



RESUMEN EJECUTIVO



REPORTE DE INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CUBA SERIE 1990-2018



INSTITUTO DE METEOROLOGÍA DE CUBA

LA HABANA, CUBA

2021

AUTORES

Capítulo I Circunstancias Nacionales

Coordinadores del capítulo: Carlos Sosa Pérez, Javier Bolufé Torres (INSMET)

Colaboradores: Chavelly Díaz Muñoz (INSMET)

Capítulo II Arreglos institucionales

Coordinadores del capítulo: Carlos Sosa Pérez, Javier Bolufé Torres (INSMET)

Colaboradores: Ricardo Manso Jiménez, Sinaí Barcia Sardiñas (INSMET)

Capítulo III Procesos de preparación del inventario y aspectos metodológicos

Coordinadores del capítulo: Carlos Sosa Pérez, Javier Bolufé Torres (INSMET)

Capítulo IV Tendencia de las emisiones agregadas por sectores

Coordinadores del capítulo: Carlos Sosa Pérez y Javier Bolufé Torres (INSMET)

Colaboradores: Ricardo W. Manso Jiménez, Rosemary López Lee, Milena De Armas Serrano, Chavelly Díaz Muñoz y Sinaí Barcia Sardiñas, (INSMET), Alicia Mercadet Portillo, Arnaldo Álvarez Brito y Yolanis Rodríguez Gil (INAF)

Capítulo V Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores

Coordinadores del capítulo: Carlos Sosa Pérez, Javier Bolufé Torres, Milena De Armas Serrano, Rosemary López Lee, Ricardo W. Manso Jiménez, Sinaí Barcia Sardiñas (INSMET)

Coordinador del Sector Energía: Carlos Sosa Pérez (INSMET)

Colaboradores: Ileana López López, David Pérez Martín, Henry Ricardo Mora (CUBAENERGÍA), Rafael Biart Hernández, Xiomara Cardoso Alquezabal, Gretel Sánchez Angarica y José M. Villarroel Castro (CIMAB), Tomás González (ONEI)

Coordinador del Sector Procesos industriales y uso de productos: Javier Bolufé Torres y Milena De Armas Serrano (INSMET)

Colaboradores: Mirtha Reinoso (CIIQ), Janet Canciano (CIIQ), Jorge L. Álvarez (MICONS), Juan M. Junco (MICONS), Harilyn Tamayo (GESIME), Victoria Serrano (ACINOX Las Tunas, MINDUS), Guillermo Legañoa (ONEI), Delia Alvarez (MINDUS)

Coordinadores del Sector AFOLU: Rosemary López Lee, Javier Bolufé Torres y Ricardo W. Manso Jiménez (INSMET)

Colaboradores: Alicia Mercadet Portillo, Arnaldo Álvarez Brito, Yolanis Rodríguez Gil (INAF), Guillermo Legañoa (ONEI) y Nicasio Castellanos Pinos (IS)

Coordinador del Sector Desechos: Sinaí Barcia Sardiñas Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos (INSMET)

Colaboradores: Carlos Sosa Pérez (INSMET), Chavelly Díaz Muñoz (INSMET) Cristóbal Díaz (CITMA), Orlando Rey Santos (CITMA), Yosdany González Jaime (GAMMA)

Capítulo VI Evaluación de Incertidumbres

Coordinador del capítulo: Carlos Sosa Pérez (INSMET)

Colaboradores: Javier Bolufé Torres (INSMET)

Capítulo VII Análisis de categorías principales

Coordinador del capítulo: Carlos Sosa Pérez (INSMET)

Colaboradores: Javier Bolufé Torres (INSMET)

Capítulo VIII Proceso de actualización del INGEI

Coordinadores del capítulo: Carlos Sosa Pérez, Javier Bolufé Torres (INSMET)

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AUTORES	2
ACRÓNIMOS	6
INTRODUCCIÓN	8
1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES	9
1.1 Perfil geográfico.....	9
1.2 Perfil económico.....	9
2. ARREGLOS INSTITUCIONALES	12
2.1. Arreglos institucionales para la elaboración del inventario.....	12
3. PROCESOS DE PREPARACIÓN DEL INVENTARIO Y ASPECTOS METODOLÓGICOS	13
3.1. Metodología y fuentes de información.....	13
3.1.1. Metodologías.....	13
3.1.2. Datos de actividad.....	15
3.1.3. Factores de emisión.....	16
3.2. Evaluación de la incertidumbre.....	22
3.3. Análisis de categorías clave.....	22
3.4. Procedimientos de control y aseguramiento de la calidad.....	23
4. TENDENCIA DE LAS EMISIONES AGREGADAS POR SECTORES PARA LA SERIE 1990-2018	24
4.1. Emisiones agregadas por tipo de GEI.....	26
4.1.a. Dióxido de Carbono (CO ₂).....	28
4.1.b. Metano (CH ₄).....	29
4.1.c. Óxido Nitroso (N ₂ O).....	30
4.2. Emisiones y absorciones agregadas y desagregadas de GEI para el año 2018.....	31
5. EMISIONES DE GEI DESAGREGADAS POR SECTORES	36
5.1. Energía.....	36

5.1.1. Emisiones por gases.....	41
5.2. Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU).....	41
5.2.1. Emisiones por gases.....	46
5.3. Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU).....	46
5.3.1 Emisiones por gases.....	51
5.4. Desechos	52
5.4.1 Emisiones por gases.....	56
6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE	56
7. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS CLAVES	58
8. PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DEL INGEI	60
8.1. Principales cambios	61
8.2. Recálculos	66
Anexos.....	67
Bibliografía.....	68

ACRÓNIMOS

AFOLU: Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (Agriculture, Forestry and Other Land Uses)

CH₄: Metano

CIIQ: Centro de Investigaciones de la Ingeniería Química

CIMAB: Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte

CITMA: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

CMNUCC: Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático

CO₂: Dióxido de carbono

CUBAENERGÍA: Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía

CUPET: Cuba Petróleo

ETGEI: Equipo Técnico de Inventario de Gases de Efecto Invernadero

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

FOLU: Subsector de Silvicultura y Otros usos de la Tierra (Forestry and Other Land Uses)

GAF: Grupo Agroforestal

GEI: Gases de efecto invernadero

GESIME: Grupo Empresarial de la Industria Sideromecánica

IACC: Instituto de la Aeronáutica Civil de Cuba

IIG: Instituto de Investigaciones de Granos

IIP: Instituto de Investigaciones Porcinas

INAF: Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

INGEI: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

INRH: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos

INSMET: Instituto de Meteorología

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel of Climate Change)

IPPU: Procesos Industriales y Usos de Productos (Industrial Processes and Product Use)

IS: Instituto de Suelos

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

N₂O: Óxido nitroso

ONEI: Oficina Nacional de Estadísticas e Información

ONURE: Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía

Partes NAI: Partes no Anexo I del Protocolo de Kioto

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

UH: Universidad de La Habana

UNE: Unión Eléctrica

INTRODUCCIÓN

La preparación, actualización periódica, reporte y divulgación de Inventarios Nacionales de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es un compromiso común a todas las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Los inventarios, son también una de las componentes principales de las Comunicaciones Nacionales que periódicamente deben preparar las Partes de la CMNUCC y remitir a la Secretaría de dicha convención.

Las Partes en la CMNUCC, con su firma se comprometen a desarrollar, actualizar periódicamente, publicar y poner a disposición los inventarios nacionales de emisiones antropogénicas por fuentes y la absorción por los sumideros de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal Protocolo, utilizando metodologías comparables (artículo 4.1a de la CMNUCC). Estos inventarios se presentarán a la Secretaría de la CMNUCC y están sujetas a revisión con los procedimientos acordados por la Conferencia de las Partes (COP) de la CMNUCC.

Los inventarios desempeñan un papel clave para el seguimiento de las emisiones y remociones de GEI a nivel global, regional y local y para verificar el éxito o fracaso de las medidas implementadas para la mitigación de las emisiones. Posibilitan también identificar los sectores, categorías de fuentes y fuentes que tienen un mayor peso en las emisiones y remociones (o en la incertidumbre de estas) y que son a las que habrá que dedicar mayor esfuerzo y recursos. Tienen además gran importancia para las actividades relacionadas con la protección del medio ambiente en los países.

En este reporte, se presentan las emisiones y remociones de GEI en Cuba para la serie anual 1990-2018 y para el año 2018. En general en el texto y organización de este reporte se sigue la estructura y terminología establecidas por el IPCC para la preparación y reporte de los Inventarios Nacionales de Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero, así como acuerdos de la Conferencia de las Partes (COP) de la CMNUCC sobre este tema. Además, se siguen específicamente las directrices incluidas en el Anexo de la Decisión 17/CP.8 con relación a la preparación de los Inventarios Nacionales de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero que deberán ser incluidos en las Comunicaciones Nacionales de las Partes No Anexo I (Partes NAI) de la CMNUCC y en los Reportes Bienales de Actualización (BUR).

1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

1.1 Perfil geográfico

La República de Cuba se encuentra situada en la zona occidental del Mar Caribe, entre la América del Norte y la América Central, a la entrada del Golfo de México, entre los 19° y 24° de latitud Norte y los 74° y 85° de longitud Oeste. Limita al norte con el Estrecho de la Florida, el Canal de Bahamas y el Océano Atlántico, al este con el Paso de los Vientos, al sur con el Mar Caribe y al oeste con el Canal de Yucatán.

El archipiélago cubano está formado por la Isla de Cuba, la Isla de la Juventud y unas 1600 islas y cayos, constituyendo en su totalidad la porción más occidental del arco de las Antillas Mayores. El territorio cubano tiene una extensión superficial de 106 757,6 km² en tierra firme y 3 126,41km² en los cayos adyacentes (ONEI, 2018). La división política administrativa vigente, establecida en el año 2011, agrupa el país en 15 provincias, 168 municipios, incluyendo a la Isla de la Juventud como municipio especial y siendo La Habana la capital del país.

El clima se define como tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semicontinentalidad (Íñiguez y Mateo, 1980). Predomina el tipo Aw de la clasificación de Koppen-Geiger (Kottek et al, 2006). Se alternan anualmente dos temporadas bien definidas, una lluviosa de mayo a octubre y otra poco lluviosa, de noviembre a abril (Lecha *et al*, 1994).

