de BOD
- $\boldsymbol{MCF_j}$ = factor corrector para el CH_4 para la vía o sistema de tratamiento *j*

El EF (del inglés *emission factor*) se calculó con valores por defecto para B_o de 0.6 kg de CH_4/kg de BOD (Tabla 6.2, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.12, Directrices IPCC, 2006) y MCF (Tabla 6.3, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.13, Directrices IPCC, 2006). A continuación, se muestran los valores de MCF, así como los factores de emisión calculados para cada sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas (Tabla 7.25). Se consideró un MCF de 0 cuando las aguas residuales son eliminadas en cuerpos de agua en movimiento con baja carga de materia orgánica.

Tabla 7. 25. Valores de MCF y factores de emisión correspondiente para cada sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas (5.D.1)

Tipo de vía o sistema de tratamiento	MCF	EF_j
Laguna anaeróbica profunda	0.80	0.48
Fosas Sépticas	0.50	0. 30
Letrina (clima húmedo)	0.70	0.42
Cuerpo de agua (mar o río)	0.10	0.06

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones de CH_4 estimadas estuvieron constituidas por la sumatoria de los productos de los factores de emisión, las cargas orgánicas (TOW) y los grados de utilización de cada tipo de tratamiento (Ecuación 7.7).

Ecuación 7.10. Emisiones totales de CH_4 procedentes de las aguas residuales domésticas (5.D.1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = \left[\sum_{ij}\left(U_i \cdot T_{ij} \cdot EF_j\right)\right] \cdot (TOW - S) - R}$$

Fuente: Ecuación 6.1, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.11, *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- $\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4}$ = Emisiones neta de CH_4, kt de CH_4
- $\boldsymbol{U_i}$ = Fracción de la población del grupo de ingresos[43] *i* en el año de inventario
- $\boldsymbol{T_{ij}}$= Grado de utilización de vía o sistema de tratamiento *j*, para cada fracción de grupo de ingreso *i*, en el año del inventario
- $\boldsymbol{EF_j}$ = Factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento *j,* kg de CH4/kg de DBO
- $\boldsymbol{TOW}$ = Total de materia orgánica en las aguas residuales domésticas del año del inventario, kg de BOD/año
- $\boldsymbol{S}$ = Componente orgánico separado como lodos durante el año de inventario, kg BOD/año
- $\boldsymbol{R}$ = Cantidad de CH_4 recuperado y/o quemado en antorcha durante el año del inventario, kg de CH_4/año

La fracción de la población del grupo de ingresos (U_i) fue calculada a partir de los datos de la población total urbana y rural de las estadísticas nacionales (Tabla 3.5, página 92, ONEI, 2023). Debido a que en el contexto nacional no se cuenta con datos de la población por nivel de ingreso (Tabla 7.26).

Tabla 7. 26. Fracción de la población (U) de Cuba. Serie 1990-2022

Año	Población Urbana	Población Rural	Población Total	Fracción Urbana (U urbana)	Fracción Rural (U rural)
1990	7883099	2779049	10662148	0.74	0.26
1991	7998376	2758453	10756829	0.74	0.26
1992	8065166	2764154	10829320	0.74	0.26
1993	8119271	2776716	10895987	0.75	0.25
1994	8130228	2782696	10912924	0.75	0.25
1995	8173592	2773527	10947119	0.75	0.25
1996	8226749	2756577	10983326	0.75	0.25
1997	8301008	2732985	11033993	0.75	0.25
1998	8350523	2726294	11076817	0.75	0.25
1999	8376521	2736607	11113128	0.75	0.25
2000	8459331	2686872	11146203	0.76	0.24
2001	8474732	2693794	11168526	0.76	0.24
2002	8496003	2704385	11200388	0.76	0.24
2003	8507406	2707982	11215388	0.76	0.24
2004	8500207	2717383	11217590	0.76	0.24
2005	8495703	2722920	11218623	0.76	0.24
2006	8484628	2754415	11239043	0.75	0.25
2007	8472393	2715635	11188028	0.76	0.24
2008	8464895	2709101	11173996	0.76	0.24
2009	8474162	2700790	11174952	0.76	0.24

[43] En el contexto nacional se subdivide solamente en población urbana y rural.

Año	Población Urbana	Población Rural	Población Total	Fracción Urbana (U urbana)	Fracción Rural (U rural)
2010	8465730	2702204	11167934	0.76	0.24
2011	8463054	2712369	11175423	0.76	0.24
2012	8575189	2597962	11173151	0.77	0.23
2013	8613668	2601696	11238317	0.77	0.23
2014	8636621	2601696	11238317	0.77	0.23
2015	8641760	2597244	11239004	0.77	0.23
2016	8646602	2592622	11239224	0.77	0.23
2017	8638905	2582155	11221060	0.77	0.23
2018	8636231	2573397	11209628	0.77	0.23
2019	8630468	2563002	11193470	0.77	0.23
2020	8622504	2559091	11181595	0.77	0.23
2021	8566520	2546695	11113215	0.77	0.23
2022	8553026	2536485	11089511	0.77	0.23

Fuente: Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET con base en la ONEI (2023)

El grado de utilización (T_{ij}) corresponde a los residentes urbanos y rurales cuyas aguas residuales domésticas fueron tratadas en: lagunas facultativas, fosas sépticas y letrinas o vertidas a un cuerpo de agua (Tabla 7.27). En las zonas urbanas, para la fracción de las aguas colectadas en el alcantarillado que fueron tratadas se asumió el sistema de lagunas. El resto de las aguas colectadas en el alcantarillado fueron evacuadas en un emisario submarino. En el caso de las aguas no colectadas se utilizó el supuesto que fueron tratadas en sistemas sépticos. En las zonas rurales se asume que el tratamiento de las aguas residuales colectadas en el alcantarillado es prácticamente nulo o limitado y que estas van hacia un río. Para las aguas no colectadas se asumió, que un 30% utilizó letrinas y un 70% sistema séptico. Para la población sin cobertura de saneamiento se asumió que sus aguas son depositadas en un cuerpo de agua. Se utilizaron los datos publicados en las estadísticas nacionales (Tabla 2.19, página 64, ONEI, 2019) y proporcionados por el Sistema de Información Complementario del INRH.

Tabla 7. 27. Grado de utilización del sistema del tratamiento (T) por residentes urbanos y rurales. Serie 1990-2022 (5.D.1)

Año	Población urbana				Población rural			
	Colectada		No colectada		Colectada	No colectada		
	Laguna	Emisario submarino (mar)	Fosa séptica	Sin cobertura (río)	Cuerpo de agua (río)	Fosa séptica	Letrina (clima húmedo)	Sin cobertura (río)
1990	0.12	0.32	0.50	0.05	0.05	0.45	0.19	0.31
1991	0.12	0.32	0.50	0.05	0.05	0.50	0.22	0.24
1992	0.12	0.32	0.50	0.05	0.05	0.51	0.22	0.23
1993	0.12	0.32	0.50	0.05	0.05	0.52	0.22	0.22
1994	0.12	0.32	0.50	0.05	0.05	0.54	0.23	0.18
1995	0.12	0.32	0.48	0.08	0.05	0.49	0.21	0.26
1996	0.12	0.32	0.50	0.05	0.05	0.52	0.22	0.22
1997	0.12	0.32	0.49	0.06	0.11	0.50	0.21	0.18
1998	0.13	0.35	0.49	0.03	0.08	0.56	0.24	0.13
1999	0.13	0.34	0.48	0.04	0.08	0.52	0.22	0.18
2000	0.13	0.34	0.49	0.03	0.08	0.53	0.23	0.17
2001	0.14	0.35	0.49	0.03	0.10	0.53	0.23	0.15
2002	0.13	0.34	0.50	0.03	0.10	0.52	0.22	0.16
2003	0.13	0.34	0.50	0.03	0.10	0.52	0.22	0.16
2004	0.14	0.35	0.50	0.02	0.09	0.54	0.23	0.14
2005	0.13	0.35	0.50	0.02	0.10	0.54	0.23	0.14
2006	0.13	0.34	0.51	0.02	0.05	0.59	0.25	0.11
2007	0.13	0.34	0.51	0.02	0.05	0.60	0.26	0.10
2008	0.13	0.34	0.51	0.02	0.05	0.60	0.26	0.10
2009	0.13	0.33	0.52	0.02	0.05	0.61	0.26	0.09
2010	0.13	0.33	0.53	0.02	0.05	0.54	0.23	0.18
2011	0.12	0.32	0.53	0.02	0.06	0.54	0.23	0.17
2012	0.13	0.33	0.52	0.02	0.03	0.56	0.24	0.17
2013	0.13	0.33	0.52	0.02	0.04	0.57	0.24	0.15
2014	0.13	0.33	0.53	0.02	0.04	0.62	0.26	0.08
2015	0.13	0.33	0.52	0.02	0.04	0.62	0.27	0.08
2016	0.13	0.33	0.52	0.02	0.04	0.62	0.27	0.08
2017	0.13	0.33	0.52	0.02	0.04	0.62	0.27	0.07

2018	0.13	0.33	0.52	0.02	0.04	0.62	0.27	0.07
2019	0.13	0.33	0.52	0.02	0.04	0.62	0.27	0.07
2020	0.15	0.32	0.53	0.00	0.06	0.65	0.28	0.01
2021	0.18	0.29	0.53	0.00	0.06	0.65	0.28	0.01
2022	0.20	0.28	0.52	0.00	0.06	0.65	0.28	0.01

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET con base en la ONEI (2019) y datos de INRH

El comportamiento de las aguas residuales tratadas en Cuba frente a las no tratadas se observa en la Figura 7.11. Durante los primeros años de la serie el total de aguas residuales tratadas mostró una tendencia ascendente. Entre 1993-1995 se evidenció una disminución en el tratamiento producto a las coyunturas económicas sufridas en el país, aun así, la tendencia continuó en ascenso con pequeñas fluctuaciones interanuales. A partir del 2000 inició en el país un proceso de reorganización del INRH que dio paso a la aparición en 2002 del Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado (GEAAL). Como consecuencia, se observó un aumento del total de aguas tratadas.

La explotación prolongada de la infraestructura de saneamiento sin el mantenimiento adecuado y necesario, provocó que en 2009 disminuyera el tratamiento de aguas residuales. A partir de la aprobación de los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, se elaboró la Política Nacional del Agua, aprobada por el Consejo de Ministros en diciembre del 2012. Esta política encausó el camino del agua en Cuba y ya en 2013 se observaron las mejoras respecto al total de aguas tratadas. En 2019, como parte del proceso de perfeccionamiento empresarial y mediante la Resolución 138-2019 del Ministerio de Economía y Planificación cambió la denominación de GEAAL por Grupo Empresarial de Agua y Saneamiento. Desde entonces la cobertura de saneamiento ha ido en aumento constante en el país. En 2022 la OSDE contaba con 29 empresas encargadas de: la colección y el tratamiento de aguas residuales; la desobstrucción, reparación y sustitución de sistemas sépticos; el saneamiento de arroyos y cañadas; y la evacuación de aguas residuales.

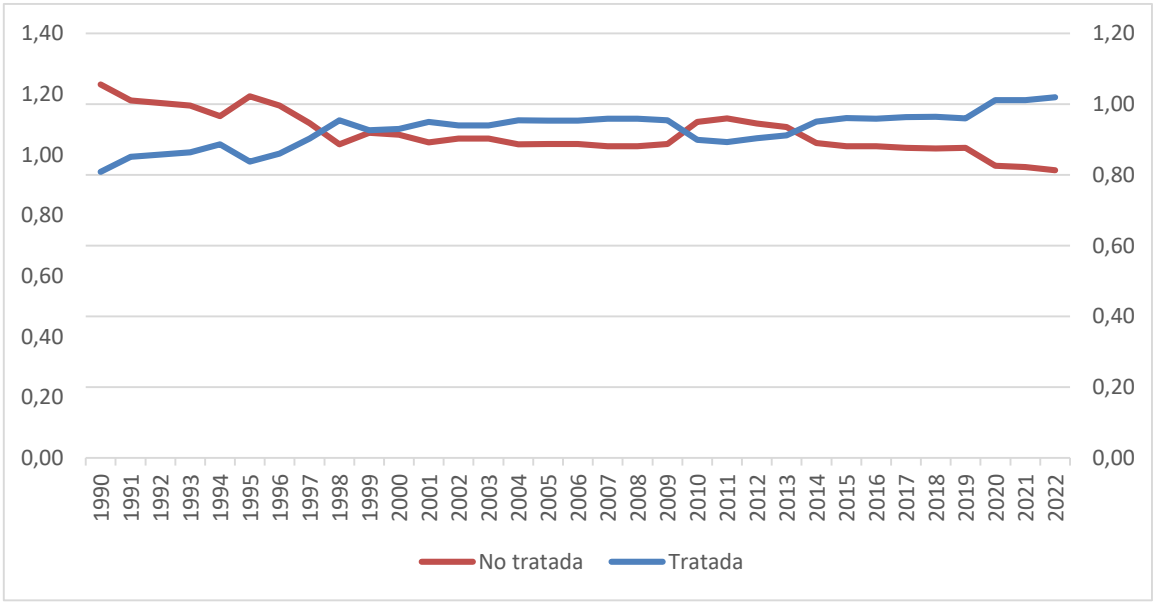


Figura 7. 11. Evolución de las aguas residuales domésticas tratadas y no tratadas en Cuba. Serie 1990 – 2022. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

No se tuvo acceso a datos de componente orgánico separado como lodo ni de metano recuperado. Por esta razón se utilizó el valor por defecto 0.

7.5.2.3. Emisiones indirectas de N_2O

En Cuba no se lleva a cabo el proceso de nitrificación y desnitrificación en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, por lo que las emisiones de N_2O se generaron después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar. Para la estimación de las emisiones indirectas de N_2O se aplicó la ecuación:

Ecuación 7.11. Emisiones de N_2O provenientes de las aguas residuales domésticas (5.D.1)

$$\boldsymbol{Emisiones\ N_2O = N_{efluentes} \cdot EF_{efluentes} \cdot 44/28}$$

Fuente: Ecuación 6.7, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.27, *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- $\boldsymbol{Emisiones\ N_2O}$ = Emisiones de N_2O durante el año del inventario, kg de N_2O/año
- $\boldsymbol{N_{efluentes}}$ = Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/año
- $\boldsymbol{EF_{efluentes}}$ = Factor de emisión para las emisiones de N_2O provenientes de las descargas de aguas servidas, kg de N_2O-N en kg de N_2O
- El factor $\boldsymbol{44/28}$ corresponde a la conversión de kg de N_2O-N en kg de N_2O

La variable de actividad es el factor $N_{efluentes}$ que no es más que la cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales. Para su determinación se empleó la ecuación:

Ecuación 7.12. Cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes (5.D.1)

$$\boldsymbol{N_{efluentes} = (P \cdot Proteína \cdot F_{NPR} \cdot F_{NON-CON} \cdot F_{IND-COM}) - N_{Lodo}}$$

Fuente: Ecuación 6.8, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.28, *Directrices IPCC de 2006*

Dónde:

- $\boldsymbol{N_{efluentes}}$= cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales, kg de N_2O/año
- $\boldsymbol{P}$ = población humana
- $\boldsymbol{Proteína}$ = consumo *per cápita* anual de proteínas, kg/persona/año
- $\boldsymbol{F_{NPR}}$= fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto =0.16 kg de N/kg de proteína
- $\boldsymbol{F_{NON-CON}}$= factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales (por defecto =1.1)
- $\boldsymbol{F_{IND-COM}}$= factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado (por defecto =1.25)
- $\boldsymbol{N_{Lodo}}$= nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto = 0), kg de N/año

Los datos de población utilizados fueron los reportados por la ONEI, 2023 (Tabla 7.26). Se asumió para el consumo anual de proteína *per cápita,* el valor de suministro de proteínas de la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (*FAO* del inglés, *Food and* Agriculture Organization) multiplicado por la fracción de proteínas consumidas para América Latina (0.92) recomendado en el Refinamiento de 2019 (Tabla 7.28). La *FAO* proporcionó para el periodo 1990-2013[44] una serie de valores año a año. Sin embargo, para el periodo 2014-2018[45] proporcionó una serie valores estimados para un promedio de tres

[44] https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBSH
[45] https://www.fao.org/faostat/en/#country/49

años. A partir de técnicas de extrapolación se completaron los datos para 2019, 2020, 2021 y 2022.

Tabla 7. 28. Consumo de proteína per cápita, serie 1990-2022 (5.D.1)

Año	Proteínas suministradas g/hab/día	Proteínas suministradas kg/hab/año	Consumo de proteínas kg/hab/año
1990	68.40	24.97	22.97
1991	62.59	22.85	21.02
1992	56.27	20.54	18.90
1993	50.38	18.39	16.92
1994	54.24	19.80	18.21
1995	52.82	19.28	17.74
1996	54.95	20.06	18.45
1997	56.96	20.79	19.13
1998	60.52	22.09	20.32
1999	67.89	24.78	22.80
2000	69.67	25.43	23.40
2001	72.08	26.31	24.20
2002	70.19	25.62	23.57
2003	76.93	28.08	25.83
2004	75.72	27.64	25.43
2005	77.82	28.40	26.13
2006	80.34	29.32	26.98
2007	81.35	29.69	27.32
2008	89.93	32.82	30.20
2009	87.00	31.76	29.21
2010	78.64	28.70	26.41
2011	83.83	30.60	28.15
2012	86.55	31.59	29.06
2013	90.86	33.16	30.51
2014	83.70	30.55	28.11
2015	85.00	31.03	28.54
2016	86.30	31.50	28.98
2017	85.00	31.03	28.54
2018	84.00	30.66	28.21
2019	83.50	30.48	28.04
2020	83.00	30.30	27.87
2021	82.50	30.11	27.70
2022	82.00	29.93	27.54

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET con base en la FAO

El factor de emisión del N_2O se tomó en base a los datos por defecto para la metodología del N_2O proporcionados en las Directrices. Para el caso de los efluentes, el factor corresponde a un valor de 0.005 kg de N_2O–N/kg de N (Tabla 6.11, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.30, Directrices IPCC, 2006).

7.5.2.4. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

7.5.2.5. Incertidumbre y coherencia de la serie temporal

La incertidumbre combinada de la subcategoría varía es de ±42.72% para el CH_4 y de ±54.08% para el N_2O. No se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y los factores de emisión. Se consideró las recomendadas en las *Directrices del IPCC del 2006* para los datos referidos a las emisiones de CH_4 (Cuadro 6.7, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.18, Directrices IPCC, 2006), y para los datos referidos a las emisiones de N_2O (Cuadro 6.11, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.30, Directrices IPCC, 2006). En conclusión, la mayor fuente de incertidumbre en las estimaciones de GEI de la subcategoría proviene del uso de factores de emisión por defecto, en especial para las emisiones de N_2O (Tabla 7.29).

Tabla 7. 29. Incertidumbre combinada de las estimaciones del Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (5.D.1). Serie 1990-2022

Categoría del IPCC	Gas	Incertidumbre en los datos de actividad		Incertidumbre en el factor de emisión		Incertidumbre combinada	
		(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH_4	30.41	30.41	30.00	30.00	42.72	42.72
	N_2O	20.62	20.62	50.00	50.00	54.08	54.08

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 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 anuarios estadísticos nacionales y la información proporcionada por el INRH.

7.5.2.6. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico de Desechos. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (NIR) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el NIR.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial de la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI y el INRH.

Verificación

No se realizaron actividades de verificación

7.5.2.7. Recálculo

Durante el presente proceso de actualización se realizaron cambios en los datos de actividad:

- Los datos que se utilizaron en los cálculos de las emisiones de CH_4 caracterizan las aguas residuales domésticas según los diferentes sistemas de tratamiento, considerando de forma desagregada las fracciones tratadas en: lagunas facultativas, fosas sépticas y letrinas. Mientras que en el INGEI anterior (2016) se consideraron en conjunto las

fracciones tratadas en fosas sépticas y letrinas.

- El dato que se utilizó para el BOD corresponde al valor por defecto recomendado en las Directrices del IPCC de 2006 para países de América Latina. En el INGEI anterior (2016) se empleó un valor propio de país (42 g BOD/hab/día), pero el mismo fue sustituido ya que provenía de un estudio de 1990. Se considera que el valor por defecto representa mejor las condiciones y circunstancias para la serie 1990-2022.

La Tabla 7.30 muestra la variación de las emisiones de la subcategoría respecto al INGEI anterior. Las diferencias se debieron a la variación del *TOW*, por el cambio en el *BOD* y a las variaciones en los porcentajes de utilización de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, en correspondencia con la nueva desagregación.

Tabla 7. 30. Comparación entre emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) del INGEI de 2016 (serie 1990-2016) y el INGEI de 2022 (serie 1990-2022) (5.D.1)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2022
BUR 2016	1069.31	1140.03	1378.38	1391.07	1438.50	1515.64	1517.99	-	-
NIR 2022	1198.37	1200.41	1297.14	1331.41	1338.74	1389.67	1391.79	1438.62	1508.50
diferencia	129.06	60.38	-81.24	-59.66	-99.76	-125.97	-126.20	-	-
%	12%	5%	-6%	-4%	-7%	-8%	-8%	-	-

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

En general, las emisiones para la serie 1990-2022 disminuyeron en torno a un 1% kt de CO_2-eq anuales respecto a la serie 1990-2016 (Figura 7.12).

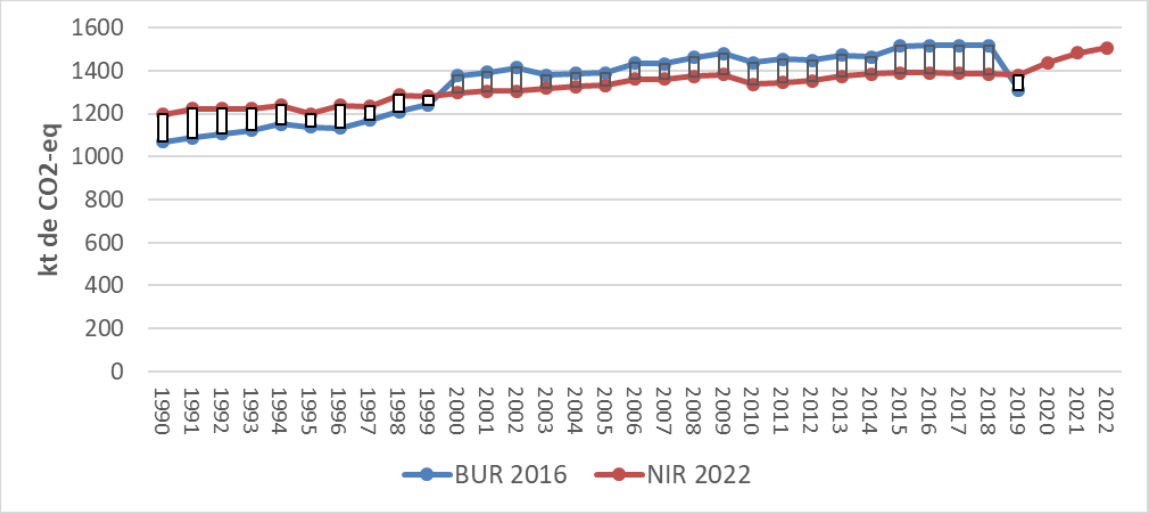


Figura 7. 12. Comparación entre emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) del INGEI de 2016 (serie 1990-2016) y el INGEI de 2022 (serie 1990-2022) (5.D.1). Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

7.5.2.8. Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico de Desechos en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Adquirir información detallada de la remoción de lodos y la recuperación de CH_4 en las plantas de tratamiento de las aguas residuales existentes en el país, para refinar la ecuación de la estimación de las emisiones y disminuir las incertidumbres de los datos de actividad.
- Adquirir datos precisos del porciento de población que utiliza sistemas sépticos y letrinas en zonas urbanas y rurales.

- ❖ Desarrollar proyectos de colaboración internacional que provean el financiamiento requerido para obtener los valores de B_o y *MCF* específicos del país para las vías de tratamiento principales. Con el fin de aplicar una metodología de nivel 2 para la estimación de las emisiones de CH_4, por ser una categoría principal del inventario.
- ❖ Aplicar los refinamientos de las metodologías de estimaciones para CH_4 y N_2O del Refinamiento de las Guías del IPCC 2019.
- ❖ Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: CO, NO_x y SO_x en esta subcategoría.

7.5.3. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (5.D.2)

7.5.3.1. Descripción de la subcategoría

Se consideran aguas residuales industriales a aquellas que derivan exclusivamente de las prácticas industriales. La composición de estas aguas y el contenido de materia orgánica degradable varía según el tipo de producción.

La estimación del potencial de producción de CH_4 se basa en la concentración de materia orgánica degradable en el agua residual, el volumen de esta y la propensión del sector industrial a tratar sus aguas residuales. Las aguas residuales pueden tratarse *in situ* o evacuarse hacia los sistemas de alcantarillados domésticos. Las emisiones de CH_4 de las aguas residuales industriales evacuadas hacia el alcantarillado deben calcularse en la subcategoría 5.D.1

Esta subcategoría incluye las emisiones de metano de los flujos de las aguas residuales industriales que contienen cargas de carbono y que se tratan bajo condiciones anaeróbicas. En este informe, las estimaciones fueron calculadas para los sectores industriales que las Directrices del IPCC (2006) proporciona valores por defecto. A partir de estos criterios fueron seleccionados:

- Producción de bebidas alcohólicas (incluye: producción de rones, producción de maltas y cervezas y producción de vinos).
- Producción de alimentos (incluye: productos lácteos con excepción del helado y las mantequillas, procesamiento de carnes incluidas las aves, procesamiento de pescados incluidos los mariscos y producción de aceites vegetales y grasas animales).
- Refinación del azúcar.
- Producción de pulpa y papel.
- Refinación del petróleo (incluye: todos los derivados).
- Producción de detergentes.

En general, solo una parte de las aguas residuales industriales recibieron tratamiento en sistemas de gestión. Los sistemas de tratamiento y eliminación fueron básicamente las lagunas anaeróbicas profundas y algunas plantas de tratamiento que operaron en cada año evaluado. El resto de las aguas reciben un pretratamiento mediante barreras físicas para separar las grasas y/o los sólidos más voluminosos y posteriormente van a un cuerpo de agua en movimiento. La información sobre la fracción de aguas residuales tratadas, así como el tipo de tratamiento para cada sector industrial se obtuvo de cada una de las industrias (Figura 7.13).

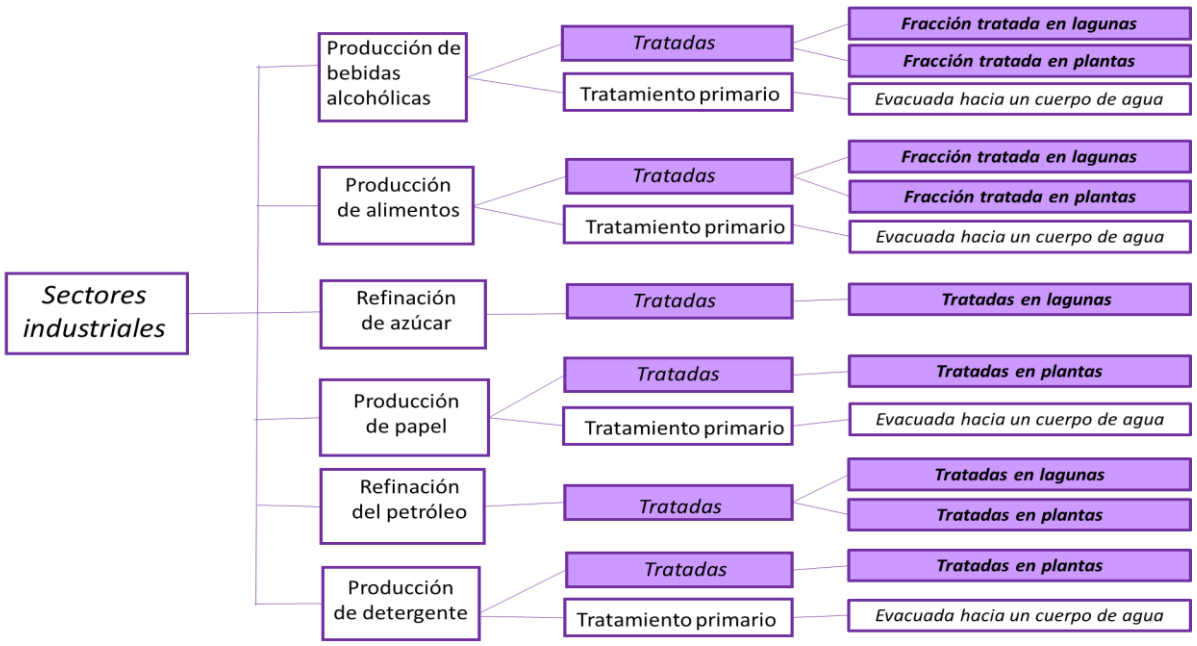


Figura 7. 13. Sectores industriales y sistemas de gestión de sus aguas residuales (5.D.2). Nota: Las emisiones correspondientes a los recuadros en color se calcularon en esta subcategoría. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

A continuación, se muestran las emisiones de CH_4 correspondientes al tratamiento y eliminación de las aguas residuales industriales (Tabla 7.31). Las emisiones en 2022 contabilizaron un total de 428.01 kt CO_2-eq. Este valor representa una disminución en un 39.99% respecto a 1990 y en un 41.25% con respecto a 2016.