1.2 Perfil económico

El perfil económico que se presenta en este informe está enfocado a caracterizar el quehacer socioeconómico vinculado con el tema de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

El crecimiento de la población cubana está presentando una tendencia al estancamiento, caracterizada por una baja tasa de natalidad e incremento de la esperanza de vida con el consiguiente envejecimiento de la misma. Al cierre de 2018, la población residente alcanzó los 11 209 628 de habitantes, de los cuales el 49,7% son hombres y el 50,3% son mujeres.

Casi el 77% de la población vive en zonas urbanas, de los cuales el 19% se ubica en la capital. La densidad de población fue de 102.0 hab/km². Por su parte, la población en edad laboral ascendió a 7,1 millones de habitantes, de los cuales 3,7 millones son hombres y 3,4 millones mujeres. Casi el 76% de esta fuerza de trabajo se ubica en las zonas urbanas, apenas 1,7 millones de

trabajadores se emplean en el campo, teniendo que alimentar una población casi 6,6 veces mayor (ONEI, 2018).

En cuanto a la distribución de la tierra, en 2018 el 56,1% pertenecían a las formas estatales de producción y el resto a las formas no estatales de ellas casi la mitad correspondían a Cooperativas de Créditos y Servicios, y campesinos privados.

El producto interno bruto (PIB) a precios constantes del año 1997, en el año 2018, ascendió a unos 57,0 miles de millones de pesos (2,2 % superior al año anterior). La estructura productiva a lo interno del PIB, no ha mostrado cambios importantes en este propio periodo, aunque los cambios más notables ocurren en las actividades que conforman el sector terciario, en particular en Transporte, almacenamiento y comunicaciones, Comercio, Hoteles y Restaurantes, Administración Pública y muy en especial en Salud Pública y Asistencia Social. En el sector primario, la agricultura, ganadería y silvicultura redujo ligeramente su participación en el PIB.

Finalmente, en el sector secundario el azúcar mantuvo su participación a niveles notablemente bajos, el resto de las manufacturas mantienen una participación similar en 2018 con respecto al 2017 en la composición del PIB, aunque en algunos rubros como el Comercio y la Salud pública y asistencia social se evidencia una tendencia al crecimiento. La construcción aumentó con respecto al año 2017 en un 9,3%.

El consumo energía en los hogares en el período 2013-2018 tuvo una tasa de crecimiento significativa siendo un 16,5% superior en este último año respecto al primero, resultado del trabajo por cuenta propia.

La economía cubana está sustentada en los recursos naturales del país, que son muy variados y van desde minerales como el níquel y el cobalto, a los paisajes tropicales que atraen a millones de turistas todos los años. El capital humano es el otro pilar fundamental, que cuenta con las tasas más elevadas de alfabetización, esperanza de vida y cobertura sanitaria de América Latina y el Caribe.

A mediados de la década de 1990 el turismo superó al azúcar, desde antaño el principal sostén de la economía cubana, como fuente principal de divisas. El sector turismo en la actualidad, figura de manera importante en el plan de desarrollo del gobierno cubano y sigue siendo la actividad que mayores ingresos de divisas aporta a las arcas del país, solo superada por los ingresos de servicios médicos y profesionales. En el 2018 se reciben 4 711 910 millones de visitantes, mayor cifra histórica hasta esa fecha.

Por otro lado, en Cuba no son muy utilizados los insecticidas químicos y en su lugar son utilizados los de origen animal y vegetal, incluyendo la lombricultura (uso de lombrices) para fertilizar los suelos. Por otra parte, el rebaño vacuno decreció en unas 57 mil cabezas, aunque el rendimiento de leche por vaca en ordeño aumentó en un 4,9% respecto al 2017. La cantidad de cabezas de cerdos experimenta un crecimiento en 2018 de 219,7 mil cabezas con respecto al 2017.

Por su parte, la extracción de gas natural alcanzó un nivel del orden de los 970,1 millones de metros cúbicos en el 2018, un 7,7% menor respecto al 2017, mientras que la extracción de petróleo alcanza los 2,4 millones de toneladas métricas decreciendo en un 2,4% respecto al año anterior.

En cuanto a la generación de electricidad y refinación de petróleo, las principales actividades del sector energético nacional, se tiene que en 2018 se produjeron 20,8 mil GWh (crecimiento de 1,4% con respecto al 2017), y se emplearon poco más de 4,8 millones de toneladas de petróleo crudo y 7,3 millones de toneladas de sus derivados.

Las plantas del servicio público en el 2018 alcanzaron los 6 661 MW instalados de los cuales 2 498 MW correspondían a las centrales termoeléctricas y 2 617,2 MW a motores a fuel oil y diésel, correspondientes al programa nacional de generación distribuida asumido en el marco de la “Revolución Energética” iniciada en el 2005 (ONEI, 2018).

En el 2018, el país alcanza por primera vez el 100% del nivel de electrificación, su sector residencial consumía algo más de 187,1 kWh mensual por cliente, y un consumo de 1 858,8 kWh por habitante, lo que significó un crecimiento de 1,5% en relación al 2017 (ONEI, 2018).



En el 2018, se exportaron mayores cantidades de productos de la industria del tabaco con respecto al 2017, no ocurriendo lo mismo con los productos de la caña de azúcar, donde sus exportaciones decrecieron 61,5%, incentivado esto por el decrecimiento en el número de centrales azucareros en operación. Se reducen las cantidades exportadas de óxidos de níquel más cobalto en un 16%, y aumentan las de cemento, hierro y acero y metales no ferrosos.

2. ARREGLOS INSTITUCIONALES

2.1. Arreglos institucionales para la elaboración del inventario

En este apartado se detallan los arreglos institucionales para el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), dado el carácter de sistema nacional que tiene este proceso en Cuba, ya que tributa a compromisos internacionales ante la CMNUCC como las Comunicaciones Nacionales, a los Informes Bienales de Actualización (IBA), y a compromisos nacionales como el Sistema Gubernamental de Información y Estadísticas.

Desde mediados de la década de 1990 el INSMET coordina la elaboración y presentación del INGEI, bajo la responsabilidad de un “*Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero*” (ETGEI) radicado en el Centro de Contaminación y Química Atmosférica (CECONT), que también está integrado a la Unidad Técnica de Cambio Climático del propio instituto.

El ETGEI, encabezado por un Coordinador General de INGEI, está integrado por expertos del INSMET y los equipos de trabajo de cada sector involucrado en el inventario. El ETGEI responde por la elaboración, verificación, validación, y actualización sistemática del INGEI, la preparación de los informes para las Comunicaciones Nacionales y los IBA, y por brindar la información que requiera el sistema nacional de información y estadística.

Las instituciones que participan en la elaboración del INGEI pertenecen a los ministerios relacionados 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 transversal para todos los sectores que compila y certifica los datos oficiales del país.

Estas instituciones, además de ser las principales proveedoras de los datos de actividad, también proveen al ETGEI datos paramétricos y específicos. Aportan además juicio de expertos, certificación de datos y revisión de los informes de INGEI para los diferentes sectores que lo componen como parte del control de la calidad, exhaustividad y transparencia. Estos sectores según las *Directrices del IPCC 2006* son: Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU por sus siglas en inglés), Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) y Desechos.

Las instituciones integradas al ETGEI, además, certifican datos propios y son revisoras de los informes de INGEI en las áreas de su competencia. El trabajo con estas instituciones es parte del control de la calidad, verificación, exhaustividad, transparencia, y permite también, refinar las estadísticas

nacionales y poder determinar factores de emisión propios de país. Los arreglos institucionales del INGEI se muestran en la figura 1.

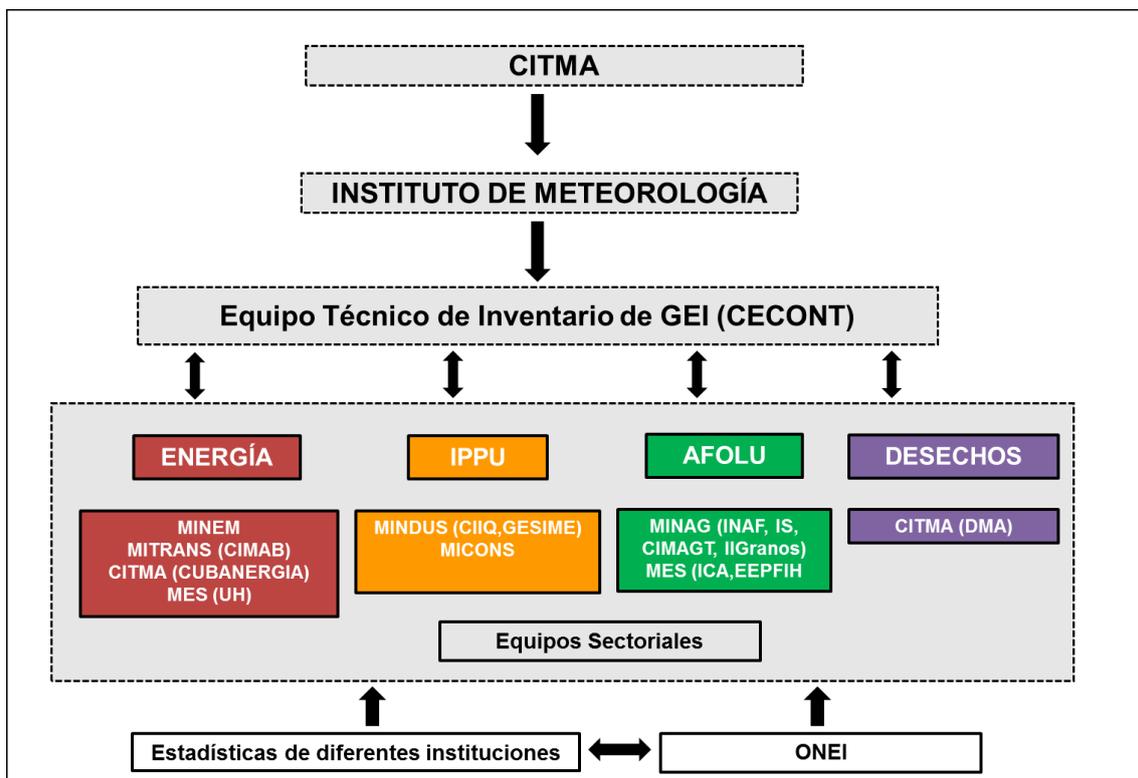


Figura 1. Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI en Cuba

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

3. PROCESOS DE PREPARACIÓN DEL INVENTARIO Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1. Metodología y fuentes de información

El INGEI ha sido realizado para la serie 1990-2018, basado en las *Directrices del IPCC 2006* para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPPC, 2006), incluyendo el análisis de las categorías principales, la evaluación de la incertidumbre y de la exhaustividad, entre otros aspectos. Para la estimación de la incertidumbre se tienen en cuenta las *Directrices de Buenas Prácticas del 2000* (GPG, 2000). La implementación de las *Directrices del IPCC 2006* constituye un paso significativo respecto a reportes anteriores, en los cuales se seguían fundamentalmente las *Directrices Revisadas del IPCC 1996*.

Se incluyen las emisiones y absorciones nacionales anuales de la serie 1990 - 2018 para los cuatro sectores contemplados en las *Directrices del IPCC 2006*.

3.1.1. Metodologías

Las metodologías utilizadas para compilar los datos de cada sector son comparables, permitiendo esto que también lo sean los resultados que se

obtengan. En cada sector se incluyeron las categorías y subcategorías fuentes de emisiones y absorciones existentes en el país, con un nivel de detalle que permitió realizar las estimaciones correspondientes al nivel de desagregación de las *Directrices del IPCC 2006* (CMNUCC, 2006). Algunas categorías y subcategorías no fueron estimadas por la falta de datos de actividad.

Tomando en consideración la disponibilidad de datos de actividad, la información sobre los factores de emisión y los parámetros necesarios para las estimaciones, se aplicaron, fundamentalmente, métodos de Nivel 1, con factores de emisión por defecto y datos de actividad generados por instituciones nacionales. En algunas fuentes se aplicaron métodos de Nivel 2, con factores de emisión propios de país y por defecto.

Estos métodos de estimación son:

- **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 específicos. 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 paramétricos propios del país o de una región. En estas circunstancias, es altamente probable que las estimaciones de absorciones y emisiones de GEI sean más precisas, por lo cual esta opción debiera aplicarse a las categorías principales.
- **Método Nivel 3:** Corresponde a métodos específicos de un país (modelos, mediciones in situ, censos, y otros), cuya aplicación se recomienda siempre que hayan sido debidamente validados.

Los cálculos se realizaron a partir de la ecuación base que se muestra a continuación utilizando el software del IPCC del 2006 y hojas de cálculo del IPCC, 2006.

Ecuación 1. Método de cálculo de las emisiones de GEI.

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

Tras estimar las emisiones y absorciones de cada GEI en las diversas fuentes se reportan los valores de GEI en forma agregada, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq). Fueron usados los Potenciales de Calentamiento Global (PCG o GWP por sus siglas en inglés) proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación en 1995 (SAR por sus siglas en inglés), que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de

cien años. La tabla 1 muestra los PCG para los tres GEI estimados en el INGEI.

Tabla 1. Potenciales de calentamiento global de los GEI directos usados en el INGEI de Cuba Serie 1990-2018

Gas	Fórmula Química	Potencial de Calentamiento Global a 100 años
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido Nitroso	N ₂ O	310

Fuente: Segundo Informe de Evaluación del IPCC (SAR, 1995)

3.1.2. Datos de actividad

Los datos de actividad provienen de las diferentes fuentes tenidas en cuenta los sectores contenidos en el INGEI. La información primaria utilizada proviene de los Anuarios Estadísticos publicados por la ONEI. Sin embargo, en la actualidad, estos datos cubren solamente una parte de la información necesaria para realizar las estimaciones, por lo que se incluyó información aportada directamente, y debidamente certificada, por los ministerios e instituciones (figura 1), que no se publican por la ONEI. La tabla 2 contiene la descripción general de las principales fuentes de información para cada sector.

Tabla 2. Principales fuentes de información del INGEI de Cuba, serie 1990-2018

Sector	Dato de Actividad	Fuentes de Información
1. ENERGÍA	Consumo y producción nacional de combustibles.	ONEI a partir de datos del MINEM
	Producción, oferta interna y consumos nacionales de todos los combustibles por sectores económicos del país incluidos en el Balance Energético Nacional (BEN)	ONEI, MINEM
	Consumo de combustibles en la Generación eléctrica	CUBAENERGIA
2. IPPU	Producción nacional de clinker	MICONS
	Producción nacional de cal	ONEI
	Producción nacional de vidrio (1)	MINBAS ¹
	Producción nacional de Amoníaco	CIIQ
	Producción nacional de Ácido Nítrico	
	Producción nacional de Carburo de Calcio (2)	ONEI
Producción de acero por acerías	GESIME	
3. AFOLU	Superficie dañada por incendios forestales	ONEI a partir de datos del Cuerpo de Guardabosques

¹ Ministerio de la Industria Básica. Actualmente Ministerio de Industrias,

	Cal aplicada en suelos pertenecientes al MINAG	Instituto de Suelos (MINAG)
	Urea aplicada en suelos pertenecientes al MINAG	
	Población animal	ONEI a partir de datos del MINAG
	Superficie de cultivos y de pastizales	
	Producción de fertilizantes nitrogenados	ONEI
	Área cubierta de Bosques	INAF a partir de datos del GAF
4. Desechos	Población nacional	ONEI
	Generación de desechos sólidos	ONEI a partir de datos de la Empresa de Servicios Comunales (MEP) y el CITMA
	Consumo de proteínas por habitante	Base de datos de la FAO
	Manejo de aguas residuales industriales	ONEI a partir de datos del MINDUS
	Sistemas de manejo de aguas residuales tanto domésticas como industriales	ONEI a partir de datos del INRH

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

1: Para la producción de vidrio solamente se estimaron las emisiones para años pares hasta el año 2004. De esa fecha a la actualidad, no han sido posible realizar las estimaciones por falta de datos de actividad

2: Para la producción de carbonato de sodio solamente se estimaron las emisiones hasta el año 2004. No ha sido posible realizar las estimaciones por falta de datos de actividad.

3.1.3. Factores de emisión

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

Sector Energía. Para el cálculo de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O para las subcategorías del grupo 1.A. *Quema de combustibles* y las subcategorías del grupo 1.B. *Emisiones Fugitivas* se emplearon factores de emisión por defecto de Nivel 1. Aunque se han realizado estudios de factores de emisión propios para los diferentes combustibles del país, estos aún están pendientes de revisión, por lo que se utilizaron los factores de las *Directrices del IPCC 2006*. Para el próximo ciclo del INGEI se utilizarán los factores de emisión propios por tipo de combustible para el país.

Sector IPPU. Los factores de emisión empleados en este sector pertenecientes a las categorías 2.A. *Industria de los Minerales*, 2.B. *Industria Química* y 2.C. *Industria de los metales* fueron por defecto de las *Directrices del IPCC 2006*

tanto para Nivel 1 como para Nivel 2. Solamente en el caso de las emisiones relacionadas con la Producción de cemento fue posible obtener un factor de emisión propio del país para cada año de la serie aplicándose un método de Nivel 2.

Sector AFOLU. Se utilizaron, en mayoría, factores de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC 2006*. Sin embargo, para la subcategoría 3.A.1 *Fermentación entérica* se utilizaron factores de emisión propios del país determinados mediante juicio de expertos del sector en Cuba, expertos asesores de Colombia² y el ETGEI de Cuba.

Sector Desechos. Para este sector se utilizó el método de descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés) de acuerdo con las *Directrices del IPCC 2006*, manteniendo algunos parámetros por defecto y agregando datos específicos de país. Para el caso de las aguas residuales tanto domésticas como industriales se utilizaron factores de emisión por defecto de las *Directrices del IPCC 2006*.

² Factores determinados en reunión de juicio de expertos del sector ganadero cubano y expertos asesores de Colombia, pertenecientes al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y a Clima Soluciones.

Los factores de emisión utilizados, así como los volúmenes de las Directrices a las que pertenecen, el GEI estimado y las principales fuentes de información proveedoras de datos de actividad, estadísticos y paramétricos se encuentran en la tabla 3

Tabla 3. Metodología y fuentes de información

Sector	Subcategorías	Componentes	GEI	Método utilizado	Fuente del Factor de emisión	Fuente del Dato de actividad
ENERGÍA						
1A - Actividades de quema de combustibles	1A1 - Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad y calor como actividad principal	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Cuadro 2.2.	Balance Energético Nacional, ONURE, UNE, CUBAENERGÍA, MINEM
		1.A.1.b. Refinación de petróleo	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1		Consumo propio en el Balance Energético Nacional, MINEM
	1A2 - Industrias manufactureras y de la construcción	1A2a - Hierro y acero, 1A2b - Metales no ferrosos, 1A2c - Productos químicos , 1A2d - Pulpa, papel e imprenta, 1A2e - Procesamiento de los alimentos, bebida y tabaco, 1A2f - Minerales no metálicos, 1A2g - Equipo de transporte, 1A2j - Madera y productos de madera, 1A2l - Textiles y cuero y 1A2m - Industria no especificada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Cuadro 2.3.	Balance Energético Nacional, MINEM, MINDUS, MINAL, AZCUBA

	1A3 - Transporte	1A3a - Aviación civil, 1A3b - Transporte terrestre por carretera, 1A3c - Ferrocarriles, 1A3d - Navegación marítima y fluvial	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 3. Cuadros: 3.2.1, 3.2.2, 3.4.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.6.4 y 3.6.5.	Balance Energético Nacional, MITRANS, IACC
		1A3e - Otro tipo de transporte	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 3. Cuadro: 3.3.1.	Balance Energético Nacional, MINAG, MICONs
	1A4 - Otros sectores	1A4a - Comercial/institucional, 1A4b - Residencial, 1A4c - Agricultura/Silvicultura/Pesca/ Piscifactorías	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 2. Cuadro 2.4. y Cuadro 2.5.	Balance Energético Nacional
1B - Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	1B2 - Petróleo y gas natural	1B2a - Petróleo y 1B2b - Gas natural	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 2. Capítulo 4. Cuadro 4.2.5.	Balance Energético Nacional, Anuarios Estadísticos Nacionales, ENERGAS, CUPET
IPPU						
2A - Industria de los minerales	2A1 - Producción de cemento		CO ₂	Nivel 2	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Cuadro 2.4.	MICONs
	2A2 - Producción de cal		CO ₂	Nivel 2	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Cuadro 2.4.	ONEI
	2A3 - Producción de vidrio		CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 2. Cuadro 2.6.	Unión Vidriera Caribe. MINBAS (no existen actualmente).