Tabla 7. 31. Emisiones por gas en la subcategoría Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (5.D.2). Serie 1990-2022

Año	Emisiones de CH_4	
	(kt de CH_4)	(kt de CO_2-eq)
1990	25.47	713.20
1991	22.29	624.24
1992	14.14	395.84
1993	11.56	323.82
1994	15.35	429.87
1995	13.99	391.66
1996	12.93	361.99
1997	13.39	374.82
1998	14.73	412.47
1999	18.78	525.91
2000	20.13	563.52
2001	21.42	599.83
2002	24.10	674.83
2003	25.84	723.65
2004	17.56	491.70
2005	16.86	472.22
2006	18.03	504.92
2007	18.57	519.95
2008	22.20	621.66
2009	20.91	585.37
2010	23.27	651.52
2011	24.25	679.13
2012	24.87	696.27
2013	26.13	731.75
2014	25.12	703.29
2015	25.35	709.91
2016	26.02	728.53
2017	25.75	720.92

Año	Emisiones de CH_4	
	(kt de CH_4)	(kt de CO_2.eq)
2018	26.32	736.93
2019	24.93	697.96
2020	24.74	692.58
2021	19.27	539.56
2022	15.29	428.01

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

7.5.3.2. Aspectos metodológicos

La estimación de las emisiones de CH_4 se realizó mediante una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 5, Capítulo 6, Directrices del IPCC de 2006. La metodología es similar a la que se usa para las aguas residuales domésticas, sin embargo, esta tiene base en la Demanda Química de Oxígeno (COD del inglés *Chemistry Oxygen Demand*) y no en la *BOD*. Las emisiones de CH_4 fueron calculadas de: las aguas residuales industriales tratadas *in situ* en cada sector identificado con alto potencial de producción de CH_4.

Datos de actividad estadísticos y paramétricos

La variable de actividad empleada fue la cantidad de materia orgánica degradable del agua (*TOW*, del inglés *Total Organic Waste*) para cada sector industrial i. Para el cálculo de dicha variable se utilizaron datos de los Anuarios Estadísticos publicados por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI), y las Directrices del IPCC de 2006. La ecuación para su determinación es:

Ecuación 7.13. Materia orgánica degradable en las aguas residuales industriales (5.D.2)

$$\boldsymbol{TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot COD_i}$$

Fuente: Ecuación 6.6; Capítulo 6; Volumen 5; página 6.24; *Directrices IPCC de 2006.*

Donde:

- $\boldsymbol{TOW_i}$ = Total de materia orgánica en las aguas residuales de la industria *i* del año del inventario, kg de COD/año
- $\boldsymbol{P_i}$ = Producto industrial total del sector industrial i, t/año
- $\boldsymbol{W_i}$ = aguas residuales generadas, $m^3/t_{producto}$.
- $\boldsymbol{COD_i}$ = Demanda Química de Oxígeno, kg de COD/m^3
- $\boldsymbol{i}$ = Sector industrial

Los datos sobre la producción industrial (P_i) para cada sector identificado con alto potencial de producción de CH_4 se obtuvieron de las estadísticas nacionales (Serie de producciones industriales seleccionadas[46]). A continuación, se muestra la serie de producciones para cada sector industrial identificado (Tabla 7.32).

[46] https://www.onei.gob.cu

Tabla 7. 32. Producción industrial en toneladas por año para cada sector identificado en Cuba. Serie 1990-2022 (5.D.2)

Año	Conservas de frutas	Malta y cerveza	Vino	Carnes y aves	Productos lácteos	Refinación de azúcar	Procesamiento del pescado	Aceites vegetales y grasas	Rones	Pulpa y papel	Detergente	Refinería del petróleo
1990	103000	341294.5	10537.05	276378.5	2901300	656600	12814.8	33284.7	581100	102300	16300	6584500
1991	124200	317313.6	7940.1	193035.1	2897400	518300	12297	65640	614500	37600	14700	4636600
1992	103800	191194.7	16507.05	139139.6	749100	337800	10329.6	42318.4	456700	24500	10000	1658800
1993	66100	136808.9	18009.5	132640.3	905700	199800	9660.2	30063.8	388300	18500	6000	1770800
1994	73600	124294.4	15611.55	135439.1	856300	169300	9797.4	17736.8	592100	32100	6900	1529000
1995	112700	137660.4	12168.85	150154.7	654300	174300	10944.9	13645.2	529000	20300	7200	1552200
1996	135900	155921.7	12178.8	158604.9	410100	193000	12385.5	20072.3	475800	13900	9700	1916600
1997	144100	168836.8	11452.45	159246	390700	205900	11535.5	25249.9	499000	12500	11100	1430200
1998	140400	182806.3	12795.7	163536.2	853100	222600	9289.6	21855.5	540000	10500	12800	1187800
1999	132400	210181.8	14775.75	163419.1	2920900	267575	10750.7	27394.1	603300	9800	14100	1062100
2000	127500	225936.8	15512.05	166932.9	3889700	279217	10982.9	19563.8	594100	11400	15700	2212900
2001	121900	234641.1	14009.6	151406.8	4754700	284600	10453.8	16737.4	612500	9000	17900	2310000
2002	85700	250338.3	10696.25	143039	6474100	249100	13022.2	35635.6	676900	6200	17700	1840200
2003	114000	247121.8	10984.8	141386.9	7530700	171800	10241.6	43746.1	709300	9000	14900	2550700
2004	127400	238458.9	9880.35	147269.7	399100	246600	11059.7	43448.5	728200	9200	19100	2207100
2005	111700	243884.3	9472.4	168404.2	332500	159100	12176.9	50375.2	728700	9100	16200	2284800
2006	103000	247693.2	9343.05	173077.6	370200	159800	12814.8	28831.7	793500	10000	18800	2176500
2007	100900	262292.1	10099.25	214000.6	370100	109800	11078.2	37740	833900	9400	17300	2303200
2008	108000	267712.3	10596.75	229483.3	354800	246800	12223.8	43101.4	967000	8500	22100	5196300
2009	119400	267282.6	10338.05	221520.5	338300	302700	9880	47099.5	870500	7800	20500	5187400
2010	114500	277707.6	10706.2	218853.6	318200	322200	9717.5	28433.9	1001200	8500	22300	5004800
2011	130200	277828.5	11333.05	237579.2	315700	317600	9102.3	30145.7	1049400	8200	24400	4872000
2012	152100	273022.9	12338	242681.3	332900	347000	8944.7	25482.6	1056100	10000	24800	5109100
2013	140410	277518.3	11561.9	261128.6	306503.4	324900	11308.7	27258.6	1138526.2	10100	26000	5138919.2
2014	129841.5	274244.708	12441.6492	288095.3	302054.9	360000	11958.9	21074.3	1066227.1	9585.5	25871.9	4877100
2015	1 55998	287473.177	11448.072	306206.1	298298.8	328900	12931.3	19488.9	1079909	8144	29001.6	4526309.7
2016	151047	280644.644	11605.2522	327499.6	294031.1	341780	13316.9	17965.2	1119676.3	9302.5	34506.7	2205100
2017	142700	291342.712	11924.677	325303.4	256200	322600	10176.3	23919.3	1119800	7600	28500	2631600
2018	150500	277402.725	11343.7861	327238.1	298342	278300	11873.7	23212.3	1155695.7	11535	30580	2750700
2019	125574.8	272336.926	10543.2986	301962	257342	278350	10646.3	21002.8	1110568.6	7582	31351.8	1735327.4
2020	126566	163438.583	14356.2481	261727.4	294066.9	297100	8200.3	22282.5	1102832.1	10331	28227	2052000
2021	106902.79	117418.126	12997.7636	173981.78	284826.34	240200	6847.01	17980.16	851822.57	10714.75	30648.33	1461300
2022	82028.78	90721.8184	10970.4909	147432.44	209688.95	183300*	4871.16	10805.68	678712.22	9245.84	34189.5087	870600*

* Los valores fueron extrapolados ya que no están públicos al momento de realizar este INGEI. Fuente: Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET con base en la ONEI (2023)

Para la generación de residuales por sector (W_i) y la Demanda Química de Oxígeno (COD del inglés, *Chemical Oxygen Demand*) se usaron los valores por defecto del IPCC (Tabla 6.9, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.25, Directrices IPCC, 2006) (Tabla 7.33).

Tabla 7. 33. Generación de aguas residuales (W) y Demanda Química de Oxígeno (COD) por tipo de industria (5.D.2)

Tipo de industria	W (m^3/t)	COD (kg /m^3)
Conservas de frutas	20.00	5.00
Malta y cerveza	6.30	2.90
Vino	23.00	1.50
Carnes y aves	13.00	4.10
Productos lácteos	7.00	2.70
Refinación de azúcar	11.00	3.20
Procesamiento del pescado	13.00	2.50
Aceites vegetales y grasas	3.10	0.85
Rones	24.00	11.00
Pulpa y papel	162.00	9.00
Detergentes	2.50	0.80
Refinería de petróleo	0.60	1.00

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET con base en IPCC (2006)

La Figura 7.14 muestra el comportamiento del total de la materia orgánica degradable (*TOW*) de las aguas residuales industriales en Cuba, agrupadas en los procesos industriales que contienen mayor carga orgánica en sus residuales. En la década del 90 se observan notables reducciones del *TOW* debido a la crisis económica que enfrentó el país. Esta crisis propició una depresión de la industria y una reducción en las producciones.

En lo adelante la carga contaminante generada continúa su variación en respuesta a las condiciones adversas que enfrenta la industria cubana. En el quinquenio 1999-2003 el *TOW* disminuyó y en los años posteriores aumentó de forma gradual. La producción industrial volvió a decaer en el año 2021 debido a las reducciones económicas derivadas de las medidas para contener la pandemia de COVID-19. Aun así, se observa un aumento en el *TOW* derivado de la producción de bebidas alcohólicas.

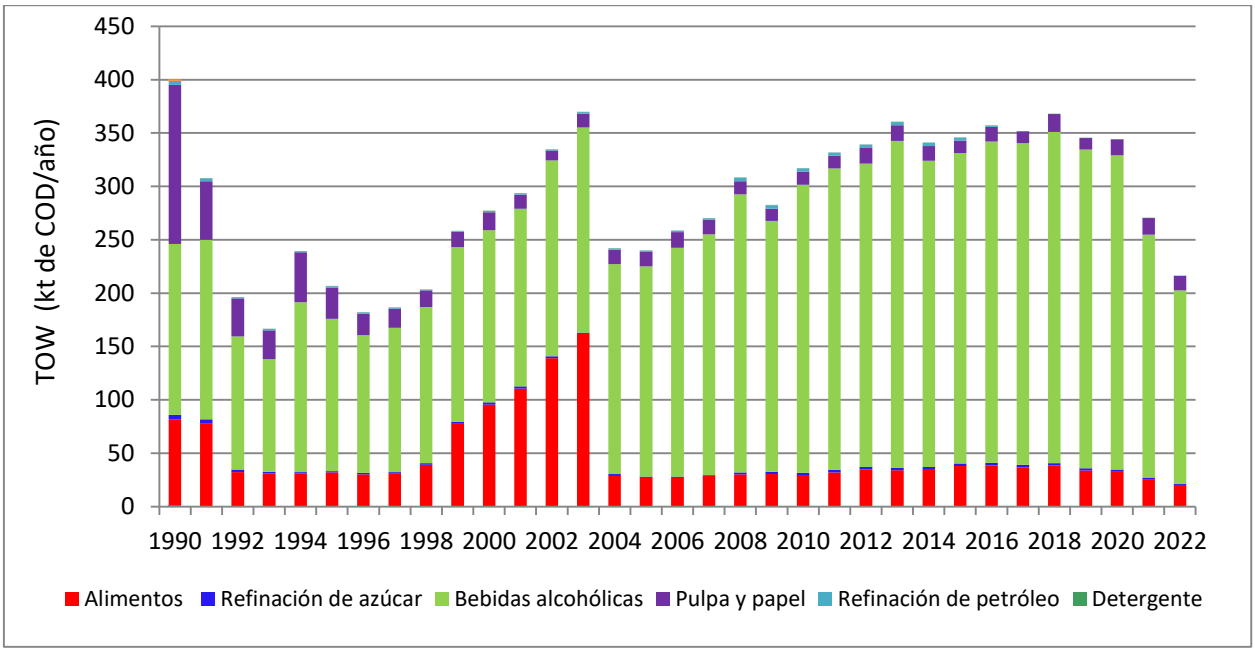


Figura 7. 14. Total de la materia orgánica degradable (TOW) de las aguas residuales industriales generadas en Cuba. Serie 1990-2022 (5.D.2). Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Factores de emisión

Los factores de emisión se obtuvieron a partir del análisis de las vías y los sistemas de tratamiento que emplea el sector industrial. Cada factor de emisión se calcula en función de la capacidad máxima de producción de CH_4 (B_o) y el factor corrector para el CH_4 (MCF_j) promedio ponderado de la industria respectiva. A continuación, se muestra la ecuación que se utiliza para el cálculo:

Ecuación 7.14. Factor de emisión de CH_4 para las aguas residuales industriales (5.D.2)

$$\boldsymbol{EF_j = B_o \cdot MCF_j}$$

Fuente: Ecuación 6.5; Capítulo 6; Volumen 5; página 6.23; *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- $\boldsymbol{EF_j}$ = Factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento *j*, kg de CH_4/kg de COD
- $\boldsymbol{B_o}$ = Capacidad máxima de producción de CH_4, kg de CH_4/kg de COD
- $\boldsymbol{MCF_j}$= Factor corrector para el CH_4 para la vía o sistema de tratamiento j

Los EF_j se calcularon con valores por defecto para B_o de 0.25 kg de CH_4/kg de COD (Capítulo 6, Volumen 5, página 6.23, Directrices IPCC, 2006) y MCF (Tabla 6.8, Capítulo 6, Volumen 5, página 6.23, Directrices IPCC, 2006). A continuación, se muestran los valores de MCF, así como los factores de emisión calculados para cada sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas (Tabla 7.34).

Tabla 7. 34. Valores de MCF y factores de emisión correspondiente para cada sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales (5.D.2)

Tipo de vía o sistema de tratamiento	MCF	EF_j
Planta de tratamiento aeróbico bien operada	0.00	0.00
Planta de tratamiento aeróbico mal operada	0.30	0.08
Laguna anaeróbica profunda	0.80	0.20

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

La fracción de los efluentes industriales tratados *in situ* en cada sector industrial y el tipo de tratamiento que reciben fue obtenido de cada una de las industrias o ministerios responsables (Tabla 7.35).

Tabla 7. 35. Fracción de las aguas residuales industriales tratadas en Cuba por tipo de tratamiento (5.D.2)

Sector Industrial	Tratadas en			Fuente
	Lagunas anaeróbicas	Plantas aeróbicas	Plantas aeróbicas mal operadas	
Conservas de frutas	0.38	-	-	OSDE Agroalimentaria Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL)
Malta y cerveza	0.44	-	-	
Vino	0.11	-	-	
Carnes y aves	0.44	0.05	-	
Productos lácteos	0.34	0.14	-	
Refinación de azúcar	1.00	-	-	AZCUBA
Procesamiento del pescado	0.55	-	-	OSDE Agroalimentaria MINAL
Aceites vegetales y grasas	0.25	-	-	
Rones	0.33	0.16	-	
Pulpa y papel	-	-	0.33	MINDUS (CIIQ)
Detergentes	-	-	1.00	Suchel Camacho S.A
Refinería de petróleo	0.75	0.25	-	MINEM (CUPET)

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones de CH_4 estimadas estuvieron constituidas por la sumatoria de los productos de la carga orgánica y el factor de emisión para cada sector industrial:

Ecuación 7.15. Emisiones totales de CH_4 procedentes de las aguas residuales industriales (5.D.2)

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4 = \sum[(TOW_i - S_i) \cdot EF_j - R_i]}$$

Fuente: Ecuación 6.4; Capítulo 6; Volumen 5; página 6.22; *Directrices IPCC de 2006*

Donde:

- $\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4}$ = Emisiones de CH_4 durante el año de inventario, kg de CH_4/año.
- $\boldsymbol{TOW_i}$ = Total de materia orgánica en las aguas residuales de la industria *i* del año del inventario, kg de COD/año
- $\boldsymbol{S_i}$ = Componente orgánico separado como lodo durante todo el año de inventario para el sector industrial *i*, kg de COD/año
- $\boldsymbol{R_i}$= Cantidad de CH_4 recuperada durante el año del inventario por el sector industrial *i*, kg de CH_4/año
- $\boldsymbol{EF_j}$ = Factor de emisión para la vía o sistema de tratamiento *j*, kg de CH_4/kg de COD. Si en una industria se utiliza más de un tipo de tratamiento, este factor debe corresponder a un promedio ponderado

No se pudo recolectar información sobre el componente orgánico separado como lodo ($\boldsymbol{S_i}$) ni de la cantidad de CH_4 recuperada ($\boldsymbol{R_i}$), por lo que se empleó el valor por defecto 0.

7.5.3.3. Descripción de cualquier flexibilidad aplicada

No aplica

7.5.3.4. Incertidumbres y coherencia de la serie temporal

La incertidumbre combinada de la subcategoría es de ±39.05%. No se cuenta con información nacional de la incertidumbre de los datos de actividad y el factor de emisión. Se emplearon los valores recomendados en el Volumen 5, Capítulo 6 de las *Directrices del IPCC de 2006* (Cuadro 6.7; página 6.18 y Cuadro 6.10; página 6.25). Se concluye que la mayor fuente de incertidumbre en la categoría corresponde al uso de datos por defecto (Tabla 7.36).

Tabla 7. 36. Resumen incertidumbre combinada de las estimaciones del Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (5.D.2). Serie 1990-2022

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	25.00	25.00	30.00	30.00	39.05	39.05

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Para mantener la consistencia de la serie temporal 1990-2022 se usaron los mismos factores de emisión y la misma fuente de datos de actividad, tanto estadísticos como paramétricos. La información sobre los efluentes cubre las principales industrias del país que generan aguas residuales con carga orgánica de interés. Se detalló además un desglose del tipo de tratamiento recibido para cuantificar de forma correcta las emisiones de cada proceso industrial.

7.5.3.5. Procedimiento de garantía y control de la calidad y verificación

Control de la calidad

Durante la actualización del cálculo de las emisiones de la subcategoría se aplicó la recomendación de control de calidad de las *Directrices del IPCC de 2006* y las actividades propias del Equipo Técnico de Desechos. Algunas de estas actividades rutinarias para el control de la calidad fueron 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 (NIR) y las tablas CRT, para garantizar que en todos 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 y el NIR.
- Chequeo con actores claves y expertos externos al equipo sectorial de la consistencia de los datos de actividad, paramétricos, factores de emisión y los supuestos adoptados para las estimaciones en la subcategoría.

Garantía de la calidad

La documentación y el cálculo de las emisiones fueron revisadas por expertos de la ONEI y de cada sector industrial correspondiente.

Verificación

No se realizaron actividades de verificación

7.5.3.6. Recálculos

Durante el presente proceso de actualización se realizaron cambios en los datos de actividad:

- Los datos que se utilizaron en los cálculos de las emisiones de CH_4 caracterizan las aguas residuales industriales según los diferentes sistemas de tratamiento, considerando de forma desagregada las fracciones tratadas para cada sector en: lagunas anaeróbicas profundas y/o plantas de tratamiento. Mientras que en el INGEI anterior se consideró que el 20% de los efluentes de todos los sectores industriales eran tratados en lagunas anaeróbicas.

- Las fuentes más importantes de aguas residuales industriales con alto potencial de producción de CH_4 identificadas fueron: producción de rones, producción de maltas y cervezas, producción de vinos, productos lácteos, procesamiento de carnes, procesamiento de pescados y producción de aceites vegetales y grasas animales, refinación del azúcar, producción de pulpa y papel, refinación del petróleo y producción de detergentes. En el INGEI anterior (2016) no se incluía la producción de malta y se incluían la producción de fertilizantes y la producción de jabones. Las dos últimas producciones fueron excluidas en el presente informe ya que, según expertos del sector industrial, en el proceso de fabricación de estos productos en Cuba, no se generan residuales líquidos.

La Tabla 7.37 muestran la variación de las emisiones de la subcategoría respecto al INGEI anterior (2016). Las diferencias se debieron al ajuste de la actividad productiva que se realizó en base a criterios de experto de cada sector industrial. También influyó el cambio en la asunción de la fracción del efluente que es tratada en cada sector.

Tabla 7. 37. Comparación entre emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) del INGEI de 2016 (serie 1990-2016) y el INGEI de 2022 (serie 1990-2022) (5.D.2)

INGEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2020	2022
BUR 2016	1069.31	1140.03	1378.38	1391.07	1438.50	1515.64	1517.99	-	-
NIR 2022	1799.39	1503.14	1741.21	1669.34	1855.17	1952.64	1971.12	1988.44	1796.64
diferencia	730.08	363.11	362.83	278.27	416.67	437.00	453.13	-	-
%	68%	32%	26%	20%	29%	29%	30%	-	-

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Las emisiones de la serie 1990-2022 respecto a la serie 1990-2016 aumentaron en torno a un 23% kt de CO_2-eq anuales (1990-1993); un 15% kt de CO_2-eq anuales (1993-1999); un 80% kt de CO_2-eq anuales (1999-2003); un 104% kt de CO_2-eq anuales (2003-2008) y en un 121% kt de CO_2-eq anuales (2008-2016).

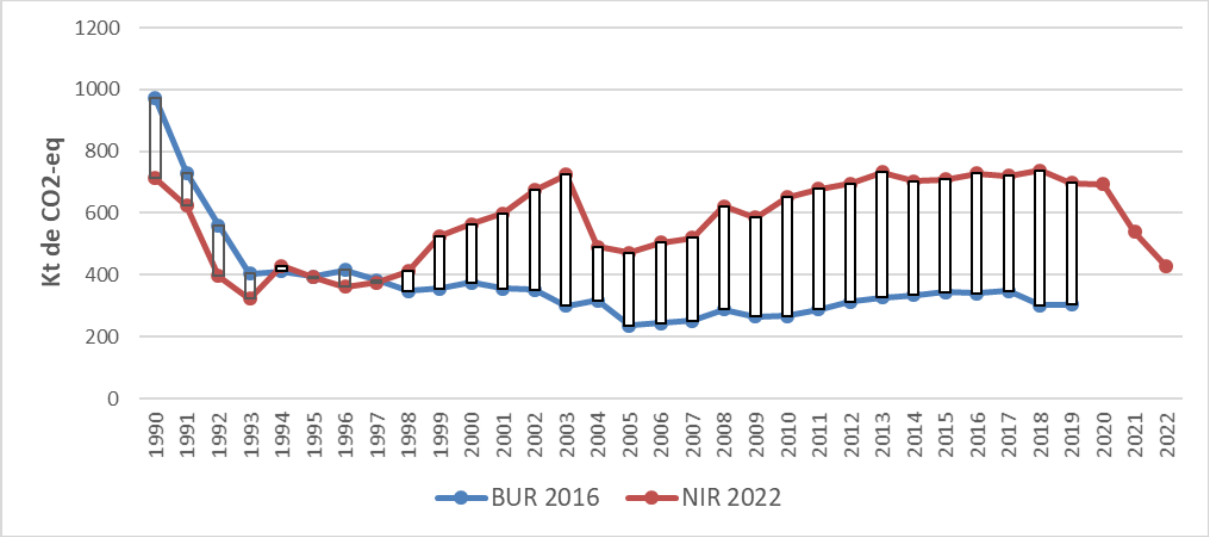


Figura 7. 1. Comparación entre emisiones de GEI (kt de CO_2-eq) del INGEI de 2016 (serie 1990-2016) y el INGEI de 2022 (serie 1990-2022) (5.D.2). Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

7.5.3.7. Plan de mejoramiento

Teniendo en cuenta el análisis hecho por el Equipo Técnico de Desechos en función de los principales vacíos de la categoría y a las recomendaciones de la revisión de expertos nacionales del INGEI, las mejoras planificadas para la categoría son las siguientes:

- Obtener información detallada de los flujos de generación de aguas residuales y de los valores de *COD* propios del país para cada sector industrial con el fin de aplicar una metodología de nivel 2 para la estimación de las emisiones de CH_4, por ser una categoría principal del inventario.

- Generar MCF propios de país a partir de juicios de expertos para los sectores industriales con mayor potencial de producción de CH_4.

- Adquirir información detallada de la remoción de lodos y la recuperación de CH_4 en las plantas de tratamiento de las aguas residuales existentes en las industrias, para refinar la ecuación de la estimación de las emisiones y disminuir las incertidumbres de los datos de actividad.

- Aplicar los refinamientos de las metodologías de estimaciones para CH_4 y N_2O del Refinamiento de las Guías del IPCC 2019.

- Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI: CO, NO_x y SO_x en esta subcategoría.

CAPÍTULO 8: OTROS SECTORES

No se informan gases de efecto invernadero en el sector 6 del CRT

CAPÍTULO 9: EMISIONES INDIRECTAS DE CO_2 Y N_2O

Las emisiones indirectas de N_2O derivadas de fuentes distintas del Sector Agricultura y las emisiones indirectas de CO_2 resultantes de la oxidación atmosférica del CH_4, el CO y los COVDM no fueron determinadas, ya que el país aún no ha desarrollado las capacidades para realizar estas estimaciones.

CAPÍTULO 10: RECÁLCULOS Y MEJORAS

10.1. Explicaciones y justificaciones de nuevos cálculos

La revisión regular de los procesos seguidos durante el ciclo de realización del inventario y las actualizaciones metodológicas aplicadas para estimar las emisiones y absorciones de GEI, contribuyen a la mejora continua de los indicadores de calidad del INGEI en Cuba.

Durante el presente proceso de actualización del INGEI de Cuba se realizaron cambios respecto al INGEI anterior (serie 1990-2016), presentado en el Primer Informe Bienal de Actualización (IBA) y en la Tercera Comunicación Nacional. Las emisiones de GEI en este INGEI se calcularon utilizando los valores de potencial de calentamiento global (PCG) del quinto *Assessment Report* (AR5) a diferencia de la serie 1990-2016 calculada con los valores de PCG del segundo *Assessment Report* (AR2).

Con el objetivo de poder comparar las implicaciones de los recálculos realizados, en este capítulo se aplicaron estos valores de PCG del AR5 para el cálculo de las emisiones en CO_2 equivalente del INGEI, serie 1990-2016.

Este INGEI ha sido elaborado completamente en conformidad con las *Directrices del IPCC de 2006,* a diferencia del INGEI anterior (serie 1990-2016); donde la subcategoría de Tierras Forestales que permanecen como tales se estimó siguiendo las Guías Revisadas del IPCC de 1996. Para este inventario se mejoraron, además, aspectos metodológicos para los sectores: IPPU, Agricultura y Desechos para toda la serie temporal.

En los aspectos transversales se realizaron importantes mejoras. Como, por ejemplo: el fortalecimiento de los arreglos institucionales para la preparación del INGEI, el proceso de consulta y aprobación oficial del inventario, el plan de control y garantía de la calidad, el proceso de archivo de la información, así como los aspectos metodológicos del cálculo de las categorías principales y las incertidumbres.

10.2. Implicaciones para los niveles y tendencias de emisiones y absorciones

Los ajustes realizados en los sectores IPPU, Agricultura, UTCUTS y Desechos para toda la serie temporal ofrecieron una visión más exacta del comportamiento de las emisiones del país. Se observó un aumento de las emisiones netas respecto al INGEI anterior que osciló en torno al 62.23% (Tabla 10.1). Dicho aumento estuvo fundamentalmente determinado por las mejoras metodológicas del sector Agricultura, en su principal fuente de emisión de GEI: el ganado bovino y el sector Desechos, por las categorías: *Disposición en tierra de desechos sólidos y Tratamiento y descarga de aguas residuales*.

Tabla 10. 1. Comparación entre las emisiones netas (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016)

Emisiones netas	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2020	2022
IBA 2016	33607.48	18654.37	23886.26	20387.86	22440.05	19114.59		
NIR 2022	49067.61	31629.13	36970.99	33178.76	34796.00	30901.54	21718.89	21630.03
Diferencia	15460.13	12974.76	13084.73	12790.90	12355.95	11786.96		
%	46.00%	78.58%	110.54%	108.57%	86.01%	69.55%		

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Las mejoras implementadas no implicaron cambios en la tendencia general de las emisiones y absorciones del país (Figura 10.1). En los últimos años de la serie se observó también una tendencia a la disminución. Debido a los efectos de las medidas sanitarias tomadas durante la pandemia Covid-19 y el recrudecimiento de las medidas del bloqueo financiero y económico impuesto por el gobierno de los Estados Unidos, que afecta todas las actividades económicas en el país.

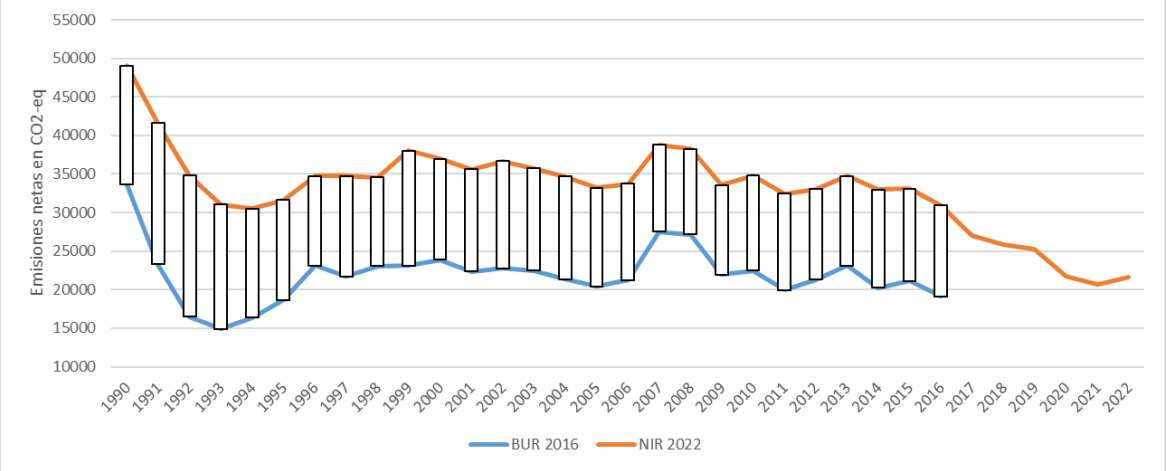


Figura 10. 1. Comparación entre las emisiones netas (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016). Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

10.2.1. Nuevos cálculos del sector IPPU (CRT 2)

En el presente INGEI se estimaron por primera vez, las emisiones de GEI en las subcategorías *2.A.4.a Cerámicas*, *2.B.5.b Producción de carburo de calcio*, *2.D.1. Uso de lubricantes* y *2.G.3.a. Aplicaciones médicas.* En las categorías: *2.A.1 Producción de cemento, 2.A.3 Producción de vidrio, 2.B.2 Producción de Ácido Nítrico* se realizaron nuevos cálculos en las series temporales. En consecuencia, las emisiones del sector en el presente INGEI aumentaron alrededor de un 8.54% respecto a las reportadas en el IBA de 2016 (Tabla 10.2).

Tabla 10. 2. Comparación entre las emisiones del sector IPPU (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016)

Emisiones netas	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2020	2022
IBA 2016	2915.52	995.63	949.28	1135.47	1023.04	768.95		
NIR 2022	3651.11	1027.72	1005.75	1234.72	1118.18	844.06	583.29	354.33
Diferencia	735.59	32.09	56.47	99.25	95.14	75.11		
%	25.23%	20.23%	8.02%	3.26%	8.26%	3.22%		

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

El incremento en las estimaciones del INGEI 2022 en este sector fueron fundamentalmente por la mejora en los datos de actividad y paramétricos que permitieron realizar estimaciones de GEI más adecuadas a la realidad del país. En la Tabla 10.3 se detallan las mejoras implementadas en el sector IPPU.

Tabla 10.3. Recálculos y mejoras implementadas en el sector IPPU

Categoría/Subcategoría	Mejora aplicada	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
2.A.1 Producción de cemento	Se obtiene la serie de datos de actividad sobre la producción de clinker para todos los años del periodo desagregados por fábricas	Exactitud	DA
	Se obtiene la serie anual de contenido de óxido de calcio en el clinker lo que posibilita obtener un factor de emisión propio de país para cada año y para cada fábrica.	Exactitud	DP y FE (CS)
2.A.3 Producción de vidrio	Completamiento con métodos de relleno de serie (interpolación), la serie temporal a partir de los datos del periodo 2017-2022 y los años pares del periodo 1990-2004.	Coherencia	DA
	Desagregación de los datos de producción de vidrio por tipos de vidrios lo que permitió aplicar un método de Nivel 2	Exactitud	DA
	Utilización de la proporción real de cullet para el periodo 2015-2019.	Exactitud	DP
2.A.4.a. Otros usos de carbonatos en los procesos	Se incluye por primera vez esta subcategoría a partir de los datos de actividad de la producción de cerámicas y la obtención de datos paramétricos necesarios para el cálculo.	Exhaustividad	DA, DP
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	Se actualiza los primeros años de la década de 1990 a partir de la inclusión de los datos de actividad de otras plantas no consideradas.	Exactitud	DA
2.B.5 b. Producción de Carburo de Calcio	Se incluye por primera vez el consumo de esta sustancia para toda la serie temporal	Exhaustividad	DA
2.D.1 Uso de lubricantes	Se incluye por primera vez esta subcategoría a partir de los datos de actividad del consumo de grasas y lubricantes desagregados	Exhaustividad	DA
2.G.3. a. N_2O del uso de productos	Se incluye por primera vez esta subcategoría a partir de los datos de producción y consumo de N_2O con fines médicos.	Exhaustividad	DA

DA: Dato de actividad, FE: Factor de emisión, DP: Dato Paramétrico. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

La tendencia de la serie temporal no se vio afectada por los cambios y mejoras introducidas (Figura 10.2). Los descensos registrados en la tendencia se relacionan con las coyunturas económicas sufridas en el país. En la figura se observa que las emisiones del sector IPPU

han sido en gran magnitud afectadas por las circunstancias nacionales desde 1990 y aún no se ha podido recuperar.

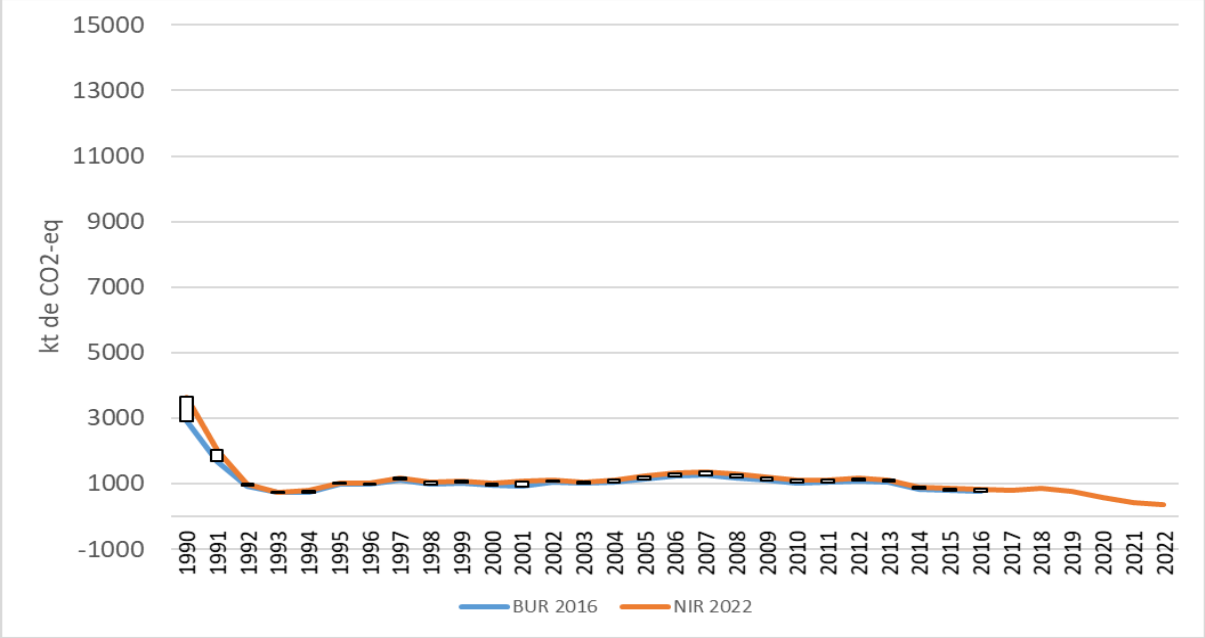


Figura 10. 2. Comparación entre las emisiones del sector IPPU (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016). Fuente: Equipo Técnico del INEI, INSMET

10.2.2 Nuevos cálculos del sector Agricultura (CRT3)

En el presente INGEI se contabilizaron por primera vez, las emisiones de GEI en las subcategorías 3.*D.1.b Fertilizantes orgánicos, 3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo* y *3.D.1.d Residuos de cosechas*. En las categorías: *3.A. Fermentación entérica, 3.B Gestión del estiércol, 3.C. Cultivo del arroz* y las subcategorías *3.D.1.a Suelos agrícolas. Fertilizantes inorgánicos* se realizaron nuevos cálculos en las series temporales. En consecuencia, las emisiones del sector en el presente INGEI se incrementaron en un 57.61% respecto a las reportadas en el IBA de 2016; por las mejoras metodológicas realizadas principalmente en las subcategorías *3.A.1 Fermentación entérica. Ganado vacuno* y *3.B.1 Gestión del estiércol*. *Ganado vacuno* (Tabla 10.4).

Tabla 10.4. Comparación entre las emisiones del sector Agricultura (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016)

Emisiones netas	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2020	2022
IBA 2016	12290.53	9140.64	8783.85	7424.64	7940.68	8216.77		
NIR 2022	16588.66	13435.13	13997.13	12189.88	12696.51	12848.93	11466.51	10540.66
Diferencia	4298.13	4294.49	5213.28	4765.24	4755.82	4632.16		
%	34.97%	53.08%	70.75%	52.90%	56.83%	46.98%		

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

El incremento en las estimaciones del INGEI 2022 en este sector fueron fundamentalmente por una mayor exhaustividad y exactitud en los datos de actividad y paramétricos del ganado vacuno propios del país. Lo cual permitió, la estimación de factores de emisión CH_4

específicos de país para gestión del estiércol y refinar los de fermentación entérica (Nivel 2); así como la aplicación de un TIER 2 para el N_2O. En la Tabla 10.5 se detallan las mejoras implementadas en el sector Agricultura.

Tabla 10.5. Recálculos y mejoras implementadas en el sector Agricultura

Categoría/Subcategoría	Mejora aplicada	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
Sector Agricultura	Reporte de los sectores: Agricultura y UTCUTS separados.	Adherencia a las directrices CMNUCC (Dec 18/CMA.1)	-
3.A.1 *Ganado vacuno*	Datos de actividad y paramétricos desagregados para Vacas lecheras maduras, Otro ganado vacuno maduro y Ganado vacuno en crecimiento lo que permitió la estimación de factores de emisión específicos de país más refinados para un Nivel 2.	Exactitud	DA, DP, FE (CS)
3.A.3 *Porcinos*	Datos de actividad específicos de país desagregados en Porcinos> de 6 meses y Porcinos <de 6 meses de edad	Exactitud	DA
3. B. Gestión del Estiércol	Revisión y Actualización de los SGE para las distintas especies de la ganadería en Cuba y de la fracción de población animal para los distintos SGE se determinó con base en los criterios de expertos	Exactitud	DA, DP
3.B.1. *Ganado vacuno*	uso de metodologías de Nivel 2 para CH_4 (cálculo de factores de emisión específicos de país)	Exactitud	FE (CS)
	uso de metodologías de Nivel 2 para N_2O (cálculo de la tasa de excreción anual del N (Nex(T))	Exactitud	DP
3.C. Cultivo del arroz	Datos desagregados por provincias provenientes del Departamento de Arroz de la Dirección Técnica Productiva del GAG	Exactitud	DA
	factores de emisión diarios ajustados para la campaña de frío y la campaña de primavera	Transparencia	FE
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	datos de actividad de las cantidades de fertilizantes inorgánicos nitrogenados de toda la serie temporal, que incluyó a los importados y de producción nacional, también se amplió los tipos de fertilizantes	Exactitud	DA
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	Por primera vez se obtienen los datos de actividad para la estimación de esta subcategoría	Exhaustividad	DA
3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	Por primera vez se obtienen los datos de actividad para la estimación de esta subcategoría	Exhaustividad	DA
3.D.1.d Residuos de cosechas	Por primera vez se obtienen los datos de actividad para la estimación de esta subcategoría	Exhaustividad	DA

DA: Dato de actividad, FE: Factor de emisión, DP: Dato Paramétrico

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

La tendencia de la serie temporal no se vio afectada por los cambios y mejoras introducidos (Figura 10.3). Los descensos de este sector se producen desde los inicios de la serie temporal y resulta marcado en los primeros cuatro años (1991-1994), cuando inicia en Cuba un largo período de crisis económica. La disminución continua en los últimos años de la

serie por los efectos de las medidas implementadas durante la COVID-19 y el recrudecimiento del bloqueo económico y financiero de los EE. UU a Cuba.

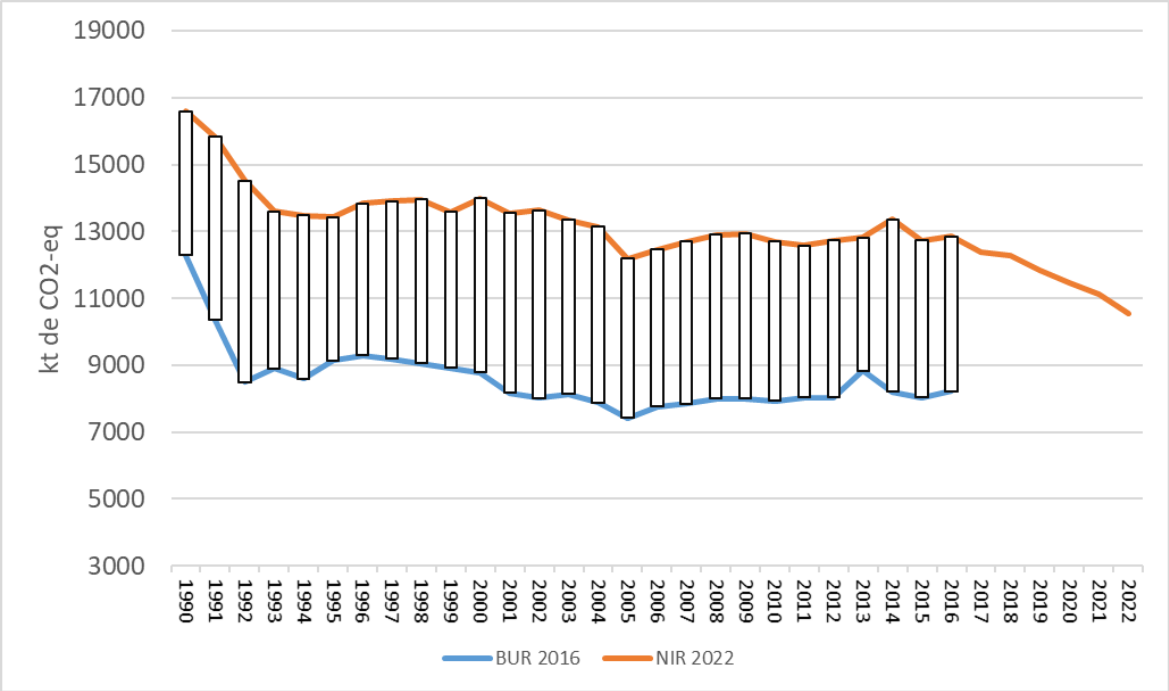


Figura 10. 3. Comparación entre las emisiones del sector Agricultura (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016). Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

10.2.3 Nuevos cálculos del sector UTCUTS (CRT 4)

Las diferencias en este sector fueron de 10.55% con respecto al entregado en el 1IBA, por la adopción de las *Directrices del IPCC, 2006* (Tabla 10.6). Las variaciones fueron debido a la adición de la relación entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea a los cálculos de ganancia y pérdida de biomasa, sin cambios en los datos paramétricos ya utilizados anteriormente (Tabla 10.7).

Tabla 10. 6. Comparación entre las emisiones del sector UTCUTS (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016)

UTCUTS CRT 4	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2020	2022
IBA 2016	-10141.48	-14687.29	-15834.39	-18264.16	-21717.45	-24534.23		
NIR 2022	-12576.48	-16918.21	-17449.33	-19843.11	-23346.49	-26713.65	-28241.19	-27766.06
Diferencia	-2435.00	-2230.92	-1614.93	-1578.95	-1629.04	-2179.42		
%	24.01%	22.99%	22.09%	22.15%	22.19%	15.19%		

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 10.7. Recálculos y mejoras implementadas en el sector UTCUTS

Categoría/Subcategoría	Mejora aplicada	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
Sector UTCUTS	Reporte de los sectores: Agricultura y UTCUTS separados.	Adherencia a las directrices CMNUCC (Dec 18/CMA.1)	-
4.A.1 Tierra forestales que permanecen como tales	Cambio en la metodología de las Directrices IPCC de 1996 a 2006	Adherencia a las directrices CMNUCC (Dec 18/CMA.1)	-
4.A.1 Tierra forestales que permanecen como tales	Adición de la biomasa subterránea	Coherencia	DA

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

La tendencia de la serie temporal no se vio afectada por los cambios (Figura 10.4). El incremento en las remociones de este sector es por el sostenido aumento de la superficie cubierta por bosques desde 1990 y a la continua disminución de las extracciones de biomasa forestal desde principios del siglo XXI.

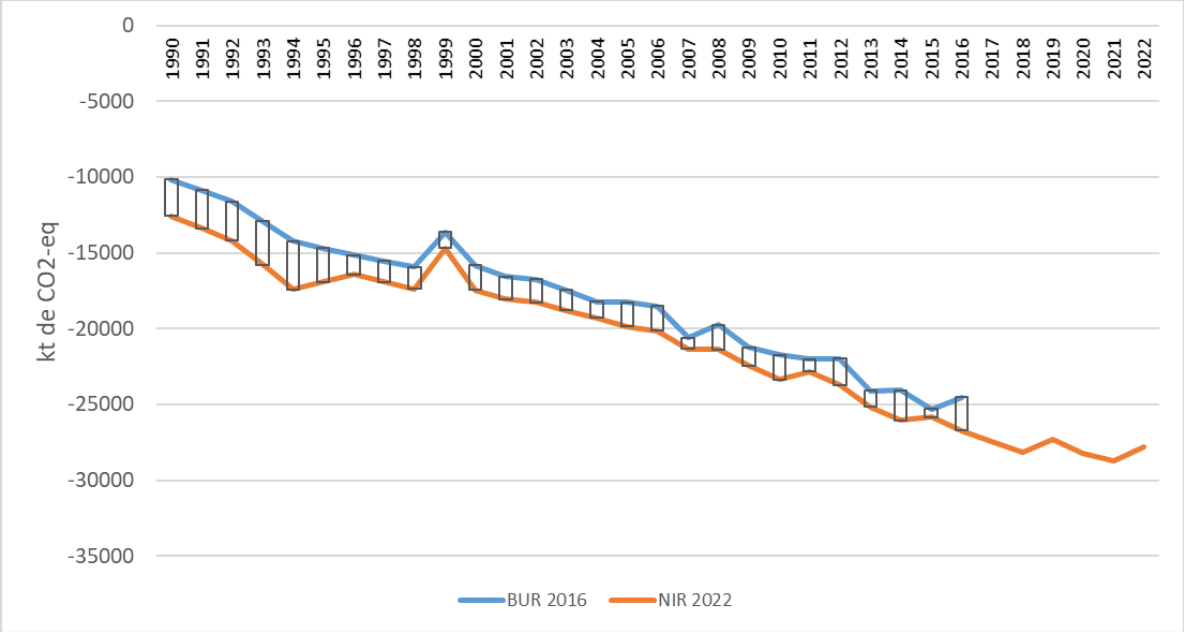


Figura 10. 4. Comparación entre las emisiones del sector UTCUTS (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016). Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET.

10.2.4. Nuevos cálculos del sector Desechos (CRT 5)

En el presente INGEI se incorporaron por primera vez las estimaciones de las categorías *5.B Tratamiento biológico de desechos* y *5.C Incineración e incineración abierta de desechos*. Además, se realizaron nuevos cálculos en las series temporales de las categorías restantes del sector. En consecuencia, las emisiones del sector en el presente INGEI se incrementaron 114.39% respecto a las reportadas en el IBA de 2016 (Tabla 10.8).

Tabla 10.8. Comparación entre las emisiones del sector Desechos (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016)

Emisiones netas	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2020	2022
IBA 2016	2372.40	2036.98	2197.42	2372.14	2594.28	2960.07		
NIR 2022	4728.72	4308.94	4718.19	5137.46	5673.18	6101.30	6589.11	6312.80
Diferencia	2356.32	2271.96	2520.76	2765.32	3078.90	3141.23		
%	99.32%	111.60%	111.69%	115.04%	114.02%	111.54%		

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

El incremento de las estimaciones de GEI en este sector fue por la mejora de los datos de actividad y paramétricos. Lo cual permitió realizar las estimaciones de GEI con transparencia y que reflejen de la forma más adecuada la realidad del país. En la Tabla 10.9 se detallan las mejoras implementadas en el sector Desechos.

Tabla 10. 9. Recálculos y mejoras implementadas en el sector Desechos

Categoría/Subcategoría	Mejora aplicada	Categorización de la mejora	Tipo de recálculo
5.A.3. Sitios no categorizados de disposición de desechos sólidos	Revisión y Actualización de la serie temporal de desechos sólidos dispuestos en vertederos	Exactitud	DA
	Revisión y Actualización de la serie temporal de la composición de los desechos sólidos generados en el país	Exactitud	DA
	Ajuste de la zona climática escogida para Cuba	Exactitud	DP
	Ajuste del valor del MCF correspondiente a sitios no categorizados de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006	Exactitud	DP
5.B. Tratamiento biológico de desechos	Estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O procedentes de la preparación de *compost*	Exhaustividad	DA
5.C.1 Incineración de desechos	Estimación de las emisiones de CO_2 procedentes de la incineración de desechos hospitalarios	Exhaustividad	DA
5.C.2 Incineración abierta de desechos	Estimación de las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O procedentes de los incendios no intencionales en sitios de disposición de desechos sólidos	Exhaustividad	DA
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Identificación y desagregación de la fracción de agua residual tratada según la población y el tipo de sistema de tratamiento	Transparencia	DA
	Ajuste del valor de BOD de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006	Exactitud	DA
5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Identificación y actualización de las fuentes de aguas residuales industriales con alto potencial de producción de CH_4	Transparencia	DA
	Identificación y caracterización de las aguas residuales industriales según los diferentes sistemas de tratamiento y desagregación de las fracciones tratadas por sector industrial	Transparencia	DA

DA: Dato de actividad, FE: Factor de emisión, DP: Dato Paramétrico. Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

La tendencia de la serie temporal no se vio afectada por los cambios y mejoras introducidos (Figura 10.5). El ascenso en la mayoría de los años se debió al aumento del consumo y el consecuente incremento de los desechos sólidos y líquidos generados. Los descensos registrados se relacionan con coyunturas económicas sufridas en el país.

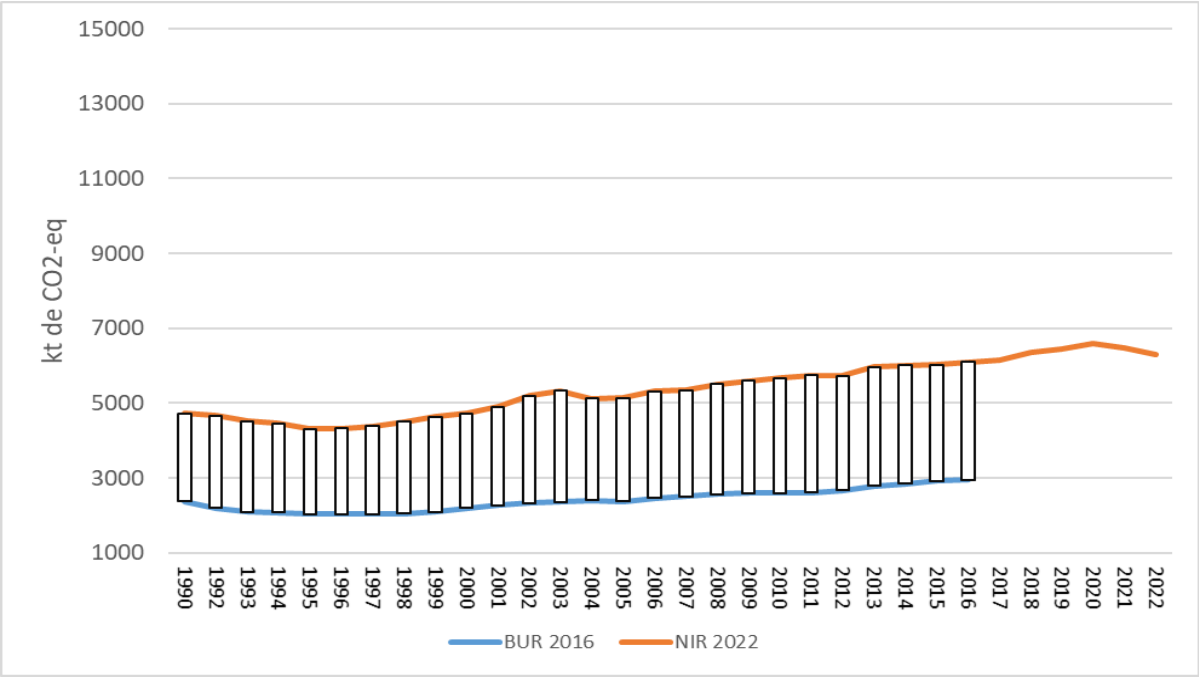


Figura 10. 5. Comparación entre las emisiones del sector Desechos (kt de CO_2-eq) del NIR 2022 (1990-2022) y el IBA 2016 (1990-2016). Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

10.3. Áreas de mejora y/o creación de capacidades

Las mejoras previstas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Cuba consideraron por un lado las de tipo transversal, que afectan al conjunto del INGEI y, por otro lado, las que se orientan a los sectores específicos de actividad (Tablas10.10; 10.11; 10.12; 10.13; 10.14 y 10.15).