2B - Industria Química	2B1 - Producción de amoniaco		CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 3. Cuadro 3.1	CIIQ
	2B2 - Producción de ácido nítrico		N ₂ O	Nivel 2	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 3. Cuadro 3.3.	CIIQ
	2B5 - Producción de carburo de calcio y de Silicio		CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 3. Capítulo 3. Cuadro 3.7.	ONEI
AFOLU						
3A - Ganadería	3A1 - Fermentación entérica	3A1a - Bovinos, 3A1b - Búfalos, 3A1c - Ovinos, 3A1d -Caprinos, 3A1f - Caballos, 3A1g - Mulas y asnos, 3A1h - Porcino, 3A1i - Aves de corral	CH ₄	Nivel 2	ICA, CIMAGT, EEPFIH, INSMET	ONEI, MINAG
	3A2 - Gestión del estiércol	3A2a - Bovinos, 3A2b - Búfalos, 3A2c - Ovinos, 3A2d -Caprinos, 3A2f - Caballos, 3A2g - Mulas y asnos, 3A2h - Porcino, 3A2i - Aves de corral	CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.14, 10.16, 10.21.	ONEI, MINAG
3B - Tierras	3B1 - Tierras Forestales	3B1a - Tierras forestales que permanecen como tal	CO ₂	Nivel 1	IPCC 1996. Volumen 4. Capítulo 3. Cuadros 3.2.2. INAF	INAF, GAF, MINAG
3C - Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra	3C2 - Encalado		CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006.Volumen 4. Capítulo 11, página 11.31.	IS, MINAG
	3C3 – Aplicación de urea		CO ₂	Nivel 1	IPCC 2006.Volumen 4. Capítulo 11, página 11.36.	IS, MINAG

	3C4 - Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados		N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Cuadro 11.1.	ONEI, MINAG, IS, IIP
	3C5 - Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados		N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Cuadro 11.3.	ONEI, MINAG, IS, IIP
	3C6 - Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol		N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 11. Cuadro 11.3.	ONEI, MINAG, IS, IIP
	3C7 - Cultivo de arroz		CH ₄	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 5. Cuadros 5.11, 5.12, 5.13, 5.14.	IIG, MINAG
DESECHOS						
4A - Eliminación de desechos sólidos	4A3 - Sitios de eliminación de Desechos Sólidos no categorizados		CH ₄	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 5. Capítulo 3. Cuadros 3.1 y 3.3.	Anuarios Estadísticos Nacionales (ONEI), MEP y CITMA
4D - Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 - Aguas residuales domésticas		CH ₄ , N ₂ O	Nivel 1	IPCC 2006. Capítulo 6. Cuadro 6.2, Cuadro 6.3 y Cuadro 6.11.	Anuarios Estadísticos Nacionales (ONEI), INRH
	4D2 - Aguas residuales Industriales		CH ₄	Nivel 1	IPCC 2006. Volumen 5. Capítulo 6. Cuadro 6.2 y Cuadro 6.8.	Anuarios Estadísticos Nacionales (ONEI), INRH, MINDUS, MINAL

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

3.2. Evaluación de la incertidumbre

La información sobre incertidumbres, no está destinada a disputar la validez de los estimados del inventario, sino para ayudar a priorizar los esfuerzos en aras de mejorar la seguridad de éste en el futuro y guiar las decisiones acerca de las elecciones metodológicas.

Aunque, para la mayor parte de los países y las categorías de fuentes, los estimados de emisiones de gases de invernadero son razonablemente seguros, los reportes del inventario preparados utilizando las *Directrices del IPCC 2006* normalmente contienen un amplio rango de estimados de emisiones con diferente grado de calidad.

Según las *Directrices del IPCC 2006* y sus orientaciones sobre buenas prácticas y gestión de incertidumbre, la propagación de error (Método 1) y el método de Montecarlo (Método 2) son los métodos más utilizados para la estimación de la incertidumbre de emisiones.

En la serie temporal de inventario reportada en el presente informe, se utilizó solamente el método 1 de propagación de errores que supone errores pequeños y simétricos, requiere de la determinación de expresiones matemáticas de la varianza de la estimación. Estas expresiones a veces resultan ser relativamente extensas y complejas y, por tanto, son propensas a errores humanos de cálculo.

En la sección 4 se presenta el resultado del análisis de la estimación de las incertidumbres para este INGEI.

3.3. Análisis de categorías clave

Las *Directrices del IPCC 2006* establecen dos criterios para la identificación de categorías claves. Cada uno contempla dos análisis:

- la evaluación del nivel en la que se calcula evalúa la influencia de cada una de las emisiones en cada categoría, con respecto a las emisiones totales en el último año del inventario, y
- la evaluación de tendencia, con la cual que se estima el aporte de las variaciones en las emisiones por categoría, como consecuencia del cambio de emisiones o absorciones totales, entre el último año y un año de referencia.

Existen dos métodos para cada criterio de evaluación (el método 2, a diferencia del método 1, integra en el análisis el valor de la incertidumbre como criterio de selección).

Para la selección de las categorías claves del inventario nacional de emisiones GEI para la serie 1990-2018, se llevaron a cabo los cuatro análisis disponibles apoyados en la herramienta de cálculo para categorías claves versión 2.5 procedentes de las *Directrices del IPCC 2006*. En la sección 5 se muestra un análisis más detallado de las categorías claves.

Tabla 4. Métodos y ecuaciones utilizados para la determinación de categorías clave

Método 1	Nivel	Ecuación 4.1, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Nivel (Método 1)
	Tendencia	Ecuación 4.2, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Tendencia (Método 1)
Método 2	Nivel	Ecuación 4.4, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Nivel (Método 2)
	Tendencia	Ecuación 4.5, volumen 1, capítulo 4. Evaluación de Tendencia (Método 2)

Fuente: Equipo Técnico de INGEI con base en las *Directrices del IPCC 2006*

3.4. Procedimientos de control y aseguramiento de la calidad

En el INGEI Cuba el sistema de control y aseguramiento de la calidad es aún primario y se encuentra en proceso de construcción. No obstante, para la elaboración del INGEI para la serie 1990-2018 se han llevado a cabo acciones encaminadas a mejorar y establecer una ruta de trabajo que garantice la permanencia en el tiempo del análisis, la gestión y el aseguramiento de la calidad. Estos procesos de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC³ por sus siglas en inglés) dotan al inventario de una mayor consistencia y certidumbre en sus resultados.

El control y el análisis está dirigido a mejorar la calidad de entrada de los datos de actividad y a la verificación de los factores de emisión utilizados.

Es un proceso continuo que comienza con el análisis de las categorías estimadas y no estimadas. Las categorías que no se han podido estimar para este INGEI, por falta de datos de actividad o por carencia de metodologías apropiadas, se han reportado en el Anexo 1.

Como parte del proceso de control de calidad una vez concluidos los informes de cada sector por el ETGEI, se entregaron a expertos sectoriales nacionales

³ Quality Assurance/Quality Control

con el objetivo de esclarecer y revisar las estimaciones realizadas. Este proceso contribuyó a mejorar la calidad de los informes, a certificar la información contenida en los mismos y a la presentación de los resultados.

4. TENDENCIA DE LAS EMISIONES AGREGADAS POR SECTORES PARA LA SERIE 1990-2018

Las emisiones totales brutas en 2018 se contabilizaron en 45336,2 Kt de CO₂ eq, (tabla 5 y figura 2). Las absorciones de CO₂ fueron de 28625 Kt, dando como resultado unas 16711,2 Kt CO₂ eq de emisiones netas (tabla 6 y figura 3), disminuyendo las emisiones netas en un 56,3% respecto a 1990 y en 15,7% desde 2017.

Tabla 5. Emisiones y absorciones de GEI (Kt de CO₂ eq) por sectores (excluye FOLU), para años seleccionados de la serie 1990-2018

Sectores	1990	2012	2014	2016	2017	2018
1- Energía	33294,02	34731,2	36134,1	35411,9	32061,1	32025,7
2- IPPU	2943,5	1093,5	844,9	776,3	774,6	780,9
3- Agricultura	15121,6	9895,5	10100,4	10109,4	10183,8	8527,6
4- Desechos	3138,5	3537,1	3770,6	3916,0	4547,7	4002,0
Total	54497,6	49257,3	50850,0	50213,7	47567,04	45336,2

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

Tabla 6. Emisiones y absorciones de GEI (Kt de CO₂ eq) por sectores (incluye FOLU), para años seleccionados de la serie 1990-2017

Sectores	1990	2012	2014	2016	2017	2018
1- Energía	33294,02	34731,2	36134,1	35411,9	32061,1	32025,7
2- IPPU	2943,5	1093,5	844,9	776,3	774,6	780,9
3- AFOLU	-1113,02	-14273,4	-16554,1	-17037,8	-17456	-20097,4
4- Desechos	3138,5	3537,1	3770,6	3916,0	4547,7	4002,0
Balance	38263,0	25088,4	24195,5	23066,5	19927,2	16711,2