Tabla 10.10. Mejoras planificadas. Aspectos transversales

Aspectos transversales				
Mejora planificada	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
Fortalecimiento de los Arreglos Institucionales	**Alta**	1990-2024	Adquisición y mejora de los datos de actividad y paramétricos para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI más adecuada a las circunstancias nacionales fundamentalmente en los sectores: Energía, IPPU y Desechos	**2026**
Implementación de un Subsistema de QA/QC	**Alta**	1990-2024	Elaborado Plan de QA/QC, Próximos pasos: Capacitación en sistemas de gestión de la calidad. Elaboración de Manual del Sistema de Gestión de la Calidad del INGEI, Procedimientos y Registros.	**2026**
Actualización de las metodologías con la adopción del Refinamiento, 2019	**Media**	1990-2026	Creación de las capacidades para su implementación	**2028**
Implementación de un Subsistema de archivos (plataforma con acceso en línea)	**Media**	1990-2026	Creación de las capacidades para su implementación y contar con el financiamiento necesario	**2028**
Empleo del enfoque 2 para la determinación de las categorías principales	**Media**	1990-2028	Creación de las capacidades para su implementación	**2030**
Empleo del método 2 (Monte Carlo) para la determinación de las incertidumbres	**Media**	1990-2028	Creación de las capacidades para su implementación y adquisición de la licencia del software	**2030**
Implementación de un Sistema de Gestión del NGEI	**Media**	1990-2028	Creación de las capacidades para su implementación y financiamiento	**2030**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 10.11. Mejoras planificadas. Sector Energía

Sector :Energía					
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1. A.1.Industrias de la Energía		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Contar con los factores de emisión específicos de país	Alta	1990-2028	Categoría principal. Para pasar a TIER superiores es necesario: Desarrollar proyectos de colaboración internacional que provean el financiamiento requerido para realizar mediciones para obtener factores de emisión específicos de país	2030
CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1. A.2.Industrias manufactureras y de la construcción		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Información sobre el consumo de combustibles desagregados por industrias	Alta	1990-2028	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles desagregados por tipo de industria del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINDUS y la ONEI para la obtención sistemática de los datos.	2030
CO_2, CH_4, N_2O	Factores de emisión específicos de país	Alta	1990-2030	Categoría principal. Para pasar a TIER superiores es necesario: Desarrollar proyectos de colaboración internacional que provean el financiamiento requerido para realizar mediciones para obtener factores de emisión específicos	2032
CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1. A.3.a. Aviación civil		

Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Refinación de la metodología para la estimación de las emisiones y disminuir las incertidumbres de los datos de actividad	Alta	1990-2028	Adquirir información detallada sobre los tipos de aeronaves que se utilizan en el país y cantidad de ciclos de aterrizaje y despegue (LTO), a las recomendaciones de la revisión de expertos.	2030
CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1. A.3.b. Transporte Terrestre		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Diferenciar los consumos por tipo de combustible y por tipo de transporte terrestre y tiempo de explotación	Alta	1990-2028	Categoría principal. Para pasar a TIER superiores es necesario: Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles desagregados por tipo de transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MITRANS, empresas transportistas y la ONEI para la obtención sistemática de los datos.	2030
CO_2, CH_4, N_2O	Determinar los tipos de tecnología de los motores y la existencia o no de convertidores catalíticos	Alta	1990-2028	Categoría principal. Para pasar a TIER superiores es necesario: Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles desagregados por tipo de transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MITRANS, empresas transportistas y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2030

CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1.A.3.d.i Navegación marítima y fluvial internacional		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Información sobre el consumo de combustibles de las naves que se dedican a la navegación marítima internacional	Media	1990-2030	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles desagregados por tipo de transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MITRANS, empresas marítimas portuarias y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2035
CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1.A.3. e.i Transporte por tuberías		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Información sobre el consumo de las estaciones de bombeo de tuberías	Baja	1990-2035	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles para transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM, y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2040
CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Baja	1990-2035	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2040
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1. A.5. No especificado		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora

CO_2, CH_4, N_2O	Información sobre la quema de combustibles en fuentes estacionarias y/o móviles que no se hayan especificado en otro lugar	Alta	1990-2026	Búsqueda de fuentes estacionarias y/o móviles que no hayan sido especificado en otro lugar	2028
CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 1.A. Actividades de quema de combustibles			Subcategoría: 1. A.4. Otros sectores		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Factores de emisión específicos de país	Alta	1990-2030	Categoría principal. Para pasar a TIER superiores es necesario: Desarrollar proyectos de colaboración internacional que provean el financiamiento requerido para realizar mediciones para obtener factores de emisión específicos	2032
CO, NO_x, SO_2, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1.B.2.a. Extracción de petróleo		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4	Contar con los volúmenes de totales de extracción y del gas en solución (RGP), específicos del país por yacimientos y pozos de extracción.	Media	1990-2030	Categoría principal. Para pasar a TIER superiores es necesario: Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de volúmenes procesados de petróleo y gases acompañante prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM y la ONEI para la obtención sistemática de los datos, o referencia de otro país que utiliza similar tecnología	2035
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2028

Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1. B.2.a.ii. Quema en antorcha de metano drenado o conversión a CO2		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Obtener Información sobre el volumen de gas natural que se queman en antorcha	Media	1990-2028	Establecimiento de mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles desagregados por tipo de transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM y la ONEI para la obtención sistemática de los datos, o referencia de otro país que utiliza similar tecnología	2030
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2028	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2030
Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1. B.2.a.iii. 1 Exploración		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4	Obtener Información sobre las emisiones fugitivas de la perforación de pozos de petróleo	Baja	1990-2035	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles para transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM, y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2040
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Baja	1990-2035	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2040
Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1. B.2.a.iii.5. Distribución de productos petrolíferos		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4	Obtener Información sobre las emisiones fugitivas del transporte y distribución de productos refinados	Baja	1990-2035	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles para transporte del país, establecer prioridades para ir abordando	2040

				los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM, CUPET y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Baja	1990-2035	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2040
Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1. B.2.a.iii.6. Otros		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4	Obtener Información sobre las emisiones fugitivas que no fueron contabilizadas	Baja	1990-2035	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos sobre emisiones fugitivas, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM, CUPET y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2040
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Baja	1990-2035	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2040
Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1. B.2.b.ii. Quema en antorcha		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Obtener Información sobre la quema en antorcha de gas natural en corriente de desechos de gas/vapor en instalaciones de gas	Baja	1990-2035	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles para transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM, CUPET y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2040
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Baja	1990-2035	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2040
Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1. B.2.b.iii.1 Exploración		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora

	Obtener Información sobre las emisiones fugitivas de la perforación de pozos de gas, pruebas de exploración con tuberías de perforación, agotamiento de pozos	Baja	1990-2035	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos de consumo de combustibles para transporte del país, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM, CUPET y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2040
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Baja	1990-2035	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2040
Categoría: 1.B.2. Emisiones fugitivas			Subcategoría: 1. B.2.b.iii.6. Otros		
Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4	Obtener Información sobre las emisiones fugitivas de sistemas de gas natural que no fueron contabilizadas	Baja	1990-2035	Establecer una mesa de coordinación para la definición de disponibilidad de datos sobre los volúmenes de sistemas de gas natural, establecer prioridades para ir abordando los componentes y establecer los arreglos institucionales correspondientes con MINEM, CUPET y la ONEI para la obtención sistemática de los datos	2040
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Baja	1990-2035	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2040

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 10.12. Mejoras planificadas. Sector IPPU

Sector: IPPU					
Categoría: 2.A. Industria de los Minerales					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
SO_x	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 2.A. Industria de los Minerales			**Subcategoría: 2.A.3 Producción de vidrio**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2	Contar con los factores de emisión específicos de país, Completamiento y certificación de la serie temporal de producción de la Fábrica de Vidrios La Lisa para el intervalo 2006-2016, y de la serie temporal de producción nacional de vidrio tipo recipiente para los años impares entre el 1990-2005.Determinar la proporción de cullet típica de la producción de vidrio en la Fábrica de Vidrios La Lisa para el intervalo 2006-2022, excepto del 2015 al 2019	Baja	1990-2028	Establecer los arreglos institucionales correspondientes con organismos y entidades nacionales que disponen de información.	2030
Categoría: 2.A. Industria de los Minerales			**Subcategoría: 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2	Lograr el completamiento y certificación de la serie temporal de fabricación de otros productos de cerámica como los accesorios sanitarios entre otros con la mayor desagregación posible. Obtener datos de actividad sobre otros usos de la ceniza de sosa, la producción de magnesia no metalúrgica y otros usos de los carbonatos. Recolectar datos de actividad de nivel nacional sobre la piedra caliza y la dolomita consumidas.	Baja	1990-2028	Establecer los arreglos institucionales correspondientes con organismos y entidades nacionales que disponen de información.	2030

Categoría: 2.B. Industria Química					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
NO_x	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 2.B. Industria Química			**Subcategoría: 2.B.2 Producción de Ácido Nítrico**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
N_2O	Completar la serie de producción anual nacional desglosada por las fábricas existentes en los primeros años de la década de 1990. Obtener información más específica sobre la planta de la Empresa Química "Revolución de Octubre" con el objetivo de determinar si existen métodos instalados de reducción de emisiones para mejorar el Nivel 2 así como la información necesaria para aplicar un método de Nivel 3.	Baja	1990-2028	Establecer los arreglos institucionales correspondientes con organismos y entidades nacionales que disponen de información.	2030
Categoría: 2.C. Industria de los Metales					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO, NO_x, SO_x, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
Categoría: 2.D. Productos no energéticos de combustibles y uso de disolventes			**Subcategoría: Uso de la cera de parafina**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2	Obtener los datos de actividad para la estimación de las emisiones de la categoría	Alta	1990-2026	Establecer arreglos institucionales para la obtención del dato de actividad de consumo nacional	2028
Categoría: 2.F. Uso de productos sustitutos de la SAO					

Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
HFC, PFC	Obtener los datos de actividad para la estimación de las emisiones de la categoría	Alta	1990-2026	Establecer arreglos institucionales con la Oficina de Regulación de Seguridad Ambiental (ORSA) para la obtención de los datos de actividad y criterio de expertos.	2028
Categoría: 2G. Manufactura y utilización de otros productos			**Subcategoría: 2. G.3. N_2O de usos de productos**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO, NO_x, SO_x, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores a partir de la composición química de los combustibles	2028
N_2O	Obtener el consumo real para toda la serie temporal 1990 – 2022 a partir de los datos sobre importación, exportación y producción.	Media	1990-2028	Establecer los arreglos institucionales correspondientes con organismos que disponen de información	2030

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 10.13. Mejoras planificadas. Sector Agricultura

Sector: Agricultura					
Categoría: 3.A. *Fermentación entérica*			**Subcategoría: 3.A.1 *Ganado vacuno***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CH_4	Caracterización mejorada del ganado vacuno desagregada por región agroclimática	**Baja**	1990-2030	Se cuenta con la información detallada de los sistemas de manejo y productividad del ganado vacuno, pero se debe buscar información detallada, por región, sobre su alimentación (Crear las capacidades en el MINAG)	**2032**
CH_4	Refinamiento de los factores de emisión propios de país	**Media**	1990-2028	Revisión más exhaustiva de los datos paramétricos, incluyendo fuentes secundarias para los datos de digestibilidad de los alimentos y pesos vivos.	**2030**
CH_4	Mejora de la determinación de las incertidumbres	**Alta**	1990-2026	Necesario para conocer si las mejoras metodológicas disminuyen o incrementan las incertidumbres. Capacitación de los recursos humanos en incertidumbres.	**2028**
Categoría: 3.B. *Gestión del Estiércol*					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	**Media**	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	**2028**
Categoría: 3.B. *Gestión del Estiércol*			**Subcategoría: 3. B.1. *Ganado vacuno***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CH_4	Refinamiento de los factores de emisión país específicos para las componentes animales de mayor importancia del ganado vacuno	**Media**	1990-2028	Revisión más exhaustiva de los datos paramétricos. Búsqueda de juicios de expertos y otras referencias.	**2030**

N_2O	Refinamiento de la metodología TIER 2	**Media**	1990-2028	Revisión más exhaustiva de los datos paramétricos. Búsqueda de juicios de expertos y otras referencias.	**2030**
CH_4, N_2O	Desarrollo de capacidades para la mejora de la determinación de las incertidumbres	**Alta**	1990-2026	Necesario para conocer si las mejoras metodológicas disminuyen o incrementan las incertidumbres	**2028**
Categoría: 3.C. Cultivo del arroz			**Subcategoría: 3.C.1. Irrigadas**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CH_4	Determinar la cantidad y tipos de agregados orgánicos que son incorporados al cultivo del arroz, permitiendo una estimación más precisa de la emisión de metano en esta categoría	**Alta**	**1990-2024**	Se identificó que los residuos de la cosecha son incorporados a los suelos	**2026**
NO_x, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	**Media**	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	**2028**
Categoría: 3.D. *Suelos agrícolas*					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
NO_x, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	**Media**	**1990-2026**	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	**2028**
Categoría: 3.D. *Suelos agrícolas*			**Subcategoría: 3. D.1. *Emisiones directas de N_2O de suelos agrícolas***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
N_2O	Mejorar la calidad y exhaustividad de los datos de actividad y aplicar la metodología TIER 2 en los componentes de mayor peso de esta categoría principal.	**Alta**	1990-2030	Recabar datos específicos de país para aplicar métodos de Nivel 2 en los componentes de mayor peso de esta categoría principal. Revisión más exhaustiva de los datos de actividad de los fertilizantes orgánicos Obtener los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI por mineralización / inmovilización vinculada a la ganancia/pérdida de carbono del suelo resultante del cambio del uso de la	**2032**

				tierra o de las prácticas de gestión de suelos minerales Incorporar otros cultivos agrícolas y revisión más exhaustiva de sus datos paramétricos Creación de las capacidades en el MINAG para la captación de la información	
Categoría: 3.D. *Suelos agrícolas*			**Subcategoría: *3. D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
N_2O	No incorporar la superficie bajo riego mecanizado al cálculo de las emisiones indirectas de N_2O por la lixiviación y la escorrentía.	**Alta**	1990-2026	Crear las capacidades en el MINAG para recopilar esta información	**2028**
Categoría: 3.E. *Quemas prescritas de sabanas*					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CH_4, N_2O	Captación de los datos de actividad	**Alta**	1990-2028	Creación de las capacidades en el MINAG para captar esta información	**2030**
Categoría: 3.F. *Quemas de residuos agrícolas*					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CH_4, N_2O	Captación de los datos de actividad	**Alta**	1990-2028	Creación de las capacidades en el MINAG para captar esta información	**2030**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 10.14. Mejoras planificadas. Sector UTCUTS

Sector: UTCUTS					
Categoría: 4.A. *Tierras Forestales*			**Subcategoría: 4.A.1. Tierras Forestales que permanecen como tales**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2, CH_4, N_2O	Desarrollo de capacidades para la mejora de la determinación de las incertidumbres	**Alta**	1990-2026	Necesario para conocer si las mejoras metodológicas disminuyen o incrementan las incertidumbres	2028
CO_2, CH_4, N_2O	Completar los datos a captar sobre los efectos de las perturbaciones y definir su adecuación a los requerimientos del Inventario. DSEF	**Alta**	2025	Gestiones en desarrollo con la DSEF y el CGB. Requiere nuevas regulaciones, modificación de software y capacitación de los tenentes	2026
CO_2	Completar la actualización de la composición y abundancia de especies por formación natural. IGT	**Alta**	2025-2026	Proyecto de investigación en desarrollo	2027
CO_2	Continuar sustituyendo factores de emisión por defecto por factores de emisión nacionales en las remociones y cosecha de madera. INAF	**Alta**	2025-2026	Proyecto de investigación en desarrollo	2027
CO_2	Adecuar la contabilización de la regeneración natural a los datos requeridos para el INGEI. DSEF	**Media**	2025-2026	Requiere modificaciones de regulaciones establecidas, de software y capacitación de los tenentes	2027
CO_2	Establecer un sistema nacional para el control de la cosecha de madera por todos los tenentes del patrimonio forestal, desglosado por surtidos e incluyendo la leña. DSEF	**Alta**	2025-2026	Requiere modificaciones de regulaciones establecidas, de software y capacitación de los tenentes	2027
CO_2, N_2O	Si se decide estatalmente, incluir las remociones de carbono originadas por la superficie cubierta por marabú en el patrimonio forestal. DSEF	**Alta**	2025-2027	El Consejo Consultivo Forestal lo aprobó. Hay que establecer el procedimiento a utilizar para captar los datos, la determinación del carbono y del nitrógeno, así como la forma de incluirlo en el INGEI y capacitar a los tenentes	2028-2030

CO_2	Incluir en las remociones las correspondientes a la superficie de bosques en desarrollo existente. INAF	**Media**	2025-2028	Requiere establecimiento de parcelas permanentes por especie, mediciones sistemáticas de crecimiento y definición de los factores de emisión a utilizar	2029-2030
CO_2	Si se decide estatalmente, establecer las remociones anuales de carbono correspondientes a los cafetales y cacaotales. DSEF	**Baja**	2025-2028	Hay que definir su nivel de importancia para el INGEI, ponerlo a la consideración del Consejo Consultivo Forestal, establecer regulaciones, preparar software y capacitar a los tenentes	2029-2030
CO_2	Incluir en el BNE del sector las emisiones/remociones de los productos de madera recolectada (PMR). INAF	**Baja**	2027-2028	Las Directrices 2006 señalan que su cálculo no es obligatorio y que no se ha definido un método de aplicación general para su cálculo.	2029-2030
CO_2	Transitar progresivamente hacia la sustitución del método de *Pérdidas/Ganancias* empleado actualmente para el BNE, hacia el método de *Diferencia de Existencias.* DSEF	**Baja**	2026-2030	Establecidas más de 300 parcelas permanentes en plantaciones de cuatro especies y en cinco formaciones naturales. Hay que establecer el procedimiento definitivamente, capacitar a los tenentes y establecer parcelas en todos los bosques, naturales y artificiales.	2030-2032
Categoría: 4.A. *Tierras Forestales*			**Subcategoría: 4.A.2. Tierras convertidas a otra categoría**		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2	Adecuar la Dinámica Forestal para captar e informar las incorporaciones de tierras al patrimonio forestal. DSEF	**Alta**	2026-2027	Requiere nuevas regulaciones, modificación de software y capacitación de los tenentes	2028
CO_2	Estimación de la subcategoría. Obtener información sobre las tierras forestales convertidas a otra categoría	**Alta**	1990-2025	Se realizó entrenamiento a un equipo sectorial para dejar capacidades instaladas y recabar los datos de actividad requeridos para estimar esta subcategoría.	2030
Categoría: *4. B. Tierras de cultivo*					

Gases	Mejora planificada	Prioridad	Años incluidos	Avances Realizados/Comentarios	Plazo para la mejora
CO_2, CH_4, N_2O	Estimación de la categoría. Obtener información del uso y cambio de uso de la tierra en esta categoría	**Alta**	1990-2025	Se realizó entrenamiento a un equipo sectorial para dejar capacidades instaladas y recabar los datos de actividad requeridos para estimar esta categoría.	2030
CO_2, CH_4, N_2O	Desagregación del dato de actividad por tipos de suelo en el país. Utilización del mapa de suelos en Cuba.	**Media**	1990-2025	Resulta necesario emplear el mapa de suelos del país para obtener menores incertidumbres en los análisis de cambio de uso de la tierra.	2030
CO_2, CH_4, N_2O	Desarrollo de capacidades para la mejora de la determinación de las incertidumbres	**Alta**	1990-2026	Necesario para conocer si las mejoras metodológicas disminuyen o incrementan las incertidumbres	2028
Categoría: 4.C. Pastizales					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2, CH_4, N_2O	Estimación de la categoría. Obtener información del uso y cambio de uso de la tierra en esta categoría	**Alta**	1990-2025	Se realizó entrenamiento a un equipo sectorial para dejar capacidades instaladas y recabar los datos de actividad requeridos para estimar esta categoría.	2030
CO_2, CH_4, N_2O	Desagregación del dato de actividad por tipos de suelo en el país. Utilización del mapa de suelos en Cuba.	**Media**	1990-2025	Resulta necesario emplear el mapa de suelos del país para obtener menores incertidumbres en los análisis de cambio de uso de la tierra.	2030
CO_2, CH_4, N_2O	Desarrollo de capacidades para la mejora de la determinación de las incertidumbres	**Alta**	1990-2026	Necesario para conocer si las mejoras metodológicas disminuyen o incrementan las incertidumbres	2028
Categoría: 4.D. Humedales					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**

CO_2	Estimación de la categoría. Obtener información del uso y cambio de uso de la tierra en esta categoría	**Alta**	1990-2025	Se establecerán acuerdos institucionales para la obtención de los datos requeridos en esta categoría	2030
Categoría:4. E. Asentamientos					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2	Estimación de la categoría. Obtener información del uso y cambio de uso de la tierra en esta categoría	**Alta**	1990-2025	Se establecerán acuerdos institucionales para la obtención de los datos requeridos en esta categoría	2030
Categoría: 4.F. Otras tierras					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO_2	Estimación de la categoría. Obtener información del uso y cambio de uso de la tierra en esta categoría	**Alta**	1990-2025	Se realizó entrenamiento a un equipo sectorial para dejar capacidades instaladas y recabar los datos de actividad requeridos para estimar esta categoría.	2030
CO2	Adecuar la Dinámica Forestal para captar e informar las incorporaciones de tierras al patrimonio forestal. DSEF	**Alta**	2026-2027	Requiere nuevas regulaciones, modificación de software y capacitación de los tenentes	2028

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 10.15. Mejoras planificadas. Sector Desechos

Sector: Desechos					
Categoría: 5.A. *Disposición de desechos sólidos*					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CH_4	Adquirir información detallada de los SDDS que existen en el país desde el año 1950, así como información sobre la disposición de DSM en zonas rurales	Alta	1990-2026	Búsqueda más exhaustiva de juicios de expertos y referencias nacionales	2028
CH_4	Actualizar los datos de la composición de DSM eliminados en sitios de disposición final	Media	1990-2028	Búsqueda de financiamiento para realizar estas determinaciones analíticas	2030
CH_4	Información desagregada sobre la cantidad y composición de los residuos sólidos industriales eliminados en SDDS.	Baja	1990-2028	Búsqueda más exhaustiva de juicios de expertos y referencias nacionales, Establecer los arreglos institucionales correspondientes con organismos que disponen de información.	2030
NO_x, COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2028
Categoría: 5.B. *Tratamiento biológico de desechos sólidos*					
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2028

CH_4, N_2O	Adquirir información detallada sobre la frecuencia y la cobertura de la recopilación de desechos orgánicos en los vertederos para la preparación de compost. Así como información sobre los tipos de desecho que se utilizan en la preparación de abono.	Baja	1990-2026	Búsqueda más exhaustiva de juicios de expertos y referencias nacionales. Establecer los arreglos institucionales correspondientes con los organismos que disponen de la información	2028
Categoría: 5.C. ***Incineración e Incineración abierta de desechos***			**Subcategoría: 5. C.1.*Incineración de desechos***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CH_4, N_2O	Obtener información detallada del tipo de incinerador y las características técnicas del proceso de incineración de los desechos hospitalarios.	Media	1990-2026	Coordinación con el Ministerio de Salud para captar la información y establecer los arreglos institucionales correspondientes.	2028
CO, NOx, NCOVDM, SO_x	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI.	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores.	2028
Categoría: 5.C. ***Incineración e Incineración abierta de desechos***			**Subcategoría: 5. C.2. *Incineración abierta de desechos***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
CO, NO_x, NCOVDM, SO_x	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2028
CO_2, CH_4, N_2O	Adquirir información sobre la disposición de DSM en zonas rurales	Baja	1990-2030	Búsqueda más exhaustiva de juicios de expertos, referencias nacionales, y de los gobiernos municipales	2032
Categoría: 5.D. ***Tratamiento y eliminación de aguas residuales***			**Subcategoría: 5. D.1. *Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2028

CH_4	Adquirir datos precisos del porciento de población que utiliza sistemas sépticos y letrinas en zonas urbanas y rurales	Media	1990-2032	Captación de esta información en el próximo censo nacional	2034
CH_4	Determinación de los valores de Bo y MCF específicos del país para las vías de tratamiento principales.	Alta	190-2028	Desarrollar proyectos de colaboración internacional que provean el financiamiento para realizar las determinaciones analíticas. Con el fin de aplicar una metodología de nivel 2 para la estimación por ser una categoría principal del inventario	2030
Categoría: 5.D. ***Tratamiento y eliminación de aguas residuales***			**Subcategoría: 5. D.1.** ***Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales***		
Gases	**Mejora planificada**	**Prioridad**	**Años incluidos**	**Avances Realizados/Comentarios**	**Plazo para la mejora**
COVDM	Realizar las estimaciones de los gases precursores de GEI	Media	1990-2026	Desarrollar las capacidades para realizar las estimaciones de los gases precursores	2028
CH_4	Obtener información detallada de los flujos de generación de aguas residuales y de los valores de COD propios del país para cada sector industrial	Media	1990-2028	Con el fin de aplicar una metodología de nivel 2, por ser una categoría principal del inventario. Establecer los arreglos institucionales correspondientes con los organismos que disponen de información y que creen las capacidades de ser necesario	2030
CH_4	Generar MCF propios de país a partir de juicios de expertos para los sectores industriales con mayor potencial de producción de CH_4 en sus aguas residuales	Media	1990-2028	Búsqueda más exhaustiva de juicios de expertos y referencias nacionales	2030

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abeledo, C. M.; Martínez, *Victoria; Cabrera, Yaneris; Fuente, J. L. y Cruz, María Tamara. (2016). Manual de Buenas Prácticas Porcina en Cuba. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, Cuba. ISBN 9789597208297. 117 pag*

Alvarez, S. (2005). Manejo de desechos peligrosos en cuba. Situación actual y perspectivas. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, No. 9, ISSN: 1683-8904.

CMNUCC (2018) Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París sobre su primer período de sesiones, celebrado en Katowice del 2 al 15 de diciembre de 2018. Decisión 5/CMA.3

CMNUCC (2022) Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París sobre su tercer período de sesiones, celebrado en Glasgow del 31 de octubre al 13 de noviembre de 2021. Decisión 5/CMA.3.

Consejo de Ministros (1988). Decreto Ley No. 141. Contravenciones de las regulaciones del orden interior. Sección sexta: Régimen de protección contra incendios, página 8.

Cubadebate (2013). *Los caminos del agua en Cuba*. Información brindada por los directivos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y el CITMA en la Mesa Redonda del 5 de septiembre de 2013. URL: http://www.cubadebate.cu/especiales/2013/09/06/los-caminos-del-agua-en-cuba/

FAOSTAT (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Balances. 2013. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBSH

FAOSTAT (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Avarage protein supply. 2021. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#country/49

Gaceta Oficial de Cuba (2017). Ley No. 124 de las Aguas Terrestres. GOC-2017-715-EX51. La Habana, jul. 2017. Gaceta Oficial No. 120 Ordinaria de 2021.

Grupo Empresarial Agrícola. 2021. Consultar en: https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/index.php?option=com_content&view=category&id=12&Itemid=256

IBA (2020). Cuba, Primer Informe Bienal de Actualización a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), ISBN:978-959-300-173-1. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/First%20Biennial%20Update%20Report.%20Cuba.pdf

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Pipatti, R., Svardal, P., Silvana, J.W., Gao, Q., López, C., Mareckova, K., Oonk, H., Scheehle, E., Sharma, Ch., Smith, A., Yamada, M., Sabin, G.H., Koch, M., Svardal, P., Manso, S.M. (Eds). Intergobernmental Panel on

Climate Change (IPCC). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Lineamientos de la Política Económica y Social aprobados en el 8vo Congreso del PCC, para el periodo 2021-2026.

López, C. (2011). Emisiones de metano derivadas de los desechos sólidos municipales en Cuba. Observatorio Meteorológico, Vol. 14, oct. 2011, p. 279-300, ISSN: 1139-1987.

López, C., P. V. Fernández, R. W. Manso, A. Valdés, A. León, A. V. Guevara, C. González, M. E. García, G. Legañoa, T. M. González, J. Dávalos, R. Biart, I. López, D. Pérez, H. Ricardo, S. F. Pire, J. M. Ameneiros, A. Mercadet, A. Álvarez (2009a). Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba'. Reporte Actualizado para el Período 1990–2002. CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana, 338 pp.

López, C., P. V. Fernández, R. W. Manso, A. Wallo, A. León, A. V. Guevara, C. González, S. Mesa, E. Martínez, N. Rodríguez, J. Dávalos, M. E. García, J. J. Alea, R. Biart, I. López, D. Pérez, H. Ricardo, S. F. Pire, A. Mercadet, A. Álvarez. (2004). Determinación de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero en Cuba Durante el Año 2000. CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana, 320 pp.

López, C., P. V. Fernández, R. W. Manso, A. Valdés, A. León, A. V. Guevara, C. González, M. E. García, G. Legañoa, T. M. González, J. Dávalos, I. López, D. Pérez, H. Ricardo, S. F. Pire, J. M. Ameneiros, A. Mercadet, A. Álvarez (2009b). Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Preliminar para el Año 2004 y Actualización para el Período 1990 – 2002, CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana, 37 pp.