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

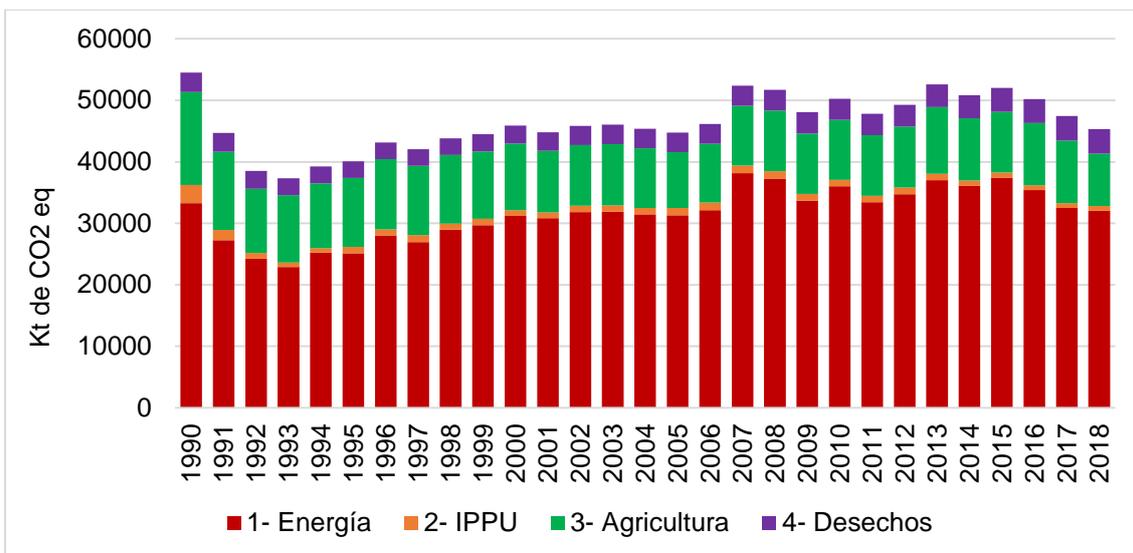


Figura 2. Emisiones y absorciones de GEI (Kt de CO₂ eq) por sectores (excluye FOLU), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

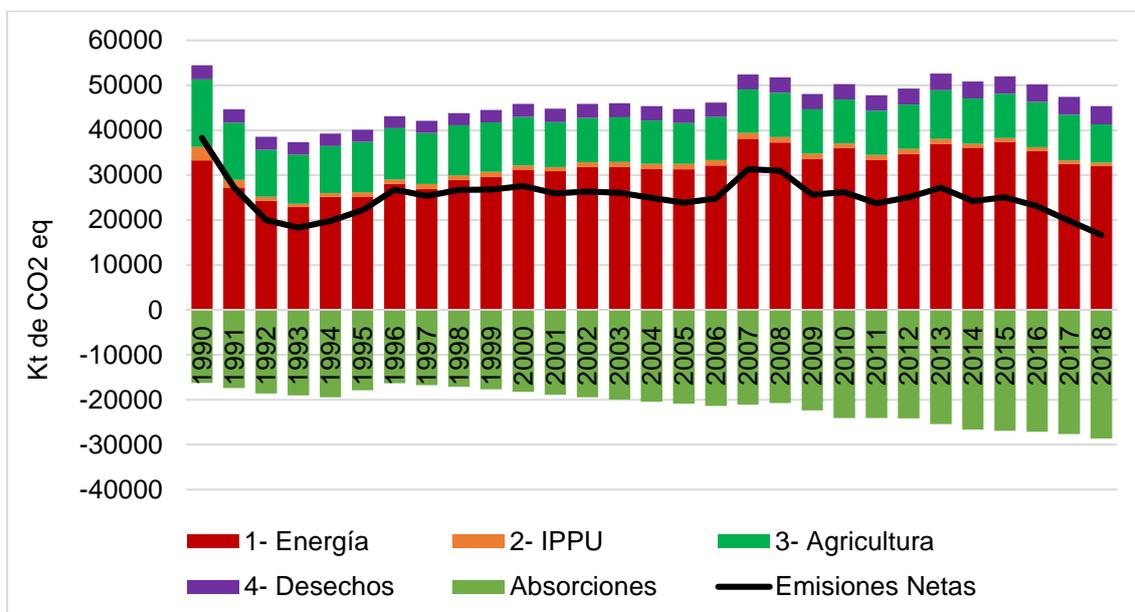


Figura 3. Balance de emisiones y absorciones de GEI (Kt de CO₂ eq) por sectores (incluye el sector FOLU), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

La Figura 4 ilustra, el total de emisiones del año 2018 y la participación por sectores en éstas. Más de la mitad de las emisiones de GEI (el 67,4% del total) corresponden a las estimadas bajo el sector Energía que, junto con las de las categorías de Agricultura, suman el 88,8% de las emisiones del país, excluyendo FOLU.

De igual manera ocurre cuando se incorporan las absorciones de CO₂, los sectores de Energía y AFOLU continúan siendo los más emisores, aunque con valores porcentuales un poco más bajos para el caso del primer sector y aumentando para el caso del segundo. Los sectores Desechos e IPPU, mantienen valores similares en ambos casos.

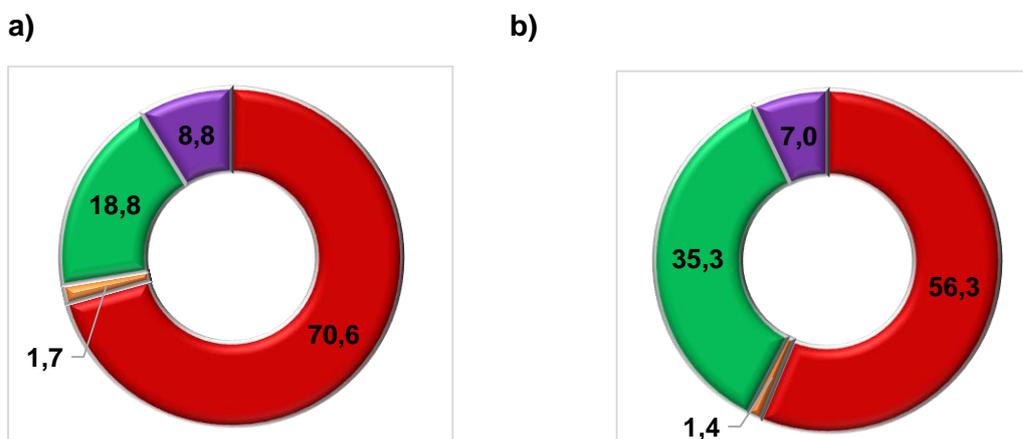


Figura 4. Valores porcentuales de la participación sectorial en las emisiones de GEI en Cuba, año 2018, Kt CO₂ eq

a) Valores porcentuales de las emisiones por sectores excluyendo FOLU.

b) Valores porcentuales de las emisiones por sectores incluyendo FOLU.

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

4.1. Emisiones agregadas por tipo de GEI

El 66,6% de las emisiones correspondieron al CO₂, el 22,7% al CH₄ y el restante 10,7% a N₂O, excluyendo al sector FOLU. Si se incluyen las remociones de CO₂ para el año 2018 los valores porcentuales cambian, y el gas de mayor importancia es el CH₄ con el 61,7%, seguido del N₂O con el 28,9% y por último el CO₂ con el 9,3% (figura 5).

El CO₂ se ha mantenido como el principal gas emitido en toda la serie estudiada excluyendo FOLU, en orden de importancia le siguen el CH₄ y el N₂O. Si se incluyen las remociones de CO₂, el gas más emitido para toda la serie es el CH₄, exceptuando los años 1990 y 2000, en los que las emisiones de CO₂ fueron superiores, el N₂O mantiene valores similares a lo largo de la serie (tabla 7 y figuras 6 y 7).

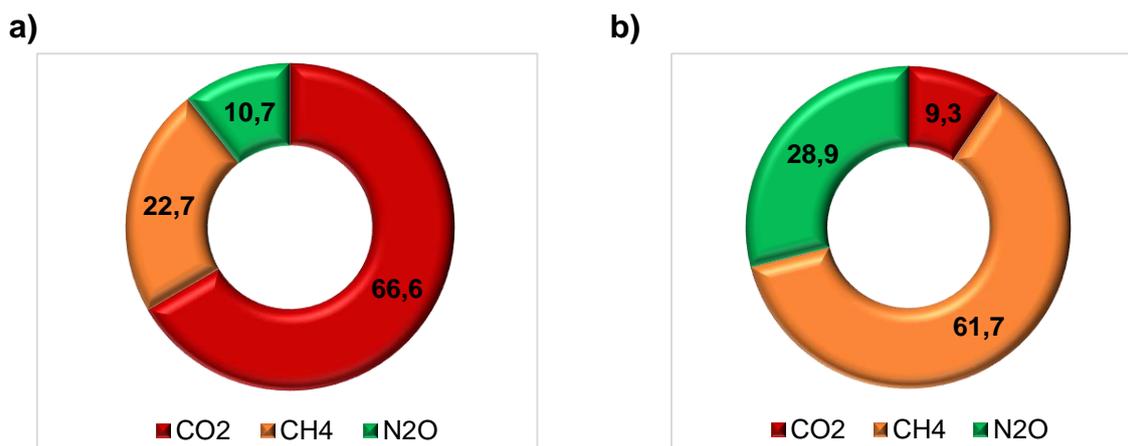


Figura 5. Valores porcentuales de las emisiones de GEI por tipo de gas, año 2018

a) Valores porcentuales de las emisiones por gases excluyendo FOLU.

b) Valores porcentuales de las emisiones por gases incluyendo FOLU.

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

Tabla 7. Emisiones y absorciones de GEI (Kt CO₂ eq) por tipo de gas, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Gases	1990	2012	2014	2016	2017	2018
CO2 (incluye FOLU)	15889,0	7398,1	5910,8	4722,3	2533,7	1561,2
CO2 (excluye FOLU)	32123,6	31567,0	32565,3	31869,5	30173,5	30186,2
CH4	13426,7	11764,0	12242,2	12295,2	11141,6	10313,4
N2O	8947,3	5926,3	6042,5	6048,9	6251,9	4836,6
Balance (incluye FOLU)	38263,0	25088,4	24195,5	23066,5	19927,2	16711,2
Total (excluye FOLU)	54497,6	49257,3	50850,0	50213,7	47657,0	45336,2

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

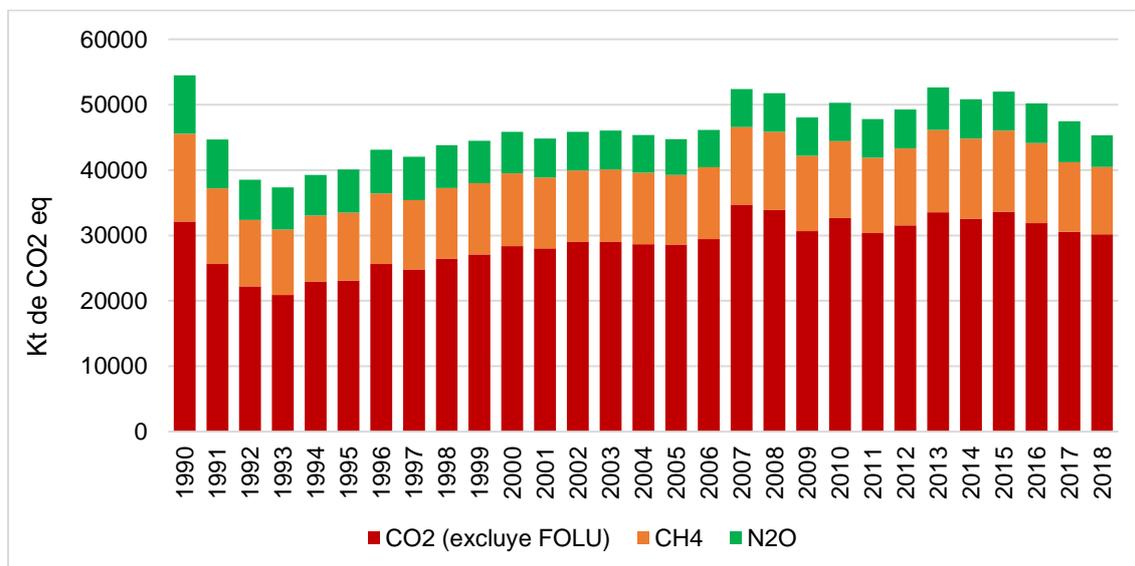


Figura 6. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por gases (excluyendo FOLU), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

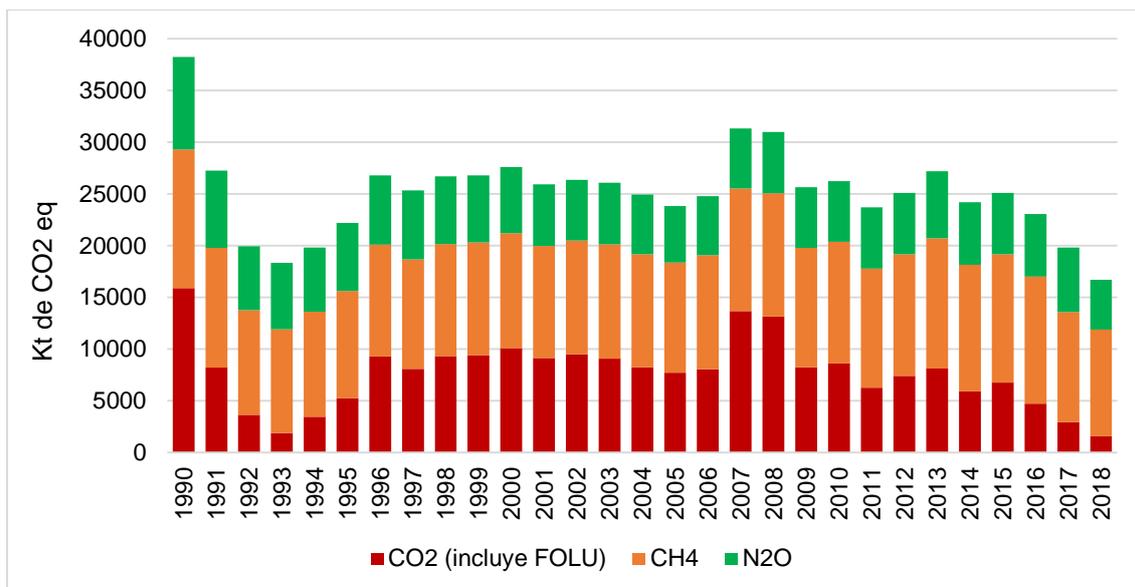


Figura 7. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por gases (incluyendo FOLU), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

4.1.a. Dióxido de Carbono (CO₂)

En 2018, el balance de emisiones y absorciones de CO₂ contabilizó 1561,2 Kt de CO₂ eq, disminuyendo en un 90,2% desde 1990 y en un 47% desde el 2017, la causa fundamental de esta pronunciada disminución fue una convergencia del aumento de las absorciones de CO₂ que en 2018 representaron un 76,3% superior a lo registrado en 1990 y 3,6% por encima de las alcanzadas en 2017, con la disminución de las emisiones como se vio con anterioridad.

Por sectores (tabla 8 y figura 8), Energía fue el de mayor registro de emisiones debido a la quema de combustibles fósiles, representando el 50,1% del total. Le siguen los sectores AFOLU con el 48,7%, principalmente por las absorciones derivadas de las tierras forestales que permanecen como tales, e IPPU con el 1,2% de las emisiones de CO₂, debidas a la producción de clinker y cal. Para el sector Desechos las emisiones de CO₂ se reportan como No Estimadas (NE), según la metodología de las *Directrices del IPCC 2006*, ya que no fue posible estimar la subcategoría que genera emisiones de CO₂ por falta de datos de actividad.

Tabla 8. Emisiones y absorciones de CO₂ por sector (incluyendo FOLU), para años seleccionados de la serie 1990-2018

Sectores	1990	2012	2014	2016	2017	2018
1. Energía	29126,9	30384,2	31611,5	30979,7	29290,4	29284,9
2. IPPU	2751,0	1022,0	789,7	725,6	703,7	715,3
3. AFOLU	-15989,0	-24008,1	-26490,5	-26983,0	-27460,4	-28439,0
4. Desechos	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Balance	15889,0	7398,1	5910,7	4722,3	2533,7	1561,2
----------------	----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI
NE: No Estimado

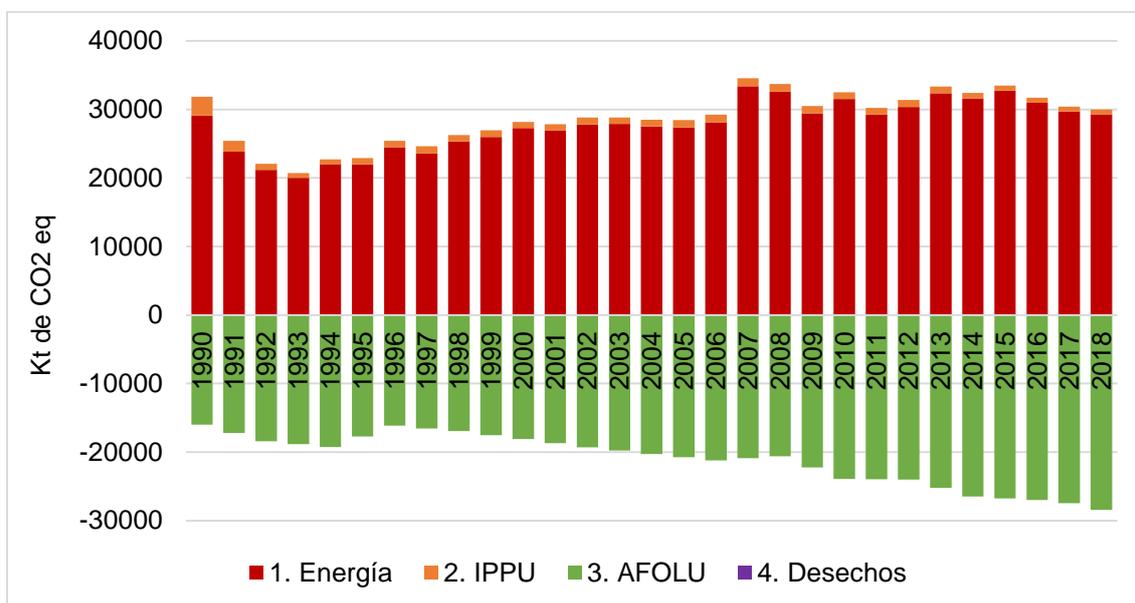


Figura 8. Emisiones y absorciones de CO₂ por sector (incluyendo FOLU), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

4.1.b. Metano (CH₄)

En 2018, las emisiones de CH₄ alcanzaron 10313,4 Kt CO₂ eq, disminuyendo en un 23,2% comparado con 1990 y en un 3,2% desde 2017 (Tabla 9).

Tabla 9. Emisiones de CH₄ (Kt CO₂ eq) por sectores, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Sectores	1990	2012	2014	2016	2017	2018
1. Energía	4058,6	4233,8	4404,8	4316,7	2558,9	2525,2
2. IPPU	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3. AFOLU	6406,3	4192,2	4279,0	4282,9	4233,6	4018,1
4. Desechos	2961,9	3338,0	3558,4	3695,6	4349,1	3770,2
Total	13426,7	11764,0	12242,2	12295,2	11141,7	10313,4

NE: No Estimado

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

Por sectores (Figura 9), el de mayor relevancia en las emisiones de CH₄ fue AFOLU que contabilizó un 39,0%, debido a las actividades pecuarias asociadas a la fermentación entérica y al cultivo de arroz. En el sector Desechos son ligeramente inferiores con un 36,6% provenientes de la eliminación de desechos sólidos en sitios no categorizados de disposición final y las aguas residuales domésticas. Por último, el sector Energía con el 24,5%, debido principalmente, a las emisiones fugitivas por la extracción de petróleo y gas natural. Las subcategorías que generan emisiones de CH₄ el sector IPPU no se

estimaron por falta de datos de actividad, reportándose como NE según las *Directrices del IPCC 2006*.