Mazorra, C.A.; González, J.A.; Martínez, J.; Serrano, J.O. & Fontes, D. (2018). Calendario de flujo zootécnico. Una herramienta para pronosticar la conformación de los rebaños de animales domésticos productivos. Disponible en: file:///C:/Users/Janet/Downloads/y placencia,+16-+CALENDARIO+FLUJO+ZOOTECNICO-1.pdf

OECD-IEA (2019). CO_2 emissions from fuel combustion 1971-2017. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/energy/CO_2-emissions-from-fuel-combustion-2019_2a701673-en

ONEI (2019). Oficina Nacional de Estadísticas e Información. Anuario Estadístico 2018. URL: http://www.onei.gob.cu

ONEI (2022) Anuario Estadístico de la República de Cuba, Edición 2023

ONEI (2023). Oficina Nacional de Estadísticas e Información. Anuario Estadístico 2022. URL: http://www.onei.gob.cu

ONEI (2024). Series estadísticas. Disponible en www.onei.gob.cu

ONN (2002a). Oficina Nacional de Normalización. Norma Cubana NC 135:2002. Residuos Sólidos Urbanos. Tratamiento. Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales. La Habana, mar. 2002.

ONN (2002b). Oficina Nacional de Normalización. Norma Cubana NC 135:2002. Residuos Sólidos Urbanos. Disposición Final. Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales. La Habana, mar. 2002.

ONN (2007). Oficina Nacional de Normalización. Norma Cubana NC 521:2007. Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. La Habana, oct. 2007.

ONN (2012). Oficina Nacional de Normalización. Norma Cubana NC 27:2012. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. La Habana, oct. 2012.

ONU (2021). Organización de las Naciones Unidas. Coalición para el cierre progresivo de los basurales en América Latina y el Caribe. Programa para el medio ambiente, ene. 2021.

ONU (2022). Organización de las Naciones Unidas. División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Cuestionario 2022. Estadísticas Ambientales. Sección Desechos, http://unstats.un.org/unsd/ENVIRONMENT/qindicators.htm

Pedroso L. (2020). Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Químico "Análisis del inventario de Gases de Efecto Invernadero emitidos por la Empresa Vidrios Lisa".

Valdés A., R. Manso, R. Manrique, E. Carrillo, C. Sosa, A. León, A. V. Guevara, C. González, D. Boudet, M. Amárales, R. Biart I. López, D. Pérez, S. F. Pire, L. Cuesta, A. Mercadet, A. Álvarez (2012). Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2006, CITMA/*AMA/Instituto de Meteorología. La Habana.*

WBG (2018). *World Bank Group. What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., Van, F., Kremena, W., Morton, J., Poveda, R. A., Sarraf, M., Malkawi, F., Harinath, A.S., Banna, F., An, G., Imoto, H., *and* Levine, D.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de categorías principales

Tabla 1.1. Análisis de nivel para categorías principales, incluido UTCUTS (2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	-27766.06	27766.06	35.98%	35.98%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	15348.44	15348.44	19.89%	55.88%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	5920.51	5920.51	7.67%	63.55%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	4248.03	4248.03	5.51%	69.05%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	2985.68	2985.68	3.87%	72.92%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2265.28	2265.28	2.94%	75.86%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	1970.48	1970.48	2.55%	78.41%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	1658.02	1658.02	2.15%	80.56%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	1540.91	1540.91	2.00%	82.56%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1368.63	1368.63	1.77%	84.33%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1221.09	1221.09	1.58%	85.91%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	1195.71	1195.71	1.55%	87.46%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	1015.47	1015.47	1.32%	88.78%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	861.13	861.13	1.12%	89.90%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	770.19	770.19	1.00%	90.89%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	690.33	690.33	0.89%	91.79%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	579.37	579.37	0.75%	92.54%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	457.53	457.53	0.59%	93.13%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	440.35	440.35	0.57%	93.70%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	428.01	428.01	0.55%	94.26%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	363.88	363.88	0.47%	94.73%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	348.47	348.47	0.45%	95.18%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	337.52	337.52	0.44%	95.62%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
2.A.1 Producción de cemento	CO2	294.85	294.85	0.38%	96.00%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	291.90	291.90	0.38%	96.38%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	283.55	283.55	0.37%	96.75%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	250.14	250.14	0.32%	97.07%
3.B.4.d Gestión- Equinos	N2O	211.49	211.49	0.27%	97.34%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	197.65	197.65	0.26%	97.60%
3.B.5 Gestión-Emisiones indirectas de N2O	N2O	163.03	163.03	0.21%	97.81%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CO2	141.62	141.62	0.18%	98.00%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	139.88	139.88	0.18%	98.18%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	95.94	95.94	0.12%	98.30%
3.A.4.b Fermentación- Caprinos	CH4	88.83	88.83	0.12%	98.42%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	N2O	87.76	87.76	0.11%	98.53%
3.C.1 Cultivo del arroz-Irrigadas	CH4	80.59	80.59	0.10%	98.63%
3.A.4.a Fermentación- Búfalos	CH4	75.61	75.61	0.10%	98.73%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	73.59	73.59	0.10%	98.83%
1.A.3.c Ferrocarriles	CO2	71.69	71.69	0.09%	98.92%
3.B.2 Gestión- Ovinos	N2O	70.30	70.30	0.09%	99.01%
3.B.4.d Gestión- Equinos	CH4	55.67	55.67	0.07%	99.08%
3.B.3 Gestión- Porcinos	CH4	54.42	54.42	0.07%	99.15%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CH4	43.00	43.00	0.06%	99.21%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CO2	40.22	40.22	0.05%	99.26%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	N2O	39.64	39.64	0.05%	99.31%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	38.30	38.30	0.05%	99.36%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CO2	38.11	38.11	0.05%	99.41%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	CH4	35.86	35.86	0.05%	99.46%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	32.45	32.45	0.04%	99.50%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	32.20	32.20	0.04%	99.54%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	N2O	29.19	29.19	0.04%	99.58%
3.A.3 Fermentación- Porcinos	CH4	27.21	27.21	0.04%	99.62%
5.B Tratamiento biológico de desechos	CH4	26.66	26.66	0.03%	99.65%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	25.51	25.51	0.03%	99.68%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	19.80	19.80	0.03%	99.71%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CH4	17.14	17.14	0.02%	99.73%
1.A.3.b Transporte Terrestre	N2O	16.28	16.28	0.02%	99.75%
2.A.2 Producción de cal	CO2	15.97	15.97	0.02%	99.77%
5.B Tratamiento biológico de desechos	N2O	15.14	15.14	0.02%	99.79%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	N2O	12.38474939	12.38	0.02%	99.81%
3.A.4.c Fermentación- Mulas y asnos	CH4	11.00	11.00	0.01%	99.82%
3.H Aplicación de urea	CO2	10.52	10.52	0.01%	99.84%
2.B.2 Gestión- Producción de Ácido Nítrico	N2O	9.31	9.31	0.01%	99.85%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	N2O	9.08	9.08	0.01%	99.86%
2.G.3.N2O de usos de productos	N2O	8.56	8.56	0.01%	99.87%
3.B.2 Gestión- Ovinos	CH4	7.91	7.91	0.01%	99.88%
1.A.3.c Ferrocarriles	N2O	7.33	7.33	0.01%	99.89%
3.B.4.e Gestión- Aves	CH4	7.16	7.16	0.01%	99.90%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CO2	7.07	7.07	0.01%	99.91%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	CH4	6.55	6.55	0.01%	99.92%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CH4	5.71	5.71	0.01%	99.93%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	N2O	5.34	5.34	0.01%	99.93%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CO2	5.0387	5.04	0.01%	99.94%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CO2	5.04	5.04	0.01%	99.95%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	N2O	5.00	5.00	0.01%	99.95%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.3.b Transporte Terrestre	CH4	4.51	4.51	0.01%	99.96%
1.A.3.a Aviación Civil	N2O	4.30	4.30	0.01%	99.96%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	CH4	3.91	3.91	0.01%	99.97%
3.G.1 Encalado- Caliza	CO2	3.08	3.08	0.00%	99.97%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	N2O	2.94	2.94	0.00%	99.98%
3.B.4.e Gestión- Aves	N2O	2.87	2.87	0.00%	99.98%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	CH4	2.75	2.75	0.00%	99.98%
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	2.38	2.38	0.00%	99.99%
2.B.3 Producción de Carburo de Calcio	CO2	2.30	2.30	0.00%	99.99%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	CH4	2.13	2.13	0.00%	99.99%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	CH4	1.32	1.32	0.00%	99.99%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	1.14	1.14	0.00%	100.00%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CH4	0.67	0.67	0.00%	100.00%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CH4	0.51	0.51	0.00%	100.00%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	N2O	0.48	0.48	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CH4	0.45	0.45	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	N2O	0.29	0.29	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	N2O	0.25	0.25	0.00%	100.00%
1.A.3.a Aviación Civil	CH4	0.11	0.11	0.00%	100.00%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CO2	0.1128	0.11	0.00%	100.00%
1.A.3.c Ferrocarriles	CH4	0.11	0.11	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CH4	0.11	0.11	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	N2O	0.08	0.08	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	N2O	0.03	0.03	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CH4	0.02	0.02	0.00%	100.00%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.02	0.02	0.00%	100.00%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
Total		21630.03	77162.15	100.00%	-

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 1.2. Análisis de nivel para categorías principales, excluido UTCUTS (2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	15348.44	15348.44	31.07%	31.07%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	5920.51	5920.51	11.99%	43.06%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	4248.03	4248.03	8.60%	51.66%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	2985.68	2985.68	6.04%	57.70%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2265.28	2265.28	4.59%	62.29%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	1970.48	1970.48	3.99%	66.28%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	1658.02	1658.02	3.36%	69.63%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	1540.91	1540.91	3.12%	72.75%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1368.63	1368.63	2.77%	75.52%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1221.09	1221.09	2.47%	78.00%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	1195.71	1195.71	2.42%	80.42%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	1015.47	1015.47	2.06%	82.47%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	861.13	861.13	1.74%	84.22%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	770.19	770.19	1.56%	85.78%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	690.33	690.33	1.40%	87.17%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	579.37	579.37	1.17%	88.35%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	457.53	457.53	0.93%	89.27%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	440.35	440.35	0.89%	90.16%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	428.01	428.01	0.87%	91.03%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	363.88	363.88	0.74%	91.77%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	348.47	348.47	0.71%	92.47%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	337.52	337.52	0.68%	93.16%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	294.85	294.85	0.60%	93.75%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	291.90	291.90	0.59%	94.34%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	283.55	283.55	0.57%	94.92%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	250.14	250.14	0.51%	95.42%
3.B.4.d Gestión- Equinos	N2O	211.49	211.49	0.43%	95.85%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	197.65	197.65	0.40%	96.25%
3.B.5 Gestión- Emisiones indirectas de N2O	N2O	163.03	163.03	0.33%	96.58%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CO2	141.62	141.62	0.29%	96.87%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	139.88	139.88	0.28%	97.15%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	95.94	95.94	0.19%	97.35%
3.A.4.b Fermentación- Caprinos	CH4	88.83	88.83	0.18%	97.53%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	N2O	87.76	87.76	0.18%	97.70%
3.C.1 Cultivo del arroz-Irrigadas	CH4	80.59	80.59	0.16%	97.87%
3.A.4.a Fermentación- Búfalos	CH4	75.61	75.61	0.15%	98.02%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	73.59	73.59	0.15%	98.17%
1.A.3.c Ferrocarriles	CO2	71.69	71.69	0.15%	98.31%
3.B.2 Gestión- Ovinos	N2O	70.30	70.30	0.14%	98.46%
3.B.4.d Gestión- Equinos	CH4	55.67	55.67	0.11%	98.57%
3.B.3 Gestión- Porcinos	CH4	54.42	54.42	0.11%	98.68%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CH4	43.00	43.00	0.09%	98.77%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CO2	40.22	40.22	0.08%	98.85%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	N2O	39.64	39.64	0.08%	98.93%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	38.30	38.30	0.08%	99.01%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CO2	38.11	38.11	0.08%	99.08%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	CH4	35.86	35.86	0.07%	99.15%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	32.45	32.45	0.07%	99.22%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	32.20	32.20	0.07%	99.29%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	N2O	29.19	29.19	0.06%	99.34%
3.A.3 Fermentación- Porcinos	CH4	27.21	27.21	0.06%	99.40%
5.B Tratamiento biológico de desechos	CH4	26.66	26.66	0.05%	99.45%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	25.51	25.51	0.05%	99.51%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	19.80	19.80	0.04%	99.55%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CH4	17.14	17.14	0.03%	99.58%
1.A.3.b Transporte Terrestre	N2O	16.28	16.28	0.03%	99.61%
2.A.2 Producción de cal	CO2	15.97	15.97	0.03%	99.65%
5.B Tratamiento biológico de desechos	N2O	15.14	15.14	0.03%	99.68%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	N2O	12.38	12.38	0.03%	99.70%
3.A.4.c Fermentación- Mulas y asnos	CH4	11.00	11.00	0.02%	99.72%
3.H Aplicación de urea	CO2	10.52	10.52	0.02%	99.74%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	9.31	9.31	0.02%	99.76%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	N2O	9.08	9.08	0.02%	99.78%
2.G.3.N2O de usos de productos	N2O	8.56	8.56	0.02%	99.80%
3.B.2 Ovinos	CH4	7.91	7.91	0.02%	99.82%
1.A.3.c Ferrocarriles	N2O	7.33	7.33	0.01%	99.83%
3.B.4.e Gestión- Aves	CH4	7.16	7.16	0.01%	99.84%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CO2	7.07	7.07	0.01%	99.86%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	CH4	6.55	6.55	0.01%	99.87%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CH4	5.71	5.71	0.01%	99.88%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	N2O	5.34	5.34	0.01%	99.89%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CO2	5.04	5.04	0.01%	99.91%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CO2	5.04	5.04	0.01%	99.92%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	N2O	5.00	5.00	0.01%	99.93%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CH4	4.51	4.51	0.01%	99.93%
1.A.3.a Aviación Civil	N2O	4.30	4.30	0.01%	99.94%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	CH4	3.91	3.91	0.01%	99.95%
3.G.1 Encalado- Caliza	CO2	3.08	3.08	0.01%	99.96%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	N2O	2.94	2.94	0.01%	99.96%
3.B.4.e Gestión- Aves	N2O	2.87	2.87	0.01%	99.97%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	CH4	2.75	2.75	0.01%	99.97%
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	2.38	2.38	0.00%	99.98%
2.B.3 Producción de Carburo de Calcio	CO2	2.30	2.30	0.00%	99.98%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	CH4	2.13	2.13	0.00%	99.99%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	CH4	1.32	1.32	0.00%	99.99%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	1.14	1.14	0.00%	99.99%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CH4	0.67	0.67	0.00%	99.99%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CH4	0.51	0.51	0.00%	100.00%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	N2O	0.48	0.48	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CH4	0.45	0.45	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	N2O	0.29	0.29	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	N2O	0.25	0.25	0.00%	100.00%
1.A.3.a Aviación Civil	CH4	0.11	0.11	0.00%	100.00%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CO2	0.11	0.11	0.00%	100.00%
1.A.3.c Ferrocarriles	CH4	0.11	0.11	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CH4	0.11	0.11	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	N2O	0.08	0.08	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	N2O	0.03	0.03	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CH4	0.02	0.02	0.00%	100.00%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	0.02	0.02	0.00%	100.00%
Total		**49396.09**	**49396.09**	**100.00%**	**-**

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 1.3. Análisis de nivel para categorías principales, incluido UTCUTS (1990)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	-12576.48	12576.48	16.94%	16.94%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	12021.87	16.20%	33.14%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	9.50%	42.64%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	7.11%	49.75%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	3633.73	4.90%	54.65%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	4.67%	59.32%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	4.02%	63.34%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	3.72%	67.06%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	3.26%	70.31%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	3.16%	73.47%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	2.58%	76.05%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	1662.30	2.24%	78.29%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	2.03%	80.32%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	1097.28	1.48%	81.80%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1.46%	83.26%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	981.33	981.33	1.32%	84.59%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	1.28%	85.87%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	879.07	879.07	1.18%	87.05%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	758.58	1.02%	88.08%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	0.99%	89.06%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	713.20	713.20	0.96%	90.03%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	649.05	0.87%	90.90%
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	570.95	570.95	0.77%	91.67%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	513.29	0.69%	92.36%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	438.58	438.58	0.59%	92.95%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	0.57%	93.52%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	406.75	406.75	0.55%	94.07%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	0.54%	94.61%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	347.34	347.34	0.47%	95.07%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	329.52	329.52	0.44%	95.52%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	300.64	300.64	0.41%	95.92%
3.C.1 Cultivo del arroz-Irrigadas	CH4	299.09	299.09	0.40%	96.33%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CO2	273.11	273.11	0.37%	96.69%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	254.15	254.15	0.34%	97.04%
3.B.5 Gestión- Emisiones indirectas de N2O	N2O	203.18	203.18	0.27%	97.31%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	N2O	161.20	161.20	0.22%	97.53%
3.B.4.d Gestión- Equinos	N2O	138.97	138.97	0.19%	97.72%
3.H Aplicación de urea	CO2	135.04	135.04	0.18%	97.90%
2.A.2 Producción de cal	CO2	131.68	131.68	0.18%	98.07%
3.B.2 Gestión- Ovinos	N2O	123.54	123.54	0.17%	98.24%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	112.18	112.18	0.15%	98.39%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	104.75	104.75	0.14%	98.53%
3.B.3 Gestión- Porcinos	CH4	103.54	103.54	0.14%	98.67%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	90.04	90.04	0.12%	98.79%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CO2	81.90	81.90	0.11%	98.90%
1.A.3.b Transporte Terrestre	N2O	69.77	69.77	0.09%	99.00%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	64.65	64.65	0.09%	99.09%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	CH4	63.30	63.30	0.09%	99.17%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	N2O	63.03	63.03	0.08%	99.26%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CO2	52.60	52.60	0.07%	99.33%
3.A.3 Fermentación- Porcinos	CH4	51.77	51.77	0.07%	99.40%
3.G.1 Encalado- Caliza	CO2	46.86	46.86	0.06%	99.46%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CH4	36.93	36.93	0.05%	99.51%
3.B.4.d Gestión- Equinos	CH4	36.58	36.58	0.05%	99.56%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CH4	34.36	34.36	0.05%	99.60%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CH4	24.50	24.50	0.03%	99.64%
2.B.3 Producción de Carburo de Calcio	CO2	24.10	24.10	0.03%	99.67%
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	19.40	19.40	0.03%	99.70%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CO2	17.12	17.12	0.02%	99.72%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	17.07	17.07	0.02%	99.74%
3.B.4.e Gestión- Aves	CH4	16.92	16.92	0.02%	99.77%
1.A.3.c Ferrocarriles	CO2	14.90	14.90	0.02%	99.79%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	N2O	14.70	14.70	0.02%	99.81%
3.B.2 Gestión- Ovinos	CH4	13.89	13.89	0.02%	99.82%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CH4	13.31	13.31	0.02%	99.84%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	12.99	12.99	0.02%	99.86%
3.A.4.a Fermentación- Búfalos	CH4	11.40	11.40	0.02%	99.87%
3.A.4.c Fermentación-Mulas y asnos	CH4	10.25	10.25	0.01%	99.89%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	9.42	9.42	0.01%	99.90%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	CH4	9.23	9.23	0.01%	99.91%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	CH4	7.78	7.78	0.01%	99.92%
1.A.3.a Aviación Civil	N2O	7.28	7.28	0.01%	99.93%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	N2O	7.23	7.23	0.01%	99.94%
3.B.4.e Gestión- Aves	N2O	6.78	6.78	0.01%	99.95%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CH4	5.92	5.92	0.01%	99.96%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	N2O	5.34	5.34	0.01%	99.97%
3.A.4.b Fermentación- Caprinos	CH4	4.73	4.73	0.01%	99.97%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	N2O	4.66	4.66	0.01%	99.98%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	N2O	2.11	2.11	0.00%	99.98%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CO2	1.88	1.88	0.00%	99.99%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CO2	1.87	1.87	0.00%	99.99%
1.A.3.c Ferrocarriles	N2O	1.52	1.52	0.00%	99.99%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	N2O	1.37	1.37	0.00%	99.99%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	CH4	1.23	1.23	0.00%	99.99%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	N2O	1.13	1.13	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	N2O	0.91	0.91	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CH4	0.80	0.80	0.00%	100.00%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	CH4	0.41	0.41	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	N2O	0.38	0.38	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CH4	0.26	0.26	0.00%	100.00%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	CH4	0.21	0.21	0.00%	100.00%
1.A.3.a Aviación Civil	CH4	0.19	0.19	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CH4	0.14	0.14	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	N2O	0.05	0.05	0.00%	100.00%
1.A.3.c Ferrocarriles	CH4	0.02	0.02	0.00%	100.00%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CO2	0.0038	0.0038	0.00%	100.00%
Total		**49067.61**	**74220.57**	**100.00%**	-

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 1.4. Análisis de nivel para categorías principales, excluido UTCUTS (1990)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	12021.87	19.50%	19.50%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	11.44%	30.94%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	8.56%	39.50%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	3633.73	5.89%	45.40%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	5.62%	51.02%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	4.84%	55.86%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	4.47%	60.33%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	3.92%	64.26%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	3.81%	68.06%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	3.11%	71.17%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	1662.30	2.70%	73.86%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	2.44%	76.31%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	1097.28	1.78%	78.09%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1.76%	79.85%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	981.33	981.33	1.59%	81.44%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	1.55%	82.99%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	879.07	879.07	1.43%	84.41%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	758.58	1.23%	85.64%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	1.19%	86.83%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	713.20	713.20	1.16%	87.99%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	649.05	1.05%	89.04%
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	570.95	570.95	0.93%	89.97%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	513.29	0.83%	90.80%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	438.58	438.58	0.71%	91.51%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	0.69%	92.20%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	406.75	406.75	0.66%	92.86%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	0.65%	93.51%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	347.34	347.34	0.56%	94.07%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	329.52	329.52	0.53%	94.60%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	300.64	300.64	0.49%	95.09%
3.C.1 Cultivo del arroz-Irrigadas	CH4	299.09	299.09	0.49%	95.58%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CO2	273.11	273.11	0.44%	96.02%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	254.15	254.15	0.41%	96.43%
3.B.5 Gestión- Emisiones indirectas de N2O	N2O	203.18	203.18	0.33%	96.76%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	N2O	161.20	161.20	0.26%	97.02%
3.B.4.d Gestión- Equinos	N2O	138.97	138.97	0.23%	97.25%
3.H Aplicación de urea	CO2	135.04	135.04	0.22%	97.47%
2.A.2 Producción de cal	CO2	131.68	131.68	0.21%	97.68%
3.B.2 Gestión- Ovinos	N2O	123.54	123.54	0.20%	97.88%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	112.18	112.18	0.18%	98.06%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	104.75	104.75	0.17%	98.23%
3.B.3 Gestión- Porcinos	CH4	103.54	103.54	0.17%	98.40%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	90.04	90.04	0.15%	98.55%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CO2	81.90	81.90	0.13%	98.68%
1.A.3.b Transporte Terrestre	N2O	69.77	69.77	0.11%	98.79%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	64.65	64.65	0.10%	98.90%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	CH4	63.30	63.30	0.10%	99.00%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	N2O	63.03	63.03	0.10%	99.10%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CO2	52.60	52.60	0.09%	99.19%
3.A.3 Fermentación- Porcinos	CH4	51.77	51.77	0.08%	99.27%
3.G.1 Encalado- Caliza	CO2	46.86	46.86	0.08%	99.35%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CH4	36.93	36.93	0.06%	99.41%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
3.B.4.d Gestión- Equinos	CH4	36.58	36.58	0.06%	99.47%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CH4	34.36	34.36	0.06%	99.52%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CH4	24.50	24.50	0.04%	99.56%
2.B.3 Producción de Carburo de Calcio	CO2	24.10	24.10	0.04%	99.60%
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	19.40	19.40	0.03%	99.63%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CO2	17.12	17.12	0.03%	99.66%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	17.07	17.07	0.03%	99.69%
3.B.4.e Gestión- Aves	CH4	16.92	16.92	0.03%	99.72%
1.A.3.c Ferrocarriles	CO2	14.90	14.90	0.02%	99.74%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	N2O	14.69832401	14.70	0.02%	99.77%
3.B.2 Gestión- Ovinos	CH4	13.89	13.89	0.02%	99.79%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CH4	13.31	13.31	0.02%	99.81%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	12.99	12.99	0.02%	99.83%
3.A.4.a Fermentación- Búfalos	CH4	11.40	11.40	0.02%	99.85%
3.A.4.c Fermentación-Mulas y asnos	CH4	10.25	10.25	0.02%	99.87%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	9.42	9.42	0.02%	99.88%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	CH4	9.23	9.23	0.01%	99.90%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	CH4	7.78	7.78	0.01%	99.91%
1.A.3.a Aviación Civil	N2O	7.28	7.28	0.01%	99.92%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	N2O	7.23	7.23	0.01%	99.93%
3.B.4.e Gestión- Aves	N2O	6.78	6.78	0.01%	99.94%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CH4	5.92	5.92	0.01%	99.95%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	N2O	5.34	5.34	0.01%	99.96%
3.A.4.b Fermentación- Caprinos	CH4	4.73	4.73	0.01%	99.97%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	N2O	4.66	4.66	0.01%	99.98%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	N2O	2.11	2.11	0.00%	99.98%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones kt CO2 eq	|Emisiones kt CO2 eq|	Evaluación de nivel	Total acumulativo
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CO2	1.88	1.88	0.00%	99.98%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CO2	1.8745	1.87	0.00%	99.99%
1.A.3.c Ferrocarriles	N2O	1.52	1.52	0.00%	99.99%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	N2O	1.37	1.37	0.00%	99.99%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	CH4	1.23	1.23	0.00%	99.99%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	N2O	1.13	1.13	0.00%	99.99%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	N2O	0.91	0.91	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CH4	0.80	0.80	0.00%	100.00%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	CH4	0.41	0.41	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	N2O	0.38	0.38	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CH4	0.26	0.26	0.00%	100.00%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	CH4	0.21	0.21	0.00%	100.00%
1.A.3.a Aviación Civil	CH4	0.19	0.19	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CH4	0.14	0.14	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	N2O	0.05	0.05	0.00%	100.00%
1.A.3.c Ferrocarriles	CH4	0.02	0.02	0.00%	100.00%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CO2	0.0038	0.00	0.00%	100.00%
Total		**61644.09**	**61644.09**	**100.00%**	-

Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 1.5. Análisis de tendencia para categorías principales, incluido UTCUTS (serie 1990-2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	12.99	12.99	15348.44	15348.44	0.20671779	31.95%	31.95%
4.A.1.a Tierras forestales que permanecen como tal	CO2	-12576.48	12576.48	-27766.06	27766.06	0.10990327	16.99%	48.94%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	12021.87	32.45	32.45	0.07096478	10.97%	59.91%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	4248.03	4248.03	0.04085598	6.31%	66.22%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	5920.51	5920.51	0.03789046	5.86%	72.08%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	1970.48	1970.48	0.02219189	3.43%	75.51%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	2985.68	2985.68	0.01963940	3.04%	78.55%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	1195.71	1195.71	0.01523478	2.35%	80.90%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	2265.28	2265.28	0.01279719	1.98%	82.88%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1368.63	1368.63	0.01198878	1.85%	84.73%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	440.35	440.35	0.00800067	1.24%	85.97%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	254.15	254.15	690.33	690.33	0.00779157	1.20%	87.17%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	1540.91	1540.91	0.00640531	0.99%	88.16%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	1097.28	38.30	38.30	0.00600108	0.93%	89.09%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	879.07	879.07	9.31	9.31	0.00509564	0.79%	89.88%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	1221.09	1221.09	0.00507591	0.78%	90.66%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	294.85	294.85	0.00496973	0.77%	91.43%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	770.19	770.19	0.00471794	0.73%	92.16%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	300.64	300.64	457.53	457.53	0.00437890	0.68%	92.84%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	9.42	9.42	283.55	283.55	0.00376439	0.58%	93.42%
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	570.95	570.95	NO	NO	0.00339104	0.52%	93.94%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	513.29	32.20	32.20	0.00261480	0.40%	94.35%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	438.58	438.58	1.14	1.14	0.00258958	0.40%	94.75%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	363.88	363.88	0.00239008	0.37%	95.12%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	337.52	337.52	0.00218127	0.34%	95.45%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	406.75	406.75	25.51	25.51	0.00207210	0.32%	95.77%
3.B.4.d Gestión- Equinos	N2O	138.97	138.97	211.49	211.49	0.00202409	0.31%	96.09%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	981.33	981.33	579.37	579.37	0.00197758	0.31%	96.39%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	1662.30	861.13	861.13	0.00172930	0.27%	96.66%
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	713.20	713.20	428.01	428.01	0.00153080	0.24%	96.90%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CO2	273.11	273.11	7.07	7.07	0.00152687	0.24%	97.13%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CO2	81.90	81.90	141.62	141.62	0.00142159	0.22%	97.35%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	329.52	329.52	250.14	250.14	0.00141310	0.22%	97.57%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	112.18	112.18	139.88	139.88	0.00121831	0.19%	97.76%
3.A.4.b Fermentación- Caprinos	CH4	4.73	4.73	88.83	88.83	0.00116873	0.18%	97.94%
3.B.5 Gestión-Emisiones indirectas de N2O	N2O	203.18	203.18	163.03	163.03	0.00098981	0.15%	98.09%
3.A.4.a Fermentación- Búfalos	CH4	11.40	11.40	75.61	75.61	0.00095109	0.15%	98.24%
1.A.3.c Ferrocarriles	CO2	14.90	14.90	71.69	71.69	0.00087742	0.14%	98.37%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	649.05	348.47	348.47	0.00084017	0.13%	98.50%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	3633.73	1658.02	1658.02	0.00075716	0.12%	98.62%
3.C.1 Cultivo del arroz-Irrigadas	CH4	299.09	299.09	80.59	80.59	0.00069054	0.11%	98.73%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	104.75	104.75	95.94	95.94	0.00067043	0.10%	98.83%
3.H Aplicación de urea	CO2	135.04	135.04	10.52	10.52	0.00066027	0.10%	98.93%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	347.34	347.34	197.65	197.65	0.00060007	0.09%	99.03%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	758.58	291.90	291.90	0.00057255	0.09%	99.12%
2.A.2 Producción de cal	CO2	131.68	131.68	15.97	15.97	0.00056692	0.09%	99.20%
3.B.4.d Gestión- Equinos	CH4	36.58	36.58	55.67	55.67	0.00053277	0.08%	99.29%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	N2O	2.11	2.11	39.64	39.64	0.00052151	0.08%	99.37%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	90.04	90.04	73.59	73.59	0.00045671	0.07%	99.44%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CO2	17.12	17.12	38.11	38.11	0.00041185	0.06%	99.50%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CH4	36.93	36.93	43.00	43.00	0.00036004	0.06%	99.56%
3.G.1 Encalado- Caliza	CO2	46.86	46.86	3.08	3.08	0.00023682	0.04%	99.59%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CO2	52.60	52.60	40.22	40.22	0.00022957	0.04%	99.63%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	N2O	161.20	161.20	87.76	87.76	0.00022499	0.03%	99.66%
3.B.2 Gestión- Ovinos	N2O	123.54	123.54	70.30	70.30	0.00021343	0.03%	99.70%
1.A.3.b Transporte Terrestre	N2O	69.77	69.77	16.28	16.28	0.00019506	0.03%	99.73%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CH4	34.36	34.36	4.51	4.51	0.00014327	0.02%	99.75%
3.B.3 Gestión- Porcinos	CH4	103.54	103.54	54.42	54.42	0.00011825	0.02%	99.77%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	64.65	64.65	19.80	19.80	0.00011719	0.02%	99.78%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	N2O	1.37	1.37	9.08	9.08	0.00011415	0.02%	99.80%
2.B.3 Producción de Carburo de Calcio	CO2	24.10	24.10	2.30	2.30	0.00011210	0.02%	99.82%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	CH4	63.30	63.30	35.86	35.86	0.00010726	0.02%	99.84%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	17.07	17.07	0.02	0.02	0.00010116	0.02%	99.85%
1.A.3.c Ferrocarriles	N2O	1.52	1.52	7.33	7.33	0.00008974	0.01%	99.87%
3.A.4.c Fermentación-Mulas y asnos	CH4	10.25	10.25	11.00	11.00	0.00008739	0.01%	99.88%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CH4	24.50	24.50	17.14	17.14	0.00008547	0.01%	99.89%
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	19.40	19.40	2.38	2.38	0.00008315	0.01%	99.90%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	N2O	14.70	14.70	12.38	12.38	0.00007957	0.01%	99.92%
3.A.3 Fermentación- Porcinos	CH4	51.77	51.77	27.21	27.21	0.00005912	0.01%	99.93%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CO2	1.87	1.87	5.04	5.04	0.00005675	0.01%	99.94%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CO2	1.88	1.88	5.04	5.04	0.00005673	0.01%	99.94%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	CH4	0.21	0.21	3.91	3.91	0.00005142	0.01%	99.95%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	CH4	7.78	7.78	6.55	6.55	0.00004210	0.01%	99.96%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	N2O	5.34	5.34	5.34	5.34	0.00004022	0.01%	99.96%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	N2O	4.66	4.66	5.00	5.00	0.00003972	0.01%	99.97%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	CH4	0.41	0.41	2.75	2.75	0.00003459	0.01%	99.98%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	CH4	9.23	9.23	2.13	2.13	0.00002611	0.00%	99.98%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CH4	5.92	5.92	0.67	0.67	0.00002607	0.00%	99.98%
3.B.2 Gestión- Ovinos	CH4	13.89	13.89	7.91	7.91	0.00002400	0.00%	99.99%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	N2O	63.03	63.03	29.19	29.19	0.00001889	0.00%	99.99%
1.A.3.a Aviación Civil	N2O	7.28	7.28	4.30	4.30	0.00001465	0.00%	99.99%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	CH4	1.23	1.23	1.32	1.32	0.00001049	0.00%	99.99%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	N2O	1.13	1.13	0.03	0.03	0.00000631	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CH4	0.26	0.26	0.45	0.45	0.00000448	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CH4	0.80	0.80	0.02	0.02	0.00000444	0.00%	100.00%
3.B.4.e Gestión- Aves	CH4	16.92	16.92	7.16	7.16	0.00000398	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	N2O	7.23	7.23	2.94	2.94	0.00000333	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	N2O	0.91	0.91	0.25	0.25	0.00000210	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CH4	13.31	13.31	5.71	5.71	0.00000207	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	N2O	0.38	0.38	0.29	0.29	0.00000164	0.00%	100.00%
3.B.4.e Gestión- Aves	N2O	6.78	6.78	2.87	2.87	0.00000159	0.00%	100.00%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CO2	0.0038	0.0038	0.11	0.11	0.00000150	0.00%	100.00%
1.A.3.c Ferrocarriles	CH4	0.02	0.02	0.11	0.11	0.00000138	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	N2O	0.05	0.05	0.08	0.08	0.00000085	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CH4	0.14	0.14	0.11	0.11	0.00000061	0.00%	100.00%
1.A.3.a Aviación Civil	CH4	0.19	0.19	0.11	0.11	0.00000039	0.00%	100.00%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	NO	NO	1015.47	1015.47	NA	NA	NA
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	N2O	NO	NO	0.48	0.48	NA	NA	NA

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CH4	NO	NO	0.51	0.51	NA	NA	NA
2.G.3 N2O de usos de productos	N2O	NO	NO	8.56	8.56	NA	NA	NA
5.B Tratamiento biológico de desechos	CH4	NO	NO	26.66	26.66	NA	NA	NA
5.B Tratamiento biológico de desechos	N2O	NO	NO	15.14	15.14	NA	NA	NA
Total		**49067.61**	**74220.57**	**21630.03**	**77162.15**	**0.65**	**100.00%**	**-**

NE: No estimado; NO: No ocurre. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Tabla 1.6. Análisis de tendencia para categorías principales, excluido UTCUTS (serie 1990-2022)

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	12.99	12.99	15348.44	15348.44	0.24898473	32.37%	32.37%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	7051.06	5920.51	5920.51	0.09604339	12.48%	44.85%
5.A.3 Sitios no categorizados	CH4	2757.76	2757.76	4248.03	4248.03	0.06891226	8.96%	53.81%
3.A.1.c Fermentación- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	3466.33	3466.33	2985.68	2985.68	0.04843413	6.30%	60.10%
3.A.1.b Fermentación- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2984.14	2265.28	2265.28	0.03674778	4.78%	64.88%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CH4	733.60	733.60	1970.48	1970.48	0.03196545	4.16%	69.04%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	3633.73	1658.02	1658.02	0.02689669	3.50%	72.53%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	2417.08	1540.91	1540.91	0.02499680	3.25%	75.78%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	1086.19	1086.19	1368.63	1368.63	0.02220212	2.89%	78.67%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CO2	5277.54	5277.54	1195.71	1195.71	0.01939707	2.52%	81.19%
3.A.1.a Fermentación- Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	1662.30	861.13	861.13	0.01396933	1.82%	83.01%
3.D.1.c Orinas y estiércol depositados en suelos gestionados	N2O	952.81	952.81	770.19	770.19	0.01249408	1.62%	84.63%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CH4	254.15	254.15	690.33	690.33	0.01119863	1.46%	86.09%
1.A.3.a Aviación Civil	CO2	981.33	981.33	579.37	579.37	0.00939857	1.22%	87.31%
3.A.4.d Fermentación- Equinos	CH4	300.64	300.64	457.53	457.53	0.00742214	0.96%	88.27%
3.D.1.d Residuos de cosechas	N2O	2346.00	2346.00	440.35	440.35	0.00714346	0.93%	89.20%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	713.20	713.20	428.01	428.01	0.00694327	0.90%	90.10%
3.D.1.b Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	423.05	363.88	363.88	0.00590297	0.77%	90.87%
3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	649.05	348.47	348.47	0.00565296	0.73%	91.61%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	N2O	398.40	398.40	337.52	337.52	0.00547528	0.71%	92.32%
1.A.1. Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1915.42	1221.09	1221.09	0.00508977	0.66%	92.98%
2.A.1 Producción de cemento	CO2	1505.62	1505.62	294.85	294.85	0.00478314	0.62%	93.60%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	758.58	291.90	291.90	0.00473530	0.62%	94.22%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CH4	9.42	9.42	283.55	283.55	0.00459979	0.60%	94.81%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	N2O	329.52	329.52	250.14	250.14	0.00405778	0.53%	95.34%
3.B.4.d Gestión- Equinos	N2O	138.97	138.97	211.49	211.49	0.00343080	0.45%	95.79%
3.A.2 Fermentación- Ovinos	CH4	347.34	347.34	197.65	197.65	0.00320634	0.42%	96.20%
3.B.5 Gestión-Emisiones indirectas de N2O	N2O	203.18	203.18	163.03	163.03	0.00264470	0.34%	96.55%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CO2	81.90	81.90	141.62	141.62	0.00229731	0.30%	96.85%
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	112.18	112.18	139.88	139.88	0.00226907	0.29%	97.14%
3.B.1.c Gestión- Ganado vacuno en Crecimiento	CH4	104.75	104.75	95.94	95.94	0.00155630	0.20%	97.34%
3.A.4.b Fermentación- Caprinos	CH4	4.73	4.73	88.83	88.83	0.00144101	0.19%	97.53%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	N2O	161.20	161.20	87.76	87.76	0.00142365	0.19%	97.72%
3.C.1 Cultivo del arroz-Irrigadas	CH4	299.09	299.09	80.59	80.59	0.00130741	0.17%	97.89%
3.A.4.a Fermentación- Búfalos	CH4	11.40	11.40	75.61	75.61	0.00122662	0.16%	98.05%
3.B.1.b Gestión- Otro Ganado vacuno maduro	CH4	90.04	90.04	73.59	73.59	0.00119376	0.16%	98.20%
1.A.3.c Ferrocarriles	CO2	14.90	14.90	71.69	71.69	0.00116299	0.15%	98.35%
3.B.2 Gestión- Ovinos	N2O	123.54	123.54	70.30	70.30	0.00114040	0.15%	98.50%
3.B.4.d Gestión- Equinos	CH4	36.58	36.58	55.67	55.67	0.00090303	0.12%	98.62%
3.B.3 Gestión- Porcinos	CH4	103.54	103.54	54.42	54.42	0.00088278	0.11%	98.73%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CH4	36.93	36.93	43.00	43.00	0.00069762	0.09%	98.82%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CO2	52.60	52.60	40.22	40.22	0.00065253	0.08%	98.91%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	N2O	2.11	2.11	39.64	39.64	0.00064301	0.08%	98.99%
3.D.1.a Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	1097.28	38.30	38.30	0.00062134	0.08%	99.07%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	CO2	17.12	17.12	38.11	38.11	0.00061827	0.08%	99.15%
3.B.1.a Gestión- Vacas lecheras maduras	CH4	63.30	63.30	35.86	35.86	0.00058178	0.08%	99.23%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	12021.87	32.45	32.45	0.00052635	0.07%	99.30%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	513.29	32.20	32.20	0.00052228	0.07%	99.36%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	N2O	63.03	63.03	29.19	29.19	0.00047349	0.06%	99.43%
3.A.3 Fermentación- Porcinos	CH4	51.77	51.77	27.21	27.21	0.00044139	0.06%	99.48%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	CH4	406.75	406.75	25.51	25.51	0.00041388	0.05%	99.54%
2.D.1 Uso de lubricantes	CO2	64.65	64.65	19.80	19.80	0.00032122	0.04%	99.58%
1.A.1. Industrias de energía (combustibles líquidos)	CH4	24.50	24.50	17.14	17.14	0.00027807	0.04%	99.61%
1.A.3.b Transporte Terrestre	N2O	69.77	69.77	16.28	16.28	0.00026410	0.03%	99.65%
2.A.2 Producción de cal	CO2	131.68	131.68	15.97	15.97	0.00025907	0.03%	99.68%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	N2O	14.70	14.70	12.38	12.38	0.00020091	0.03%	99.71%
3.A.4.c Fermentación-Mulas y asnos	CH4	10.25	10.25	11.00	11.00	0.00017851	0.02%	99.73%
3.H Aplicación de urea	CO2	135.04	135.04	10.52	10.52	0.00017071	0.02%	99.75%
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	N2O	879.07	879.07	9.31	9.31	0.00015102	0.02%	99.77%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	N2O	1.37	1.37	9.08	9.08	0.00014722	0.02%	99.79%
3.B.2 Gestión- Ovinos	CH4	13.89	13.89	7.91	7.91	0.00012825	0.02%	99.81%
1.A.3.c Ferrocarriles	N2O	1.52	1.52	7.33	7.33	0.00011895	0.02%	99.83%
3.B.4.e Gestión- Aves	CH4	16.92	16.92	7.16	7.16	0.00011618	0.02%	99.84%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CO2	273.11	273.11	7.07	7.07	0.00011463	0.01%	99.86%
1.A.2. Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	CH4	7.78	7.78	6.55	6.55	0.00010629	0.01%	99.87%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	CH4	13.31	13.31	5.71	5.71	0.00009271	0.01%	99.88%
5.C Incineración e incineración abierta de desechos	N2O	5.34	5.34	5.34	5.34	0.00008659	0.01%	99.89%
1.B.2.c Emisiones fugitivas- Venteo	CO2	1.87	1.87	5.04	5.04	0.00008174	0.01%	99.90%
1.B.2.a Emisiones fugitivas- Petróleo	CO2	1.88	1.88	5.04	5.04	0.00008171	0.01%	99.91%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	N2O	4.66	4.66	5.00	5.00	0.00008113	0.01%	99.92%
1.A.3.b Transporte Terrestre	CH4	34.36	34.36	4.51	4.51	0.00007321	0.01%	99.93%
1.A.3.a Aviación Civil	N2O	7.28	7.28	4.30	4.30	0.00006970	0.01%	99.94%
3.B.4.b Gestión- Caprinos	CH4	0.21	0.21	3.91	3.91	0.00006340	0.01%	99.95%
3.G.1 Encalado- Caliza	CO2	46.86	46.86	3.08	3.08	0.00004996	0.01%	99.96%
1.A.4. Otros sectores (combustible líquido)	N2O	7.23	7.23	2.94	2.94	0.00004770	0.01%	99.96%
3.B.4.e Gestión- Aves	N2O	6.78	6.78	2.87	2.87	0.00004654	0.01%	99.97%
3.B.4.a Gestión- Búfalos	CH4	0.41	0.41	2.75	2.75	0.00004460	0.01%	99.98%
2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	19.40	19.40	2.38	2.38	0.00003862	0.01%	99.98%
2.B.3 Producción de Carburo de Calcio	CO2	24.10	24.10	2.30	2.30	0.00003737	0.00%	99.99%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	CH4	9.23	9.23	2.13	2.13	0.00003460	0.00%	99.99%
3.B.4.c Gestión- Mulas y asnos	CH4	1.23	1.23	1.32	1.32	0.00002142	0.00%	99.99%
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque	CO2	438.58	438.58	1.14	1.14	0.00001843	0.00%	100.00%
1.A.3.e Otro tipo de Transporte	CH4	5.92	5.92	0.67	0.67	0.00001095	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	CH4	0.26	0.26	0.45	0.45	0.00000724	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	N2O	0.38	0.38	0.29	0.29	0.00000467	0.00%	100.00%
1.A.4. Otros sectores (Biomasa)	N2O	0.91	0.91	0.25	0.25	0.00000398	0.00%	100.00%
1.A.3.a Aviación Civil	CH4	0.19	0.19	0.11	0.11	0.00000184	0.00%	100.00%
1.B.2.b Emisiones fugitivas- Gas Natural	CO2	0.0038	0.0038	0.11	0.11	0.00000183	0.00%	100.00%
1.A.3.c Ferrocarriles	CH4	0.02	0.02	0.11	0.11	0.00000182	0.00%	100.00%
1.A.3.d Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CH4	0.14	0.14	0.11	0.11	0.00000173	0.00%	100.00%

Categoría del IPCC	GEI	Emisiones en 1990	|Emisiones en 1990|	Emisiones en 2022	|Emisiones en 2022|	Evaluación de tendencia	Aporte a la tendencia	Total acumulativo
1.A.4. Otros sectores (combustible sólido)	N2O	0.05	0.05	0.08	0.08	0.00000137	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	N2O	1.13	1.13	0.03	0.03	0.00000048	0.00%	100.00%
1.A.2. Industrias manufactura y de construcción (Combustibles solido)	CH4	0.80	0.80	0.02	0.02	0.00000034	0.00%	100.00%
2.A.3 Producción de vidrio	CO2	17.07	17.07	0.02	0.02	0.00000027	0.00%	100.00%
2.B.1 Producción de Amoníaco	CO2	570.95	570.95	NO	NO	NA	NA	NA
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	NO	NO	1015.47	1015.47	NA	NA	NA
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	N2O	NO	NO	0.48	0.48	NA	NA	NA
1.A.1. Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CH4	NO	NO	0.51	0.51	NA	NA	NA
2.G.3 N2O de usos de productos	N2O	NO	NO	8.56	8.56	NA	NA	NA
5.B Tratamiento biológico de desechos	CH4	NO	NO	26.66	26.66	NA	NA	NA
5.B Tratamiento biológico de desechos	N2O	NO	NO	15.14	15.14	NA	NA	NA
Total		**61644.09**	**61644.09**	**49396.09**	**49396.09**	**0.77**	**100.00%**	**-**

NE: No estimado; NO: No ocurre. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Anexo 2. Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	Categorías	Gases	Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)	Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)	Incertidumbre de los datos de actividad		Incertidumbre del factor de emisión		Incertidumbre combinada		Contribución a la varianza en el año en curso (2022)		Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
					(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	%	%	%	%	%
1.A.1	Industrias de energía (Biomasa)	CH4	1915.42	1221.09	30.00	30.00	-70.00	230.00	0.76	2.32	0.39	1.35	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00
1.A.1	Industrias de energía (Biomasa)	N2O	2417.08	1540.91	30.00	30.00	-70.00	230.00	0.76	2.32	0.62	2.15	0.01	0.02	0.04	0.01	0.00
1.A.1	Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO2	NO	1015.47	2.00	2.00	-7.13	7.20	0.07	0.07	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
1.A.1	Industrias de energía (combustibles gaseosos)	N2O	NO	0.48	2.00	2.00	-70.00	200.00	0.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.1	Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CH4	NO	0.51	2.00	2.00	-70.00	200.00	0.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.1	Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO2	12.99	15348.44	2.00	2.00	-4.84	3.74	0.05	0.04	0.00	0.07	0.21	0.21	0.09	0.01	0.01
1.A.1	Industrias de energía (combustibles líquidos)	N2O	12021.87	32.45	2.00	2.00	-66.67	233.33	0.67	2.33	11.67	0.00	0.17	0.00	0.03	0.00	0.00
1.A.1	Industrias de energía (combustibles líquidos)	CH4	24.50	17.14	2.00	2.00	-66.67	233.33	0.67	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.2	Industrias manufactura y de	CH4	406.75	25.51	50.00	50.00	-66.67	233.33	0.83	2.39	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	Categorías	Gases	Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)	Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)	Incertidumbre de los datos de actividad		Incertidumbre del factor de emisión		Incertidumbre combinada		Contribución a la varianza en el año en curso (2022)		Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
					(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	%	%	%	%	%
	construcción (Biomasa)																
1.A.2	Industrias manufactura y de construcción (Biomasa)	N2O	513.29	32.20	50.00	50.00	-62.50	275.00	0.80	2.80	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.2	Industrias manufactura y de construcción (Combustibles sólidos)	CO2	273.11	7.07	2.00	2.00	-7.95	10.29	0.08	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.2	Industrias manufactura y de construcción (Combustibles sólidos)	N2O	1.13	0.03	3.00	3.00	-70.00	200.00	0.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.2	Industrias manufactura y de construcción (Combustibles sólidos)	CH4	0.80	0.02	3.00	3.00	-70.00	200.00	0.70	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.2	Industrias manufactura y de construcción (combustibles líquidos)	CO2	7051.06	5920.51	2.00	2.00	-3.19	2.49	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.08	0.01	0.00	0.00
1.A.2	Industrias de manufactura y construcción	N2O	14.70	12.38	3.00	3.00	-66.67	233.33	0.67	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	Categorías	Gases	Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)	Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)	Incertidumbre de los datos de actividad		Incertidumbre del factor de emisión		Incertidumbre combinada		Contribución a la varianza en el año en curso (2022)		Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
					(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	%	%	%	%	%
	(combustibles líquidos)																
1.A.2	Industrias de manufactura y construcción (combustibles líquidos)	CH4	7.78	6.55	3.00	3.00	-66.67	233.33	0.67	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.a	Aviación Civil	CO2	981.33	579.37	20.00	20.00	0.40	0.40	0.20	0.20	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
1.A.3.a	Aviación Civil	CH4	0.19	0.11	20.00	20.00	70.00	150.00	0.73	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.a	Aviación Civil	N2O	7.28	4.30	20.00	20.00	57.00	100.00	0.60	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.b	Transporte Terrestre	CO2	5277.54	1195.71	20.00	20.00	0.03	0.05	0.20	0.20	0.20	0.01	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00
1.A.3.b	Transporte Terrestre	CH4	34.36	4.51	20.00	20.00	0.70	2.44	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.b	Transporte Terrestre	N2O	69.77	16.28	20.00	20.00	0.71	2.33	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.c	Ferrocarriles	CO2	14.90	71.69	20.00	20.00	0.02	0.01	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.c	Ferrocarriles	CH4	0.02	0.11	20.00	20.00	0.50	2.00	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.c	Ferrocarriles	N2O	1.52	7.33	20.00	20.00	0.60	1.51	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.d	Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CO2	52.60	40.22	20.00	20.00	0.03	0.05	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.d	Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	CH4	0.14	0.11	20.00	20.00	50.00	50.00	0.54	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	Categorías	Gases	Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)	Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)	Incertidumbre de los datos de actividad		Incertidumbre del factor de emisión		Incertidumbre combinada		Contribución a la varianza en el año en curso (2022)		Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
					(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	%	%	%	%	%
1.A.3.d	Navegación Marítima y Fluvial (combustible líquido)	N2O	0.38	0.29	20.00	20.00	40.00	140.00	0.45	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.e	Otro tipo de Transporte	CO2	758.58	291.90	20.00	20.00	0.03	0.05	0.20	0.20	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.e	Otro tipo de Transporte	CH4	5.92	0.67	20.00	20.00	0.70	2.44	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.3.e	Otro tipo de Transporte	N2O	63.03	29.19	20.00	20.00	0.71	2.33	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (Biomasa)	CH4	9.23	2.13	12.50	12.50	70.00	230.00	0.71	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (Biomasa)	N2O	0.91	0.25	12.50	12.50	70.00	230.00	0.71	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (combustible líquido)	CO2	3633.73	1658.02	12.50	12.50	5.00	5.00	0.13	0.13	0.04	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (combustible líquido)	CH4	13.31	5.71	12.50	12.50	70.00	230.00	0.71	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (combustible líquido)	N2O	7.23	2.94	12.50	12.50	70.00	230.00	0.71	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (combustible sólido)	CO2	81.90	141.62	12.50	12.50	70.00	230.00	0.71	2.30	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (combustible sólido)	CH4	0.26	0.45	12.50	12.50	70.00	230.00	0.71	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.A.4.	Otros sectores (combustible sólido)	N2O	0.05	0.08	12.50	12.50	70.00	230.00	0.71	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	**Categorías**	**Gases**	**Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)**	**Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)**	**Incertidumbre de los datos de actividad**		**Incertidumbre del factor de emisión**		**Incertidumbre combinada**		**Contribución a la varianza en el año en curso (2022)**		**Tipo A sensibilidad**	**Tipo B sensibilidad**	**Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE**	**Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA**	**Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales**
					(-) %	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
1.B.2.a	Emisiones fugitivas de combustibles "Petróleo"	CO2	1.88	5.04	25.00	25.00	75.00	75.00	0.79	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.B.2.a	Emisiones fugitivas de combustibles "Petróleo"	CH4	733.60	1970.48	25.00	25.00	75.00	75.00	0.79	0.79	0.06	0.41	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00
1.B.2.b	Emisiones fugitivas de combustibles "Gas Natural"	CO2	0.0038	0.11	25.00	25.00	40.00	250.00	0.47	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.B.2.b	Emisiones fugitivas de combustibles "Gas Natural"	CH4	9.42	283.55	25.00	25.00	40.00	250.00	0.47	2.51	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.B.2.c	Emisiones fugitivas de combustibles "Venteo"	CO2	1.87	5.04	25.00	25.00	40.00	250.00	0.47	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.B.2.c	Emisiones fugitivas de combustibles "Venteo"	CH4	254.15	690.33	25.00	25.00	40.00	250.00	0.47	2.51	0.00	0.51	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
									21.97	**61.99**							
2.A.1	Industria de los minerales - Producción de cemento	CO2	1505.62	294.85	1.00	2.00	1.00	2.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
2.A.2	Industria de los minerales - Producción de cal	CO2	131.68	15.97	2.00	2.00	2.00	2.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.A.3	Industria de los minerales	CO2	17.07	0.02	2.00	2.00	10.00	10.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	Categorías	Gases	Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)	Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)	Incertidumbre de los datos de actividad		Incertidumbre del factor de emisión		Incertidumbre combinada		Contribución a la varianza en el año en curso (2022)		Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
					(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	%	%	%	%	%
	- Producción de vidrio																
2.A.4	Industria de los minerales - Otros usos de carbonatos	CO2	19.40	2.38	1.40	4.20	3.00	3.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.B.1	Industria química - Producción de amoniaco	CO2	570.95	NO	2.00	2.00	7.00	7.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2.B.2	Industria química - Producción de ácido nítrico	N2O	879.07	9.31	2.00	2.00	10.00	10.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2.B.5	Industria química - Producción de carburo	CO2	24.10	2.30	5.00	5.00	10.00	10.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.C.1	Industria metalúrgica - Producción de hierro y acero	CO2	438.58	1.14	10.00	10.00	25.00	25.00	0.27	0.27	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2.D.1	Uso de productos no energéticos - Uso de lubricantes	CO2	64.65	19.80	5.00	5.00	50.00	50.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.G.3.	N2O de usos de productos	N2O	NO	8.56	2.00	2.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
									1.26	**1.29**							