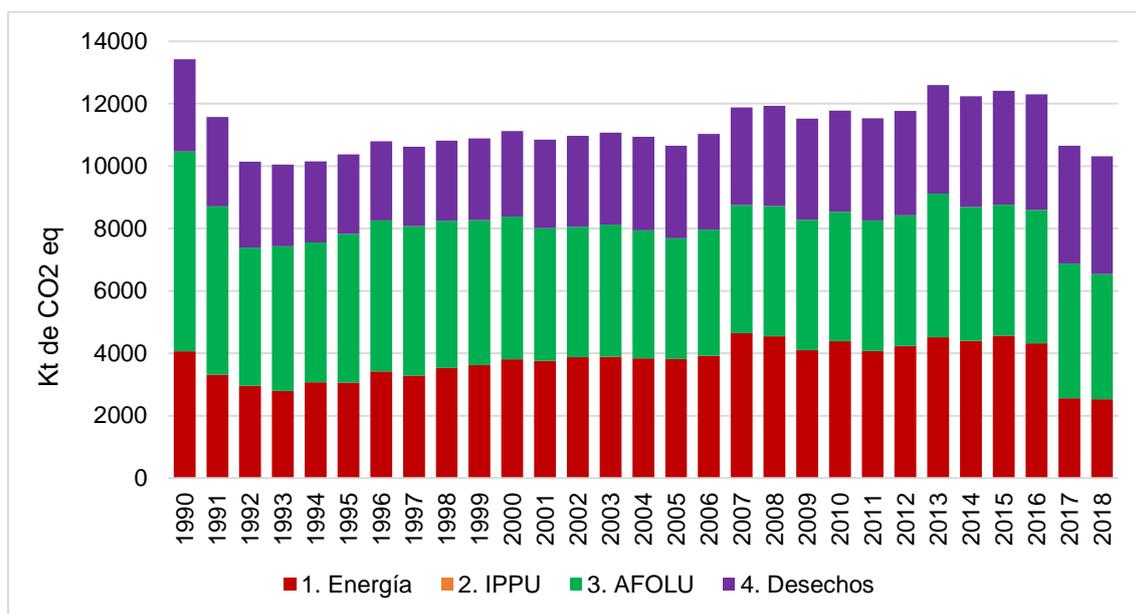


Figura 9. Emisiones de CH₄ (Kt CO₂ eq) por sectores, serie 1990-2018
Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

4.1.c. Óxido Nítrico (N₂O)

En 2018, las emisiones de N₂O fueron 4836,6 Kt CO₂ eq, disminuyendo en un 45,9% desde 1990 y decayendo en un 22,3% comparado con el 2017 (Tabla 10), este descenso se debió a la disminución en la aplicación de fertilizantes nitrogenados en 2018 con respecto al 2017 en cerca de 30 mil toneladas. La disminución en relación a 1990 se debió, fundamentalmente, a la reducción en un 96,4%, de las toneladas de fertilizantes nitrogenados aplicados en los suelos en 2018.

Tabla 10. Emisiones de N₂O (Kt CO₂ eq) por sectores, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Sectores	1990	2012	2014	2016	2017	2018
1. Energía	108,5	113,2	117,8	115,5	211,8	215,7
2. IPPU	192,4	71,5	55,2	50,8	70,9	65,6
3. AFOLU	8469,7	5542,5	5657,3	5662,4	5770,8	4323,6
4. Desechos	176,6	199,1	212,2	220,4	198,4	231,8
Total	8947,3	5926,3	6042,5	6048,9	6251,9	4836,6

Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

En la serie 1990-2018 el sector de mayor relevancia respecto a las emisiones de N₂O es AFOLU (Figura 10). En 2018 representó un 89,4%, debido, principalmente, al uso de fertilizantes nitrogenados y a la deposición directa del estiércol y orina animal, en orden de importancia le sigue el sector Desechos

con un 4,8%, donde las emisiones son generadas en su totalidad por el tratamiento y descargas de aguas residuales domésticas, le sucede el sector Energía con un 4,5% de las emisiones, provenientes, fundamentalmente, de las actividades de industria de la energía y el transporte, , por último el sector IPPU con el 1,4% restante, debido a la producción de ácido nítrico.

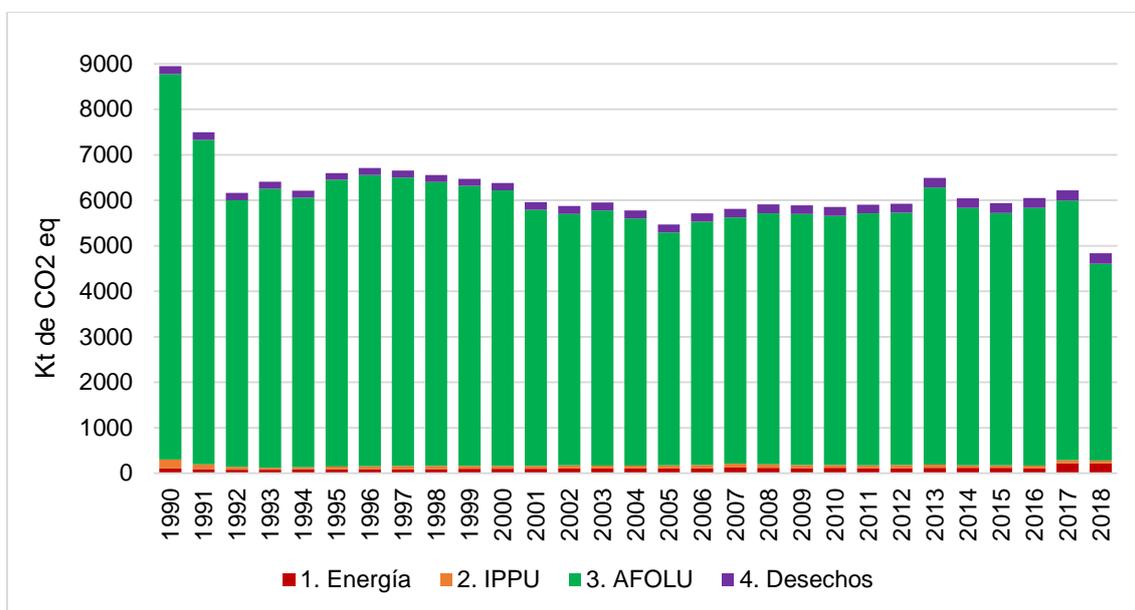


Figura 10. Emisiones de N₂O (Kt CO₂ eq) por sectores, serie 1990-2018
Fuente: Equipo Técnico de Inventario de GEI

4.2. Emisiones y absorciones agregadas y desagregadas de GEI para el año 2018

En la tabla 11 se muestran solamente emisiones estimadas de GEI directos en Kt de CO₂ eq por categorías, subcategorías de fuente y sumideros y partidas recordatorias e informativas, para el año 2018. Además, se especifican las certificadas como de no ocurrencia en el país. Más adelante se presenta un resumen de las categorías no estimadas en este año.

Tabla 11. Emisiones y absorciones totales de GEI, por categoría y subcategoría de fuente para el año 2018 en Kt

Nomenclatura	Sector/Categoría/Subcategoría/fuente de emisión	CO ₂	CO ₂	CH ₄	CO ₂ equiv	N ₂ O	CO ₂ equiv	Total CO ₂ equiv
	Emisiones brutas (sin absorciones netas de [3B] Tierra)	45336,3	30216,3	499,6	10490,5	14,9	4629,5	45336,3
	Absorciones ([3B] Tierra)	-28625,0		0,00	0,00	0,00	0,00	-28625,0
	Emisiones netas (incluyendo las absorciones de [3B] Tierra)	16711,3		499,6	10490,5	14,9	4629,5	16711,3
1	Energía		29315,08	118,5	2488,3	0,7	222,4	32025,7
1.A	Actividades de la Quema de Combustibles		29304,5	3,9	79,6	0,7	211,5	29610,3
1.A.1	Industrias de la Energía		19790,0	0,8	15,9	0,2	46,1	19852,0
1.A.2	Industrias Manufactureras y de la construcción		5304,2	2,4	50,1	0,3	102,8	5457,2
1.A.3	Transporte		2444,4	0,4	8,7	0,2	69,9	2523,0
1.A.4	Otros sectores		1765,9	0,4	8,7	0,01	3,6	1778,1
1.A.5	No especificado		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NO
1.B	Emisiones fugitivas		10,6	114,5	2404,9	0,0	0,0	2415,5
1.B.1	Combustibles sólidos		NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo y Gas Natural		10,6	114,5	2404,9	0,00	0,00	2415,5
1.B.3	Otras emisiones de producción de energía		NE	NE	NE	NA	NA	NE
1.C	Transporte y almacenamiento de Dióxido de Carbono		NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.1	Transporte de CO ₂		NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.2	Inyección y Almacenamiento		NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.3	Otros		NO	NO	NO	NO	NO	NO
2	Procesos Industriales y Uso de Productos		715,3	0,00	0,00	0,2	65,6	780,9
2.A	Industria de los Minerales		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	700,2
2.A.1	Producción de cemento		661,9	NA	NA	NA	NA	661,9
2.A.2	Producción de cal		38,3	NA	NA	NA	NA	38,3
2.A.3	Producción de vidrio		NE	NA	NA	NA	NA	NE

2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos		NE	NA	NA	NA	NA	NE
2.A.5	Otros		NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B	Industria Química		NO	NO	NO	0,2	65,6	65,6
2.B.1	Producción de Amoníaco		NO	NA	NA	NA	NA	NO
2.B.2	Producción de Ácido Nítrico		NA	NA	NA	0,2	65,6	65,6
2.B.3	Producción de Ácido Adípico		NA	NA	NA	NO	NO	NO
2.B.4	Producción de Caprolactama, glioxal y ácido glioxílico		NA	NA	NA	NO	NO	NO
2.B.5	Producción de Carburo de Calcio y de Silicio		NO	NO	NE	NA	NA	NE
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	NO
2.B.10	Otros		NA	NA	NA	NA	NA	NO
2.C	Industria de los Metales		15,1	NE	NE	NA	NA	15,10
2.C.1	Producción de Hierro y Acero y Coque Metalúrgico		15,10	NE	NE	NA	NA	15,10
2.D	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes		NE	NA	NA	NA	NA	NE
2.E	Industria electrónica		NA	NA	NA	NA	NA	NE
2.F	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono		NA	NA	NA	NA	NA	NE
2.G	Manufactura y utilización de otros productos		NA	NA	NA	NE	NE	NE
2.H	Otros		NE	NA	NA	NA	NA	NE
3	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra		0.00	201,5	4232,0	13,3	4109,7	8527,6
3.A	Ganadería		0.00	178,1	3739,2	3,2	981,03	4720,2
3.A.1	Fermentación entérica		0.00	167,9	3525,3	0,0	0,0	3525,3
3.A.2	Manejo de estiércol		0.00	10,2	213,9	3,2	981,0	1194,9