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	Categorías	Gases	Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)	Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)	Incertidumbre de los datos de actividad		Incertidumbre del factor de emisión		Incertidumbre combinada		Contribución a la varianza en el año en curso (2022)		Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
					(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	%	%	%	%	%
3.A.1.a.	Vacas lecheras maduras	CH4	1662.30	861.13	20.00	20.00	20.00	20.00	0.28	0.28	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
3.A.1.b.	Otro ganado vacuno maduro	CH4	2984.14	2265.28	20.00	20.00	20.00	20.00	0.28	0.28	0.13	0.07	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00
3.A.1.c.	Ganado vacuno en crecimiento	CH4	3466.33	2985.68	20.00	20.00	20.00	20.00	0.28	0.28	0.17	0.12	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00
3.A.2.	Ovinos	CH4	347.34	197.65	20.00	20.00	30.00	30.00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
3.A.3.	Porcinos	CH4	51.77	27.21	20.00	20.00	30.00	30.00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.A.4.b.	Caprinos	CH4	4.73	88.83	20.00	20.00	30.00	30.00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.A.4.c.	Equinos	CH4	300.64	457.53	20.00	20.00	30.00	30.00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
3.A.4.d.	Mulas y asnos	CH4	10.25	11.00	20.00	20.00	30.00	30.00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.A.4.a.	Búfalos	CH4	11.40	75.61	20.00	20.00	30.00	30.00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.1.a.	Vacas lecheras maduras	CH4	63.30	35.86	10.00	10.00	20.00	20.00	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.1.b.	Otro ganado vacuno maduro	CH4	90.04	73.59	10.00	10.00	20.00	20.00	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.1.c.	Ganado vacuno en crecimiento	CH4	104.75	95.94	10.00	10.00	20.00	20.00	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.2.	Ovinos	CH4	13.89	7.91	44.00	44.00	30.00	30.00	0.53	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.3.	Porcinos	CH4	103.54	54.42	55.00	55.00	20.00	20.00	0.59	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.4.	Otras especies	CH4	55.35	70.81	44.00	44.00	30.00	30.00	0.53	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	**Categorías**	**Gases**	**Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)**	**Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)**	**Incertidumbre de los datos de actividad**		**Incertidumbre del factor de emisión**		**Incertidumbre combinada**		**Contribución a la varianza en el año en curso (2022)**		**Tipo A sensibilidad**	**Tipo B sensibilidad**	**Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE**	**Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA**	**Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales**
					(-) %	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
3.A.1.a.	Vacas lecheras maduras	N2O	161.20	87.76	44.00	44.00	20.00	20.00	0.48	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.1.a.	Otro ganado vacuno maduro	N2O	329.52	250.14	44.00	44.00	20.00	20.00	0.48	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.1.b.	Ganado vacuno en crecimiento	N2O	398.40	337.52	44.00	44.00	30.00	30.00	0.53	0.53	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.1.c.	Ovinos	N2O	123.54	70.30	67.00	67.00	50.00	50.00	0.84	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.4.	Otras especies	N2O	153.88	268.07	44.00	44.00	30.00	30.00	0.53	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.B.5	Emisiones indirectas de N_2O	N2O	203.18	163.03	20.00	20.00	30.00	30.00	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.C.	Cultivo del arroz-Irrigadas	CH4	299.09	80.59	10.00	10.00	30.00	30.00	0.32	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.D.1.a.	Fertilizantes inorgánicos	N2O	1097.28	38.30	15.00	15.00	20.00	20.00	0.25	0.25	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
3.D.1.b.	Fertilizantes orgánicos	N2O	423.05	363.88	50.00	50.00	20.00	20.00	0.54	0.54	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.D.1.c.	Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo	N2O	952.81	770.19	50.00	50.00	20.00	20.00	0.54	0.54	0.05	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
3.D.1.d.	Residuos de cosechas	N2O	2346.00	440.35	30.00	30.00	30.00	30.00	0.42	0.42	0.18	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
3.D.2.	Emisiones indirectas de N_2O de suelos agrícolas	N2O	649.05	348.47	50.00	50.00	20.00	20.00	0.54	0.54	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	Categorías	Gases	Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)	Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)	Incertidumbre de los datos de actividad		Incertidumbre del factor de emisión		Incertidumbre combinada		Contribución a la varianza en el año en curso (2022)		Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
					(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	%	%	%	%	%
3.G.	Encalado	CO2	46.86	3.08	15.00	15.00	30.00	30.00	0.34	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.H.	Aplicación de urea	CO2	135.04	10.52	15.00	15.00	30.00	30.00	0.34	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
									11.84	**11.84**							
4.A.1	Tierras Forestales que permanecen como tal	CO2	12576.48	27766.06	30.00	30.00	20.00	20.00	0.36	0.36	3.73	16.83	0.20	0.37	0.18	0.16	0.06
5.A.3	Sitios de disposición de desechos sólidos no categorizados	CH4	2757.76	4248.03	30.00	30.00	36.06	36.06	0.47	0.47	0.30	0.67	0.02	0.06	0.00	0.02	0.00
5.B	Tratamiento biológico de desechos	CH4	NO	26.66	30.00	30.00	99.25	100.00	1.04	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.B	Tratamiento biológico de desechos	N2O	NO	15.14	30.00	30.00	75.00	150.00	0.81	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.C.1	Incineración de desechos	CO2	NO	0.73	10.00	10.00	40.00	40.00	0.41	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.C.2	Incineración abierta de desechos	CO2	17.12	37.39	30.00	30.00	40.00	40.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.C.2	Incineración abierta de desechos	CH4	36.93	43.00	30.00	30.00	100.00	100.00	1.04	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.C.2	Incineración abierta de desechos	N2O	5.34	5.34	30.00	30.00	100.00	100.00	1.04	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.D.1	Tratamiento y descarga de aguas	N2O	112.18	139.88	20.62	20.62	50.00	50.00	0.54	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario																	
Código del IPCC	**Categorías**	**Gases**	**Emisiones del año de base (1990) (Gg CO2 eq)**	**Emisiones del año actual (2022) (Gg CO2 eq)**	**Incertidumbre de los datos de actividad**		**Incertidumbre del factor de emisión**		**Incertidumbre combinada**		**Contribución a la varianza en el año en curso (2022)**		**Tipo A sensibilidad**	**Tipo B sensibilidad**	**Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE**	**Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA**	**Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales**
					(-) %	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**(-) %**	**(+) %**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
	residuales: Domésticas																
5.D.1	Tratamiento y descarga de aguas residuales: Domésticas	CH4	1086.19	1368.63	30.41	30.41	30.00	30.00	0.43	0.43	0.04	0.06	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
5.D.2	Tratamiento y descarga de aguas residuales: Industriales	CH4	713.20	428.01	25.00	25.00	30.00	30.00	0.39	0.39	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
									6.67	**7.40**							
	Totales		**74220.57**	**77162.15**					**42.10**	**82.88**	**14.07**	**5.62**					**0.12**
					Porcentaje de incertidumbre en el inventario total						**375.06**	**237.14**	Tendencia de la incertidumbre				**34.59**

FE: Factor de emisión; DA: Dato de actividad; NE: No estimada; NO: No ocurre. Fuente: Equipo Técnico del INGEI, INSMET

Anexo 3. Método de referencia: Consumo aparente (2022)

Sector			Energía													
Categoría			Actividades de la quema de combustibles													
Código de la Categoría			1A													
			Paso 1						Paso 2		Paso 3		Paso 4		Paso 5&6	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
			Producción (Anuario Estadístico de Cuba)	Importaciones	Combustibles no consumidos			Consumo Aparente	Factor de Conversion (TJ/Unit)	Consumo Aparente (TJ)	Contenido de carbono (t C/TJ)	Carbono Total (Gg C)	Carbono excluido (Gg C)	Emisiones netas de Carbono (Gg C)	Fracción de carbono oxidado	Emisiones Actuales de CO2 (Gg CO_2)
Fuel Types								F=A+B-C-D-E		H=FxG		J=HxI/1000		L=J-K		N = LxMx44/12
Combustibles fósiles líquidos	Combustibles primarios	Petróleo crudo	2298.9	2860.4	0.0			5159.3	42.3	218238.39	20	4364.7678		4364.7678	1	16004.1486
		Orimulsion														
		Gas Natural Líquido														
	Combustibles secundarios	Gasolina		28.5				28.5	44.3	1262.55	18.9	23.862195		23.862195	1	87.494715
		Jet Kerosene		302		79.7		222.3	44.1	9803.43	19.5	191.16689		191.16689	1	700.945245
		Otro queroseno														
		Shale Oil														
		Diésel		1167.3	105.9			1061.4	43	45640.2	20.2	921.93204		921.93204	1	3380.41748
		Fuel Oil		1156.2	131			1025.2	40.4	41418.08	21.1	873.92149		873.92149	1	3204.37879
		GLP		133.9				133.9	47.3	6333.47	17.2	108.93568		108.93568	1	399.430841
		Etano														
		Nafta		188.6	162.2			26.4	44.5	1174.8	20	23.496		23.496	1	86.152
		Bitumen														
		Lubricantes		52.5				52.5	40.2	2110.5	20	42.21		42.21	1	154.77
		Coque de petróleo						0	32.5	0	26.6	0		0	1	0
		Combustibles de refinería														
		Otros combustibles														
Combustibles fósiles líquidos totales								**7709.5**		**325981.42**		**6550.2921**		**6550.2921**		**24017.7377**
Combustibles fósiles sólidos	Combustibles primarios	Antracita						0	26.7	0	26.8	0		0	1	0
		Carbón de coque						0	28.2	0	25.8	0		0	1	0
		Otro carbón bituminoso														
		Carbón subbituminoso														
		Lignito		1.8	0.4			1.4	11.9	16.66	27.6	0.459816		0.459816	1	1.685992
		Esquisto bituminoso														
	Combustibles secundarios	Gas de Alto Horno														
		Alquitrán de Hulla														
Combustibles fósiles sólidos totales								**1.4**		**16.66**		**0.459816**		**0.459816**		**1.685992**
Combustibles fósiles gaseosos		**Gas Natural (Seco)**	892.5					892.5	48	42840	15.3	655.452		655.452	1	2403.324
Otros	Desechos municipales (Fracción no biológica)															
	Desechos industriales															
	Aceites usados															
Otros combustibles fósiles totales																
Turba																
Total								**8603.4**		**368838.08**		**7206.2039**		**7206.2039**		**26422.7477**

Anexo 4. Estado de aplicación de los hallazgos y recomendaciones para asegurar el control y la garantía de la calidad del inventario

Anexo 4.1 Estado de aplicación de los hallazgos y recomendaciones para asegurar el control de la calidad del inventario

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo	Hallazgo	Estado	Comentario o acción correctiva
Aspectos transversales del Inventario Nacional						
CC-G1	DIN	Información general	Transparencia	No estaban incluidas todas las fuentes de DA	Resuelto	Se incluyeron todas las fuentes de DA en el DIN
CC-G2	DIN	Análisis de categorías principales	Transparencia	No estaba incluido el análisis de categorías clave para el año base	Resuelto	Se incluyó el análisis de categorías clave para el año base en el DIN
CC-G3	DIN	Análisis de categorías principales	Coherencia	No se aplicaba el mismo nivel de desagregación por sector para el análisis de categorías clave	Resuelto	Se empleó el mismo nivel de desagregación por sector antes de realizar el análisis de categorías clave
CC-G4	DIN	Análisis de incertidumbre	Coherencia	No se aplicaba el mismo nivel de desagregación por sector para el análisis de incertidumbre	Resuelto	Se empleó el mismo nivel de desagregación por sector antes de realizar el análisis de incertidumbre
Energía CRT 1						
CC-E1	Energía	Metodología	Coherencia	Parte de la serie de emisiones estaba reportada utilizando los PCG del AR2 mientras que el resto de la serie estaba reportada usando los PCG del AR5	Resuelto	Se reportaron las emisiones para todos los años de la serie temporal usando los PCG del AR5
CC-E2	Energía	Metodología	Adherencia a las directrices	Para las categorías que resultaron principales en el INGEI anterior no se utilizó un método de nivel superior	Pendiente	El país no cuenta con las capacidades necesarias para utilizar un método de nivel superior. Esta cuestión se incluye en el plan de mejoramiento del sector
CC-E3	Energía	1.A.3.A Aviación civil	Comparabilidad	En 2021 se había estimado las emisiones de la aviación civil internacional en conjunto con las emisiones de la aviación de cabotaje	Resuelto	Se estimaron las emisiones de la aviación civil internacional separadas de las emisiones de la aviación de cabotaje

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo	Hallazgo	Estado	Comentario o acción correctiva
CC-E4	Energía	1.A.3.b Transporte Terrestre	Comparabilidad	Las estimaciones de GEI del transporte terrestre no se desagrega por tipos /categorías principales de vehículos en la subcategoría	Pendiente	Todas las emisiones procedentes del transporte terrestre se incluyeron en 1. A.3.b
CC-E5	Energía	1.A	Exhaustividad	No se estiman las emisiones de gases precursores en las subcategorías de 1.A, que se puedan obtener los datos de actividad	Pendiente	Esta cuestión se incluye en el plan de mejoramiento del sector
CC-E6	Energía	1.B.2	Exhaustividad	No se estimaron emisiones fugitivas de fuentes identificadas en el país.	Pendiente	No se realizaron acciones correctivas para este ciclo
IPPU CRT 2						
CC-I1	IPUU	Informe sectorial	Transparencia	Revisar que las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad y factores de emisión estén documentados	Resuelto	Se obtuvo la certificación de los datos utilizados en las estimaciones
CC-I2	IPUU	Informe sectorial	Exactitud	En la compilación del sector no se incorporaron las emisiones de CO_2 de la subcategoría 2.D.1	Resuelto	Se incluyeron las emisiones pertenecientes a la categoría 2.D.1 en la compilación
CC-I3	IPUU	Metodología	Exhaustividad	Estimación de emisiones de gases precursores de GEI	Pendiente	Esta cuestión se incluye en el plan de mejoramiento del sector
CC-I4	IPUU	Informe sectorial	Exhaustividad	En el informe sectorial no fue declarada la subcategoría 2.A.4.b como "NE "	Resuelto	Se cambió la notación empleada para la subcategoría en el informe

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo	Hallazgo	Estado	Comentario o acción correctiva
CC-I5	IPUU	Informe sectorial	Exhaustividad	En el informe sectorial no fue declarada la subcategoría 2.A.4.c Producción no metalúrgica de Magnesio como "NE "	Resuelto	Se cambió la notación empleada para la subcategoría en el informe
CC-I6	IPUU	Informe sectorial	Exhaustividad	En el informe sectorial no fue declarada la subcategoría 2.A.4.d Otro como "NE "	Resuelto	Se cambió la notación empleada para la subcategoría en el informe
CC-I7	IPUU	2.B.5 Producción de carburo	Exhaustividad	No fue utilizada la clave de notación "NO" para el CH_4	Resuelto	Se cambió la notación empleada para la subcategoría en el informe
CC-I8	IPUU	2.C.1 Producción de hierro y acero	Exhaustividad	No fue utilizada la clave de notación "NA" para el CH_4	Resuelto	Se cambió la notación empleada para la subcategoría en el informe
Agricultura CRT 3						
CC-A1	Agricultura	Fuentes de información	Exhaustividad	Se utilizaron datos de actividad no suficientemente exhaustivos para la estimación de emisiones de GEI en las distintas categorías	Resuelto	Se accedió a fuentes primarias de la información y a la estadística complementaria del Ministerio de la Agricultura para obtener datos más refinados y exhaustivos
CC-A2	Agricultura	Fuentes de información	Transparencia	No se certificaban los datos de actividad utilizados en las estimaciones	Resuelto	Se logra la certificación y/o validación de datos de actividad e informes de las distintas categorías por las direcciones estatales del Ministerio de la Agricultura
CC-A3	Agricultura	3.A Fermentación entérica y 3.B Gestión del estiércol	Transparencia	Criterios de expertos no documentados o referenciados respecto a las características anuales de la ganadería en Cuba	Pendiente	Una parte importante de los datos que proceden de criterios de expertos se referenciaron; además, es necesario elevar el número de datos de fuentes documentadas.
CC-A4	Agricultura	3.A Fermentación entérica y 3.B Gestión del estiércol	Exhaustividad	Faltaban los datos de actividad referentes al número de cabezas de ganado bufalino para el año 2016.	Resuelto	Se incluyeron los datos de actividad de la población bufalina en Cuba.

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo	Hallazgo	Estado	Comentario o acción correctiva
CC-A5	Agricultura	3.A Fermentación entérica y 3.B Gestión del estiércol	Comparabilidad	No existencia de datos de actividad desagregados en el ganado porcino por edades.	Resuelto	Se desagregó por edades el dato de actividad de la población porcina
CC-A6	Agricultura	3.C Cultivo del arroz	Exactitud	No se disponen de datos paramétricos por zonas arroceras en el país.	Resuelto	Se accedió a datos desagregados por provincia y zonas arroceras, por lo que se obtuvo información más exhaustiva y refinada.
CC-A7	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	Exhaustividad	No se contabilizan las emisiones desde las subcategorías 3.D.1.b Fertilizantes orgánicos, 3.D.1.c Orina y estiércol depositado por animales de pastoreo y 3.D.1.d Residuos de cosechas	Resuelto	Se corrige en la actual serie
CC-A8	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	Exactitud	Incompleta la serie anual de datos de actividad de las cantidades anuales de fertilizantes nitrogenados aplicados a los suelos en Cuba	Resuelto	Se completaron la serie anual con información de una fuente primaria del Ministerio de la Agricultura
CC-A9	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	transparencia	Falta de información sobre la producción y consumo de fertilizantes orgánicos	Pendiente	La información se encuentra muy dispersa e incompleta, por lo que se requieren arreglos institucionales para proveer los datos
CC-A10	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	transparencia	No se incluyeron todos los cultivos agrícolas ni están desagregados por región.	Pendiente	Revisión más exhaustiva de los datos de actividad y paramétricos para la estimación de las emisiones por los residuos de cosechas Esta cuestión se incluye en el plan de mejoramiento del sector
CC-A11	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	Exactitud	Se utilizaron los datos de la superficie bajo riego mecanizado en el cálculo de las emisiones indirectas de N_2O por lixiviación y escorrentía	Pendiente	No se realizaron acciones correctivas para este ciclo. Esta cuestión se incluye en el plan de mejoramiento del sector

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo	Hallazgo	Estado	Comentario o acción correctiva
CC-A12	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	Exhaustividad	Faltan los datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI por mineralización / inmovilización vinculada a la ganancia/pérdida de carbono del suelo	Pendiente	No se obtuvo información desde el sector UTCUTS
CC-A13	Agricultura	3.G. Encalado y 3.H. Aplicación de urea	Exhaustividad	Incompleta la serie anual de datos de actividad de las cantidades anuales de cal y urea aplicadas a los suelos en Cuba	Resuelto	Se completaron las series anuales de ambas categorías con información de una fuente primaria del Ministerio de la Agricultura
CC-A14	Agricultura	3.G. Encalado y 3.H. Aplicación de urea	Exhaustividad	Falta de datos referentes a la aplicación de cal y urea en los suelos cañeros del país	Resuelto	Se obtuvieron los datos de una fuente primaria, cuya estadística incluye a todos los consumidores nacionales de estos insumos
UTCUTS CRT 4						
CC-U1	UTCUTS	Metodología	Exhaustividad	De todas las categorías del sector, solo se estimaron las emisiones y absorciones relacionadas con la 4.A Tierras forestales y, de ésta, la Subcategoría 4.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Pendiente	No se obtuvieron los datos de actividad en relación al uso y cambio de uso de la tierra para todas las categorías en la actual serie
CC-U2	UTCUTS	Metodología	Adherencia a Directrices	No se utilizaban las Directrices del 2006.	Resuelto	Se aplicaron las Directrices del 2006 para la subcategoría estimada
CC-U3	UTCUTS	3.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Exactitud	Transitar progresivamente hacia la sustitución del método de Pérdidas/Ganancias empleado actualmente para el BNE, hacia el método de Diferencia de Existencias utilizado nacionalmente	Pendiente	Se estimó el cambio anual en las existencias de carbono, a través del incremento anual de la biomasa y la reducción anual por pérdidas de biomasa

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo	Hallazgo	Estado	Comentario o acción correctiva
CC-U4	UTCUTS	3.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Exactitud	Los factores de emisión por defecto se continúan sustituyendo por factores de emisión nacionales en las remociones y cosecha de madera	Pendiente	Se ha sustituido el 40 % de los factores de emisión por defecto que se emplean en la subcategoría
CC-U5	UTCUTS	3.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Exhaustividad	Los datos de la cosecha de madera proceden de un solo tenente del patrimonio forestal, faltando incorporar otros proveedores de esta información	Pendiente	La información relacionada a la cosecha de madera se recoge solamente del Grupo Empresarial Agroforestal
CC-U6	UTCUTS	3.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Transparencia	Exclusión de las emisiones originadas por la producción de leña para uso directo y para carbón vegetal de consumo nacional.	Resuelto	Estos surtidos se contabilizaron en Energía para evitar la duplicación de los estimados
CC-U7	UTCUTS	3.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Exhaustividad	Incluir en las remociones de GEI las correspondientes a la superficie de bosques en desarrollo y sistemas agroforestales de café y cacao	Pendiente	Se requiere definición y decisión de la autoridad estatal nacional
Desechos CRT 5						
CC-D1	Desechos	Informe sectorial	Transparencia	No se justificaba en todas las categorías la tendencia de los datos de actividad	Resuelto	Se incluyó la descripción de la tendencia del dato de actividad para cada categoría y/o subcategoría
CC-D2	Desechos	Informe sectorial	Coherencia	Al realizar los recálculos correspondientes no se tuvo en cuenta que en el INGEI anterior se utilizaron los PCG del AR2 mientras que el INGEI actual se utilizaron los PCG del AR5	Resuelto	Se convirtieron las estimaciones del INGEI anterior de acuerdo a los PCG del AR5
CC-D3	Desechos	5.A.3 Sitios no categorizados de disposición de desechos sólidos	Transparencia	En la composición de los desechos sólidos no estaban incluídas las fuentes de información para todos los períodos reportados	Resuelto	Se incluyeron las fuentes de información para todos los períodos reportados

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo	Hallazgo	Estado	Comentario o acción correctiva
CC-D4	Desechos	5.C.1 Incineración de desechos	Exactitud	No se utilizaba el valor por defecto del IPCC de fracción de carbono en la materia seca para desechos hospitalarios al calcular las emisiones de CO_2	Resuelto	Se aplicó el valor por defecto del IPCC (2006)
CC-D5	Desechos	5.C.2 Incineración abierta de desechos	Exactitud	En el cálculo de las emisiones de CO_2 se invirtieron las fracciones correspondientes a textiles y plásticos	Resuelto	Se aplicó la fracción correspondiente para cada tipo de desecho
CC-D6	Desechos	5.D.1 Aguas residuales domésticas	Adherencia a las directrices	Esta categoría resultó principal en el INGEI anterior y no se utilizó un método de nivel superior	Pendiente	El país no cuenta con las capacidades necesarias para utilizar un método de nivel superior. Esta cuestión se incluye en el plan de mejoramiento del sector
CC-D7	Desechos	5.D.1 Aguas residuales domésticas	Exactitud	En el cálculo del TOW se asumía el Factor de corrección para BOD industrial de 1.25 tanto para las aguas colectadas como las no colectadas	Resuelto	Se asumió el Factor de corrección para BOD industrial de 1.25 solo para las aguas colectadas

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Anexo 4.1 Estado de aplicación de los hallazgos y recomendaciones para asegurar la garantía de la calidad del inventario

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo de cuestión	Recomendación	Estado	Comentario o acción correctiva
Cuestiones Generales del Inventario Nacional						
AC-G1	DIN	Reporte	Acrónimos	Unificar las mismas siglas en todos los capítulos del reporte	Resuelto	-
AC-G2	DIN	Reporte	Transparencia	Explicar los cambios en las tendencias de las series	Resuelto	-
Energía CRT 1						
AC-E1	Energía	Reporte	-	En el epígrafe 3.2.12.2, la tabla 3.19 no coincidía con el título de la misma	Resuelto	-
AC-E2	Energía	Reporte	-	En el epígrafe 3.1.1, en el tercer párrafo debía decir vapor de agua, no solamente agua	Resuelto	-
AC-E3	Energía	Reporte	Exhaustividad	No fueron identificadas todas las categorías no estimadas	Resuelto	Fueron identificadas las categorías no estimadas y se explicaron las causas
AC-E4	Energía	Reporte	Exhaustividad	No fueron identificadas todas las categorías incluidas en otra parte	Resuelto	Fueron identificadas las categorías incluidas en otra parte y se explicaron las causas

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo de cuestión	Recomendación	Estado	Comentario o acción correctiva
AC-E5	Energía	En 1.A.2 Industrias Manufactureras y de la construcción	Comparabilidad	Las estimaciones de GEI no fueron desagregadas para todos los tipos de industrias	Pendiente	Las emisiones de las industrias que no pudieron ser desagregadas se incluyeron agregadas en 1.A.2.m. Industria no especificada
IPPU CRT 2						
AC-I1	IPUU	2.A.1. Producción de cemento	transparencia	Según el ítem 4.2.4.2, el principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales de la producción nacional de clinker son, en primer lugar, la demanda de cemento desde la construcción y, en segundo, la importación de clinker. Sin embargo, en Cuba no se ha realizado ninguna importación de clinker en el período 1990-2022	Resuelto	Se agregó como segundo factor de influencia las condiciones tecnológicas de las fábricas productoras de clinker
AC-I2	IPUU	2.A.4 Otros usos de carbonatos en los procesos	Exactitud	En el ítem 4.2.7.3, para convertir los datos de actividad de unidades a toneladas, se utilizaron valores promedios de masa unitaria. Parar el caso del ladrillo de barro se utilizó 9.8kg, pero en realidad el valor es 2.8 kg	Resuelto	Se cambió el factor de conversión y se estimaron nuevamente las emisiones
Agricultura CRT 3						
AC-A1	Agricultura	3.A Fermentación entérica y 3.B Gestión del estiércol	Exactitud	El peso promedio utilizado para mulas y asnos no era correcto.	Resuelto	Se corrige en la actual serie

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo de cuestión	Recomendación	Estado	Comentario o acción correctiva
AC-A2	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	Adherencia a las directrices	La categoría resultó ser una de las principales en el INGEI, pero no se utiliza un método de nivel superior	Pendiente	El país no cuenta con las capacidades necesarias para utilizar un método de nivel superior. Esta cuestión se incluye en el plan de mejoramiento del sector
AC-A3	Agricultura	3.D Suelos agrícolas	Exhaustividad	Parte de las emisiones indirectas de N_2O por volatización y lixiviación/escorrentía no se contabilizaron	Pendiente	Solo se calcularon las emisiones indirectas de N_2O desde la orina y estiércol depositados en pasturas
AC-A4	Agricultura	3.C Cultivo del arroz	Transparencia	No se calculó el factor de ajuste para abonos orgánicos	Pendiente	Cuando los desechos de la cosecha son incorporados al suelo
UTCUTS CRT 4						
AC-U1	UTCUTS	3.A.1 Tierras forestales que permanecen como tales	Exhaustividad	Completar los datos a captar sobre los efectos de las perturbaciones y definir su adecuación a los requerimientos del Inventario, incluyendo tanto la pérdida de biomasa por incendios, como las emisiones de otros GEI y precursores	Pendiente	No se tiene información de la superficie quemada anual por tipo de vegetación, para lo cual se requieren acuerdos institucionales con los proveedores de datos
Sector Desechos CRT 5						
AC-D1	Desechos	5.A.3 Sitios no categorizados de disposición de desechos sólidos	Transparencia	En el informe sectorial se define la categoría 5.A.3 Sitios no categorizados de disposición de desechos, que es la que se aplica para el caso de Cuba. En este sentido, sería conveniente aclarar en qué consiste esta Categoría	Resuelto	Se aclaró el concepto de Sitio de disposición gestionado, no gestionado y no categorizado

ID	Sector	Clasificación de la cuestión y/o su categoría	Tipo de cuestión	Recomendación	Estado	Comentario o acción correctiva
AC-D2	Desechos	5.C.1 Incineración de desechos	Exactitud	La cantidad de desechos peligrosos incineradas no es correcta. La confusión se debe a que la Información de la Serie ONU, mezcló prácticas de aprovechamiento de residuos con prácticas de eliminación y prácticas no seguras con otras que no lo eran. Esta situación quedó resuelta en el 2023 cuando se acordó trabajar solo con el modelo de ODS	Resuelto	Se sustituyó la cantidad de desechos peligrosos incinerados de acuerdo a la serie brindada por la DGMA y la ORSA
AC-D3	Desechos	5.C.2 Incineración abierta de desechos	Exhaustividad	Según la ORSA el 5% de los desechos depositados en un SDDS se quema al aire libre por incendios accidentales. Teniendo en cuenta este criterio se pueden estimar las emisiones de la categoría 5. C.2	Resuelto	Se estimaron las emisiones procedentes de la incineración abierta en base el criterio del 5% de los desechos dispuestos en vertedero

Fuente: Equipo técnico del INGEI, INSMET

Anexo 5. Sector IPPU. Producción de clinker y por ciento de CaO en el clinker por fábrica en Cuba. Serie 1990-2022

Anexo 5.1. Producción de clinker y por ciento de CaO en el clinker en las fábricas René Arcay, Mártires de Artemisa y José Marcerón

Fábricas	René Arcay (Cementos Curazao) ,Mariel		Mártires de Artemisa, Artemisa		José Mercerón, Santiago de Cuba	
Años	Producción de clinker (Mt)	% CaO en el clinker	Producción de clinker (Mt)	% CaO en el clinker	Producción de clinker (Mt)	% CaO en el clinker
1990	589.9	64.4	467.3	65.9	304.6	64.5
1991	403.3	63.1	218.1	65.8	220.7	64.6
1992	342.6	63.2	77.5	64.5	127.1	64.2
1993	232.2	65.0	169.7	66.0	109.7	64.5
1994	271.0	63.9	183.6	65.9	124.2	64.3
1995	380.0	63.5	227.8	65.1	177.3	64.2
1996	284.7	64.8	265.8	66.1	179.4	64.5
1997	608.1	63.2	265.8	65.0	182.6	64.6
1998	530.6	63.6	257.3	66.1	144.6	64.4
1999	585.0	63.6	271.4	64.6	144.4	63.2
2000	480.9	63.2	224.9	66.0	151.0	64.3
2001	747.1	64.8	181.6	66.1	114.4	64.5
2002	994.6	64.3	185.1	65.7	96.5	64.6
2003	1028.2	63.3	137.4	64.8	92.5	64.4
2004	962.7	65.6	114.8	64.1	109.1	64.5
2005	964.4	63.3	109.8	64.5	88.8	64.3
2006	952.5	63.8	34.6	66.2	63.4	64.2
2007	1014.7	63.3	PARALIZACIÓN DEFINITIVA DE LOS HORNOS		46.0	64.5
2008	865.0	64.4			3.4	64.4
2009	781.3	64.4			PARALIZACIÓN DEFINITIVA DE LOS HORNOS	
2010	670.0	64.6				
2011	735.3	64.6				
2012	745.4	63.6				
2013	528.6	63.6				
2014	541.9	64.2				
2015	557.8	63.2				
2016	594.1	63.2				
2017	600.6	64.8				
2018	694.0	63.9				
2019	518.8	63.7				

Fábricas	René Arcay (Cementos Curazao) ,Mariel		Mártires de Artemisa, Artemisa	José Mercerón, Santiago de Cuba
2020	336.6	64.6		
2021	246.8	63.8		
2022	194.0	64.2		
2023	95.2	64.8		

Fuente: Equipo técnico del INGEI con base en GECEM, MICONS

Anexo 5.2. Producción de clinker y por ciento de CaO en el clinker en las fábricas Siguaney y Carlos Marx

26 de Julio ,Nuevitas		Siguaney, Santi Spiritus				Carlos Marx (Cementos Cienfuegos S.A.), Cienfuegos	
Producción de clinker (Mt)	% CaO en el clinker	Producción de clinker gris (Mt)	% CaO en el clinker	Producción de clinker blanco (Mt)	% CaO en el clinker	Producción de clinker (Mt)	% CaO en el clinker
450.4	64.2	315.7	65.3	10.9	65.3	759.3	64.9
219.9	64.3	204.8	65.1	14.3	65.4	372.1	65.1
161.4	63.4	128.0	64.4	8.7	65.1	219.4	64.3
181.9	64.7	91.5	64.7	8.3	65.4	186.7	65.8
212.7	64.2	51.5	64.9	51.3	65.8	208.1	65.8
241.3	64.0	86.4	65.0	21.1	65.3	280.3	65.0
195.8	64.4	102.7	65.6	23.1	65.7	333.6	65.9
251.6	64.2	144.9	65.1	23.3	65.4	362.6	64.8
199.0	64.1	118.9	66.4	22.9	65.4	371.7	65.1
213.2	63.3	147.8	64.2	20.0	65.2	385.8	64.1
205.3	64.0	174.0	64.8	13.2	65.1	320.9	64.8
196.6	64.1	191.2	65.7	20.6	65.8	279.1	65.6
154.8	64.2	155.0	66.4	18.3	65.3	265.2	65.8
180.0	64.4	165.9	65.7	23.7	65.7	164.0	65.7
188.2	64.2	216.4	64.9	19.9	65.7	170.6	65.6
116.6	64.1	145.1	65.0	20.6	65.8	640.0	64.3
118.6	64.3	154.1	65.6	15.7	65.3	852.3	65.5
106.3	64.4	89.4	64.5	9.4	65.4	1012.3	64.2
97.6	64.2	90.5	66.4	6.0	65.6	1016.4	65.9
84.4	64.1	77.9	65.3	10.3	65.4	1023.3	64.9
84.1	64.3	80.1	65.1	11.8	65.8	940.3	65.1
83.9	63.9	86.1	64.8	3.5	65.3	897.2	65.6
83.7	64.0	76.4	63.7	7.3	65.7	954.1	64.2
80.0	64.1	79.6	64.9	10.5	65.8	1078.7	64.8
87.6	64.3	68.3	65.4	6.4	65.8	660.5	65.7
66.3	64.2	78.5	64.5	7.0	65.3	595.9	64.5

26 de Julio ,Nuevitas		Siguaney, Santi Spiritus				Carlos Marx (Cementos Cienfuegos S.A.), Cienfuegos	
29.9	64.2	44.1	65.2	8.2	65.3	631.1	65.0
56.4	64.9	3.3	66.4	5.0	65.4	577.7	65.5
36.6	64.2	13.5	65.7	11.0	65.6	644.6	65.1
PARALIZADA POR MODERNIZACIÓN		9.1	65.6	0.0	65.4	707.8	65.5
		52.6	65.7	3.5	65.8	509.6	65.7
		23.0	66.4	7.9	65.3	408.2	65.8
		10.2	65.7	0.0	65.7	362.7	65.3
		23.8	65.7	3.3	65.8	329.7	65.1

Fuente: Equipo técnico del INGEI con base en GECEM, MICONS

ANEXO 6. Descripción detallada de las metodologías e información adicional

ANEXO 6.1. Sector UTCUTS

Anexo 6.1.1: Especies que integran los grupos en los bosques artificiales.

a) Mezcla de especies duras de lento crecimiento.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Acana	*Manilkaravalenzuelana*	Güira	*Crescentiacujete*
Azulejo	*Magnolia cubensis*subsp. *cubensis*	Jiquí	*Pera bumeliifolia*
Bayito	*Chionanthusdomingensis*	Jocuma	*Sideroxylonfoetidissimum*subsp. *foetidissimum*
Bijáguara	*Colubrinaarborescens*	Júcaro	*Bucida buceras*
Brasil	*Caesalpiniavesicaria*	Júcaro amarillo	*Terminaliatetraphylla*
Caguairán	*Hymenaeacourbaril*	Macurije	*Mataybadomingensis*
Caña fístula	*Cassiafistula*	Manajú	*Garciniaaristata*
Cañandonga	*Cassiagrandis*	Palma cana Guano cana	*Sabalpalmetto*
Caoba antillana	*Swieteniamahagoni*	Palma real	*Roystonea regia*
Carbonero	*Alvaradoaamorphoides*subsp. *caribaea*	Palo Campeche	*Haematoxylumcampechianum*
Chicharrón	*Terminalia díptera*	Quebracho	*Ehretiatinifolia*
Copal	*Burseraangustata*	Roble caimán	*Tabebuiacalcicola*
Copey	*Clusia rosea*	Sabicú	*Lysiloma sabicú*
Corojo	*Gastrococoscrispa*	Sangre de doncella	*Cassinexylocarpa*
Cuajaní	*Prunusoccidentalis*	Tengue	*Poeppigia procera*
Cuyá	*Sideroxyloncubense*	Uva caleta	*Coccolobauvifera*
Ebano	*Diospyroscaribaea*	Uvilla	*Coccolobaretusa*
Ebano carbonero	*Diospyroscrassinervis*subsp. *crassinervis*	Yaba	*Andirainermis*
Encino	*Quercusoleoides*	Yamagua; Yamao	*Guarea guidonia*
Frijolillo	*Hebestigma cúbense*	Yana	*Conocarpuserectus*
Guairaje	*Eugenia axillaris*	Yarey dulce	*Coperniciabaileyana*
Guano hediondo	*Copernicia gigas*	Yarúa	*Caesalpiniacubensis*
Guao de costa	*Metopiumbrownei*	Yaya	*Oxandralanceolata*
Guárana	*Cupania glabra*	Yuraguana	*Coccothrinaxorientalis*
Guayacán	*Guaiacumofficinale*	Otras palmáceas	

b) Mezcla de especies duras de rápido crecimiento.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	***Nombre científico***
Argelino	*Pithecellobiumglaucum*	Icaquillo	*Bunchosiaemarginata*
Arjuna	*Terminaliaarjuna*	Jía	*Adeliaricinella*
Bacona	*Lysilomasabicu*	Leucaena/Ipil	*Leucaenaleucocephala*
Bálsamo tolú	*Toluiferabalsamum*	Majaguilla	*Carpodipteracubensis. subsp. cubensis*
Baría	*Gerascanthusgerascanthoides*	Mangle prieto	*Avicenniagerminans*
Cabo de hacha	*Trichiliahirta*	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*
Caoba híbrida	*S. mahagoni x S. macrophylla*	Morera	*Morus alba*
Carolina	*Pachirainsignis*	Moringa	*Moringaoleifera*
Casuarina	*Casuarina equisetifolia*	Nim	*Azadirachta indica*
Cheflera	*Schefflera actinophylla*	Patabán	*Laguncularia racemosa*
Dagame	*Calycophyllumcandidissimum*	Roble blanco	*Tabebuiaheterophylla*

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	***Nombre científico***
Eucalipto	*Eucalyptussaligna*	Rosita	*Rosapolyantha*
Eucalipto limón	*Corimbiacitriodora*	Siguaraya	*Trichiliahavanensis*
Framboyán rojo	*Delonixregia*	Soplillo	*Lysilomalatisiliquum*
Guamá sp.	*Lonchocarpus*spp.	Yambolán	*Syzygiumcumini*
		Otras latifolias	

c) Mezcla de especies blandas.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Alamo	*Ficus benjamina*	Framboyán amarillo	*Peltophorumferrugineum*
Albizziafalcata	*Albizziafalcata*	Framboyán azul	*Jacarandacoerulea*
Albizzia procera	*Albizzia procera*	Gavilán	*Simarouba glauca*
Albizziasp.	*Albizzia*spp.	Gmelina	*Gmelina arbórea*
Algarrobo brasileño	*Prosopisjuliflora*	Guamá candelón	*Piscidiapiscipula*
Algarrobo indio	*Albizia procera*	Guana	*Hildegardiacubensis*
Algarrobo de olor	*Albizialebbeck*	Guano	*Copernicia*spp.
Algarrobo del país	*Samaneasaman*	Guara	*Cupaniamacrophylla*
Algarrobo sp.	*Samanea*spp.	Guárano	*Cupania americana*
Almácigo	*Bursera simaruba*	Guásima	*Guazumaulmifolia*
Almendra; Almendro de la India	*Terminaliacatappa*	Guásima baría	*Lueheaspeciosa*
Anacahuita	*Sterculiaapetala*	Icaco	*Chrysobalanusicaco*
Ateje	*Cordiacollococca*	Higo	*Ficus carica*
Ayúa	*Zanthoxylumcubense*	Inga dulce	*Pithecellobiumdulce*
Balsa	*Ochromalagopus*	Jaboncillo	*Sapindus saponaria*
Bambú	*Bambusavulgaris*	Jagüey sp.	*Ficus* spp.
Bauhinia Casco de vaca	*Bauhiniadivaricata*	Jobo	*Spondiasmombin*
Bayúa	*Zanthoxylumcaribaeum*	Magnolia/Mantequero	*Magnolia cubensis.* subsp. *cubensis*
Bija	*Pterocarpusmacrocarpus*	Majagua sp.	*Taliparitis*pp,
Búcaro	*Erythrinaberteroana*	Najesí	*Carapa guianensis*
Caoba africana	*Khaya*spp,	Nogal	*Juglansinsularis*
Caoba de Honduras	*Swieteniamacrophylla*	Noni	*Morindacitrifolia*
Cayeput	*Melaleucaleudodendron*	Ocuje	*Calophyllumantillanum*
Cedro	*Cedrelaodorata*	Oreja de judío	*Enterolobiumcyclocarpum*
Ceiba	*Ceiba pentandra*	Oreja de negro	*Enterolobiumcyclocarpum*
Clavellina	*Rondeletiaodorata*	Palma petate	*Coccothrinax crinita*
Eritrina	*Erythrina*spp.	Palo María	*Calophyllum brasiliense*
Espatodea/Tulipán rojo	*Spathodeacampanulata*	Paraíso de la India	*Meliaazedarachta*
Peralejo	*Byrsonimaspicata*	Roble vitex/Salvadera	*Hura crepitans*
Piñón	*Erythrina*spp.	Salsafrá/Vomitel	Cordiaangiocarpa
Piñón botija	*Jatropha curcas*	Saúco	Sambucusnigra
Piñón florido	*Gliricidiasepium*	Sigua	Nectandracoriacea
Pomarrosa	*Syzygium jambos*	Teca	*Tectonagrandis*
Roble	*Tabebuiacalcicola*	Uva gomosa Ateje amarillo	*Cordiaalba*
Roble guayo	*Petitiadomingensis*	Yagruma	*Cecropiapeltata*
Roble prieto	*Ehretiatinifolia*	Frutales en el bosque	

Anexo 6.1.2: Cálculo de las remociones por área cubierta.

Sector:		**Agricultura,Bosques y Otros Usos de la Tierra**							
Categoría:		**Tierras forestales que permanecen con tierras forestales: Incremento anual en los depósitos de C de la biomasa (aérea y soterrada)**							
Código de Categoría:		**3B1a**							
Hoja:		**1 de 4**							
Equación		**Equación 2.2**		**Equacion 2.9**	**Equacion 2.10**			**Equacion 2.9**	
Categoría de uso de la tierra		**Subcategorías para el año reportado**		**Área de tierras forestales que permanecen como tierras forestales**	**Crecimiento promedio anual de la biomasa aérea**	**Relación entre la biomasa aérea y la soterrada**	**Crecimiento promedio anual de toda la biomasa (aérea y soterrada)**	**Fracción de C para la materia seca**	**Incremento anual en los depósitos de C de la biomasa debido al crecimiento de la biomasa**
Uso inicial de la tierra	**Uso de la tierra durante el año reportado**			**(ha)**	**(t. bss * ha^{-1} * a^{-1}**	**[(tbsa) (tbss)$^{-1}$]**	**(tbm * ha^{-1}* a^{-1}**	**[(t C) (t bs)$^{-1}$]**	**(t C a^{-1})**
				Fuentes de datos nacionales o internacionales	**Tablas 4.9, 4.10 y 4.12**	**cero (0) o Tabla 4.4**	**G_{TOTAL} = GW * (1+R)**	**0,5 o Tabla 4.3**	**ΔC_G = A * G_{TOTAL} * CF**
				A	**GW**	**R**	**GTOTAL**	**CF**	**DCG**
FL	FL	Bosques artificiales	*Acacia* spp.	19.058,29	15,00	0,20	18,00	**0,4854***	166.516,09
			Eucalyptus spp.	470,40	14,50	0,20	17,40	**0,4875***	3.990,17
			Tectona grandis	6.719,49	8,00	0,20	9,60	**0,4840***	31.279,49
			Pinus spp.	47.732,20	**6,32***	0,24	7,84	**0,4702***	175.886,63
			Pinus caribaea	114.970,65	**8,51***	0,20	10,21	**0,4753***	558.040,36
			Mezcla Maderas Duras	47.858,27	6,80	0,20	8,16	**0,4688***	183.077,41
			Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec.	111.900,11	12,50	0,20	15,00	**0,4697***	788.392,23
			Mezcla Maderas Blandas	183.828,97	14,50	0,20	17,40	**0,4690***	1.500.154,69
		TOTAL Bosques Artificiales		**579.199,61**					**3.803.318,86**

*** Factores de emisión propios del país**

Anexo 6.1.2: (continuación)

Sector:	**Agricultura,Bosques y Otros Usos de la Tierra**								
Categoría:	**Tierras forestales que permanecen con tierras forestales: Incremento anual en los depósitos de C de la biomasa (aérea y soterrada)**								
Código de Categoría:	**3B1a**								
Hoja:	**1 de 4**								
Equación	**Equación 2.2**		**Equacion 2.9**	**Equacion 2.10**			**Equacion 2.9**		
Categoría de uso de la tierra			**Área de tierras forestales que permanecen como tierras forestales**	**Crecimiento promedio anual de la biomasa aérea**	**Relación entre la biomasa aérea y la soterrada**	**Crecimiento promedio anual de toda la biomasa (aérea y soterrada)**	**Fracción de C para la materia seca**	**Incremento anual en los depósitos de C de la biomasa debido al crecimiento de la biomasa**	
Uso inicial de la tierra	**Uso de la tierra durante el año reportado**	**Subcategorías para el año reportado**	**(ha)**	**(t. bss * ha^{-1} * a^{-1}**	**[(tbsa) (tbss)$^{-1}$]**	**(tbm * ha^{-1}* a^{-1}**	**[(t C) (t bs)$^{-1}$]**	**(t C a^{-1})**	
			Fuentes de datos nacionales o internacionales	**Tablas 4.9, 4.10 y 4.12**	**cero (0) o Tabla 4.4**	**G_{TOTAL} = GW * (1+R)**	**0,5 o Tabla 4.3**	**ΔC_G = A * G_{TOTAL} * CF**	
			A	**GW**	**R**	**GTOTAL**	**CF**	**DCG**	
FL	FL	Bosques naturales – Húmedo	191.924,73	6,25	0,27	7,94	**0,4745***	722.854,51	
		Bosques naturales – Estacional (<20años)	354.259,32	4,00	0,20	4,80	**0,4658***	792.067,15	
		Bosques naturales – Estacional (>20años)	1.417.037,27	2,00	0,20	2,40	**0,4658***	1.584.134,31	
		Bosques naturales – Seco	200.038,08	3,40	0,56	5,30	**0,4620***	490.182,91	
		Bosques naturales – Manglares	606.986,50	2,00	0,20	2,40	**0,4700***	684.680,77	
		TOTAL Bosques Naturales	2.770.245,90					**4.273.919,65**	
		Frutales en los Bosques	9.671,64	6,80	0,20	8,16	0,4500	35.514,26	
		Área Forestal Cubierta	3.312.455,92					**7.716.770,99**	
		Otros (especificar) – Frutales fuera del Bosque							
		Otros (especificar) – - Cítricos	**SD**	2,53	0,20	3,04	**0,4500**		
		Otros (especificar) – - Otros frutales	**SD**	4,72	0,20	5,66	**0,4500**		
TOTAL			**3.312.455,92**					**7.716.770,99**	

*** Factores de emisión propios del país**

Anexo 6.1.3: Cálculo de las emisiones por cosecha de madera.

Sector		Agricultura,Bosques y Otros Usos de la Tierra					
Categoría		Tierras forestales que permanecen como tierras forestales: Pérdidas de C por las extracciones de madera					
Código de Categoría		3B1a					
Hoja		2 de 4					
Equation		Equation 2.2	Equation 2.12				
Categoría de uso de la tierra		Subcategorías para el año reportado	Extracciones anuales de madera	Factores de conversión de biomasa y de expansión para la conversión de las extracciones en volumen mercantil de extracciones totales de biomasa (incluyendo corteza)	Relación entre la biomasa aérea y la soterrada	Fracción de C en la materia seca	Pérdida anual de C debido a las extracciones de madera
Uso inicial de la tierra	Uso de la tierra durante el año reportado		($m^3 a^{-1}$)	[(t de biomasa extraída) (m^3 extraídos)$^{-1}$]	[(tbms a) (tbms s)$^{-1}$]	[(t C) (tbms)$^{-1}$]	(t C a^{-1})
			Estadísticas nacionales o fuentes internacionales de datos	Tabla 4.5	cero (0) o Tabla 4.4	0.5 o Tabla 4.3	$L_{extracciones\ de\ madera}$ = H * $BCEF_R$ * (1+R) * CF
			H	BC/EF_R	R	CF	$L_{extracciones\ de\ madera}$
FL	FL	**Bolo:**	**216.363,88**				**140.584,39**
		Coníferas	**83.753,76**	**0,565***/1,90	0,24	**0,4715***	**52.566,58**
		Preciosas	**83.753,76**	**0,618***/1,90	0,20	**0,4700***	**55.465,83**
		Latifolias	**48.856,36**				**32.551,98**
		-Duras	**2.373,02**	**0,811***/1,90	0,20	**0,4741***	**2.080,31**
		-Semiduras	**37.689,19**	**0,652***/1,90	0,20	**0,4633***	**25.957,42**
		-Blandas	**8.794,15**	**0,482***/1,90	0,20	**0,4671***	**4.514,25**
		Postes:	**636,60**				**388,22**
		Coníferas (pinos)	**636,60**	**0,565***/1,90	0,20	**0,4734***	**388,22**

*** Factores de emisión propios del país**

Anexo 6.1.3: (continuación).

Sector		**Agricultura,Bosques y Otros Usos de la Tierra**					
Categoría		**Tierras forestales que permanecen como tierras forestales: Pérdidas de C por las extracciones de madera**					
Código de Categoría		**3B1a**					
Hoja		**2 de 4**					
Equation		**Equation 2.2**	**Equation 2.12**				
Categoría de uso de la tierra		Su Categorías para el año reportado	Extracciones anuales de madera	Factores de conversión de biomasa y de expansión para la conversión de las extracciones en volumen mercantil de extracciones totales de biomasa (incluyendo corteza)	Relación entre la biomasa aérea y la soterrada	Fracción de C en la materia seca	Pérdida anual de C debido a las extracciones de madera
Uso inicial de la tierra	**Uso de la tierra durante el año reportado**		($m^3 a^{-1}$)	[(t de biomasa extraída) (m^3 extraídos)$^{-1}$]	[(tbms a) (tbms s)$^{-1}$]	[(t C) (tbms)$^{-1}$]	(t C a^{-1})
			Estadísticas nacionales o fuentes internacionales de datos	Tabla 4.5	cero (0) o Tabla 4.4	0.5 o Tabla 4.3	$L_{extracciones\ de\ madera}$ = H * $BCEF_R$ * (1+R) * CF
			H	**$BCEF_R$**	**R**	**CF**	$L_{extracciones\ de\ madera}$
FL	FL	**Traviesas:**	**75,15**				**55,96**
		Duras	**0,00**	**0,811***/1,90	0,20	**0,4741***	**0,00**
		Semiduras (eucaliptos)	**75,15**	**0,717***/1,90	0,20	**0,4555***	**55,96**
		Rollizas:	**58,45**				**40,26**
		Coníferas	**0,00**	**0,565***/1,90	0,24	**0,4715***	**0,00**
		Latifolias	**58,45**				**40,26**
		-Duras	**0,00**	**0,645***/1,90	0,20	**0,4741***	**0,00**
		-Semiduras	**58,45**	**0,652***/1,90	0,20	**0,4633***	**40,26**
		Cujes:	**2.288,00**				**1.703,72**
		Coníferas	**0,00**	**0,510***/1,90	0,24	**0,4715***	**0,00**
		Latifolias (eucaliptos)	**2.288,00**	**0,717***/1,90	0,20	**0,4555***	**1.703,72**
Total			**219.422,08**				**142.772,54**

*** Factores de emisión propios del país**

Anexo 6.1.4: Cálculo del Balance Neto de Emisiones.

Retención (+) ó Liberación (-) Neta Anual de Carbono	Conversión a Emisión (+) o Remoción (-) Anual de CO_2
(t C)	(t CO_2)
B = Lw/r - ΔCG (tC)	BF = B * 44 / 12 (tCO_2)
-7.573.998,44	-27.771.327,63

ESPECIES DE CUBA POR CLASES DE MADERA

(Gómez Ricaño, J. R.; F. Feliciano; A. Eremeev y K. Kalitskii. 1976. Clasificación de los bosques de Cuba por la importancia de las especies de árboles. Rev. Baracoa 6/3-4: 27-43)

Coníferas	**Preciosas**	**Usos especiales**	**Duras** (>901 kg/m^3; 1.201 kg/m^2)		**Semiduras** (701-900 kg/m^3 601-1.200 kg/m^2)	**Blandas** (600-700 kg/m^3; 450-600 kg/m^2)	
Pino macho	Ácana	Guayacán	Caguairán	Jubilla	Copey	Jagua	Yagrumo macho
Pino hembra	Sangre de doncella	Arabo	Cueriduro	Almendrillo	Llorón	Guáimaro	Anacahuita
Pino maestrensis	Baría	Yaití	Jiquí	Hueso	Bijáguara	Ocuje	Guacacoa
Pino de Mayarí	Caoba	Ébano	Cerillo de loma	Yaya	Bayúa	Copal	Ateje
	Dagame	Guaney	Guao de costa	Cuajaní	Vigueta naranjo	Humo	Algarrobo
	Sabicú	Granadillo	Frijolillo	Mije	Tengue	Sigua	Almácigo
	Nogal	Divi-divi	Jocuma	Moruro abey	Fustete	Sabina cimarrona	Ceiba
	Guásima baría	Vera	Yanilla	Bacona	Jaboncillo	Guaranillo	Lanero
	Azulejo	Aceitillo	Maboa	Roble guayo	Guamá candelón	Manzanillo	Bagá
	Majagua	Yaicuaje	Yana	Roble caimán	Paraiso indio	Siguaralla	
	Yamagua	Agracejo	Cúrbana	Encino	Abey blanco	Güira	
	Teca		Mangle prieto	Yaba	Patabán	Casuarina	
	Najesí		Guao prieto	Júcaro amarillo	Macurije	Ayúa	
	Cedro		Jaimiquí	Sabicú moruro	Eucalipto	Mantequero	
			Mangle rojo	Purio		Cabo de hacha	
			Majaguilla	Manajú		Guaguasí	
			Chicharrón	Hicaquillo		Soplillo	
			Júcaro negro	Yarúa		Guásima	
			Uva caleta	Vomitel colorado		Roble blanco	
			Cocuyo	Jatía		Marañón	
			Carbonero de costa	Levisa		Caoba hondureña	
			Cuyá	Macagua		Jobo	
			Juba	Caimitillo		Búfano	

Sin clasificar	
Azulito	Purio prieto
Ateje blanco	Barril
Roble de sabana	Tagua tagua
Huevo de gallo	Cuaba
Boniato	Rala de gallina
Boniatillo	Roble prieto
Hicaco de aura	Bayito
Sangre de toro	Rosita
Majagua de Cuba	Jaragua
Hilacho	Víbona
Aceitunillo	Roble de sierra
Ramón de caballo	

Anexo 6.1.5: Resultados generales de los balances de emisiones. Serie 1990-2022.

Año	Emisiones (tC)	Remociones (tC)	BNE (tC)
1990	408.307	-3.838.090	-3.429.783
1991	384.204	-4.032.831	-3.648.627
1992	360.100	-4.227.572	-3.867.472
1993	361.954	-4.668.172	-4.306.218
1994	363.807	-5.108.772	-4.744.965
1995	404.678	-5.018.557	-4.613.879
1996	445.549	-4.928.342	-4.482.793
1997	420.559	-5.033.498	-4.612.939
1998	395.570	-5.138.655	-4.743.085
1999	533.540	-4.538.442	-4.004.902
2000	486.716	-5.247.120	-4.760.404
2001	454.253	-5.373.823	-4.919.571
2002	459.814	-5.436.009	-4.976.195
2003	509.762	-5.638.472	-5.128.710
2004	478.543	-5.740.380	-5.261.837
2005	420.749	-5.834.521	-5.413.772
2006	547.060	-6.041.321	-5.494.261
2007	386.161	-6.204.110	-5.817.948
2008	438.105	-6.272.336	-5.834.231
2009	418.405	-6.538.979	-6.120.573
2010	347.364	-6.717.010	-6.369.646
2011	346.035	-6.574.808	-6.228.773
2012	250.660	-6.713.776	-6.463.116
2013	309.130	-7.177.147	-6.868.017
2014	281.756	-7.388.637	-7.106.881
2015	253.004	-7.303.598	-7.050.595
2016	238.472	-7.527.026	-7.288.554
2017	267.525	-7.749.555	-7.482.030
2018	296.578	-7.972.085	-7.675.506
2019	205.962	-7.653.241	-7.447.279
2020	193.905	-7.898.623	-7.704.718
2021	153.978	-7.983.775	-7.829.797
2022	142.773	-7.716.771	-7.573.998