3.B	Tierras	-28625.0	160.1	0.00	0.00	0.00	0.00	160.1
3.B.1	Tierras forestales	-28625,0	160,1	0,00	0,00	NA	NA	160,1
3.B.1.a	Tierras forestales que permanecen como tales	-28625,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.1.a.iv	Leña	NA	160,1	NA	NA	NA	NA	160,1
3.B.2	Tierras de cultivo	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.3	Pastizales	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.4	Humedales	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.5	Asentamientos	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.6	Otras tierras	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NE
3.C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra		0,0	23,5	492,8	10,1	3128,7	3647,3
3.C.1	Emisiones por quema de biomasa		NA	2,5	51,8	0,07	22,5	74,3
3.C.2	Encalado		NA	NA	NA	NA	NA	4,61
3.C.3	Aplicación de urea		NA	NA	NA	NA	NA	21,2
3.C.4	Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados		NA	NA	NA	5,4	1674,0	1674,0
3.C.5	Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados		NA	NA	NA	1,7	527,0	527,0
3.C.6	Emisiones indirectas de N₂O resultantes de la gestión del estiércol		NA	NA	NA	2,9	905,2	905,2
3.C.7	Cultivo del arroz		NA	21,0	441,0	IE	IE	441,0
3.C.8	Otros		NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.D	Otros		NE	NE	NE	NE	NE	NE
4	Desechos		0,0	179,5	3770,2	0,7	231,8	4002,0
4.A	Disposición de desechos sólidos		0,0	121,6	2554,0	0,0	0,0	2554,0
4.A.1	Sitios gestionados de disposición de desechos		NA	NE	NE	NE	NE	NE
4.A.2	Sitios no controlados de disposición de desechos		NA	NE	NE	NE	NE	NE

4.A.3	Sitios no categorizados de disposición de desechos		NA	121,6	2554,0	NE	NE	2554,0
4.B	Tratamiento biológico de residuos sólidos		NA	NE	NE	NA	NA	NE
4.C	Incineración y quema abierta de residuos		NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.C.1	Incineración de residuos peligrosos industriales y biológicos infecciosos		NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.C.2	Quema a cielo abierto de residuos sólidos		NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D	Tratamiento y descarga de aguas residuales		0,0	57,9	1216,2	0,7	231,8	1448,0
4.D.1	Tratamiento y descargas de aguas residuales domésticas		NA	47,2	990,6	0,7	231,8	1222,4
4.D.2	Tratamiento y descargas de aguas residuales industriales		NA	10,7	225,7	NA	NA	225,7
4.E	Otros		NA	NO	NO	NA	NA	NO
			CO ₂	CH ₄	CO ₂ equiv	N ₂ O	CO ₂ equiv	Total CO ₂ equiv
Anexos	Partidas Informativas		7415,5	0,001	0,0	0,00	1,0	7416,5
Anexo 1	Bunkers		119,0	0,001	0,0	0,00	1,0	120,1
Anexo 1.a	Aviación Internacional		119,0	0,001	0,0	0,00	1,0	120,1
Anexo 1.b	Navegación Internacional		NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Emisiones de CO ₂ por quema de biomasa		7296,4	NA	NA	NA	NA	7296,4

5. EMISIONES DE GEI DESAGREGADAS POR SECTORES

5.1. Energía

El sector Energía es el de mayores emisiones de GEI en el país representando el 70,6% de las emisiones totales agregadas (excluyendo el sector AFOLU) (figura 11) y el 56,3% del balance de GEI del país (incluyendo el sector AFOLU) para el 2018. En ese año, las emisiones de GEI del sector llegaron a 32025,7 Kt CO₂ eq, disminuyendo en un 3,8% con relación a 1990 y en un 2,4% desde el 2017.

Esta disminución se debe, fundamentalmente, a una baja en el consumo de combustibles en el sector manufacturero y de la construcción ya que en 2018 se consumió un 15,2% de crudo y de fuel oil y un 3,9% de diésel menos que en 2017. Las emisiones en el sector Transporte también disminuyeron, influenciadas por la disminución en los consumos de turbocombustibles en el transporte aéreo, un 68,1% menores, el consumo de gasolina en el transporte terrestre, un 11,5% menor y el consumo de diésel en el transporte por ferrocarriles, un 10,9% inferior. Otro factor clave fue en esta disminución fue la reducción registrada en las emisiones fugitivas provenientes de la extracción de petróleo y gas natural, que fueron un 3% menores a las de 2017, influenciado por la disminución en la producción de crudo y gas natural nacional en un 2,4% y 7,7% respectivamente y a un 10,2% menos de importaciones de petróleo crudo.

En cuanto a las categorías generales del sector, en 2018, el 92,5% de las emisiones de GEI correspondieron a la categoría *1.A. Actividades de quema de combustibles* registrando 29610,3 Kt CO₂ eq y el 7,5% a la categoría *1.B. Emisiones fugitivas de combustibles* la cual emitió 2415,4 Kt CO₂ eq, (tabla 12).

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 analizados, disminuyendo las emisiones hacia inicios de la década del 90, como resultado de la crisis económica sufrida por el país, registrando los valores más bajos en el año 1993.

Las emisiones fugitivas por petróleo y gas natural, han experimentado un crecimiento continuo en todo el período, sobre todo a partir de 1997, cuando se comienzan a explotar yacimientos petrolíferos en la costa norte occidental del país y se crea la empresa mixta ENER GAS, con capital nacional y canadiense (figura 11).

Tabla 12. Sector Energía. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por categoría para años seleccionados de la serie 1990-2018

Categorías	1990	2012	2014	2016	2017	2018
1.A. Quema de combustibles	32272,7	29917,1	31412,1	31124,7	29571,1	29610,3
1.B. Emisiones fugitivas	1021,4	4814,2	4722,0	4287,2	2490,1	2415,4
Total	33294,02	34731,2	36134,1	35411,9	32061,1	32025,7

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y MINEM

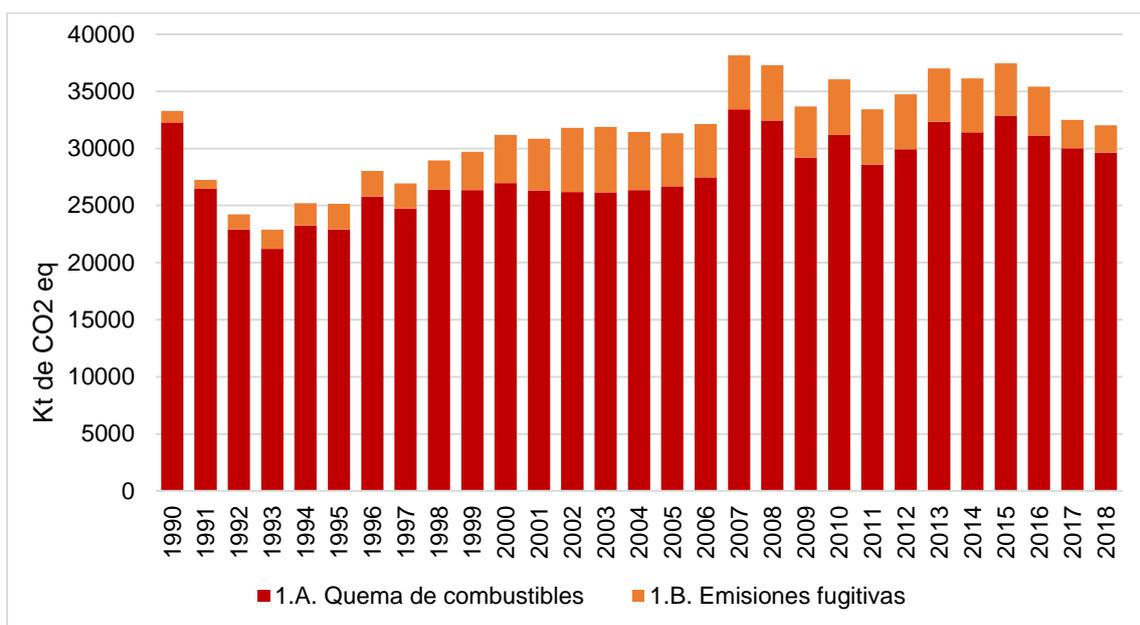


Figura 11. Sector Energía. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por categoría para el período de años pares 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y MINEM

Las emisiones por subcategorías se muestran en la tabla 13 y la figura 12. La subcategoría 1.A.1. *Industrias de la energía* es la principal emisora representando el 62% de las emisiones del sector y la componente *Generación de electricidad como actividad principal* representa el 47,5% de las emisiones entre todas las componentes y subcategorías, considerándose por ello como la más importante tanto en el resto de la serie como en el 2018.

Esto se debe a que en el país prácticamente toda la electricidad se genera en centrales termoeléctricas, baterías de motores que consumen diésel y fuel oíl y motores de emergencia a base de diésel. A partir del año 2006 el país llevó a cabo un proceso conocido como la “*Revolución Energética*” en el que se realizaron varias acciones en aras de mejorar el sistema eléctrico nacional, con la entrada de una mayor cantidad de plantas generadoras y nuevas tecnologías de generación en algunas de las termoeléctricas del país.

A partir de 2007 comienza un convenio de colaboración con la República Bolivariana de Venezuela (CUVENPETROL) para refinar grandes cantidades⁴ de carburantes en la Refinería de Cienfuegos al centro de la isla, por ello las elevadas emisiones en los años 2007 y 2008.

Las emisiones generadas por el consumo de combustibles en las 1.A.2. *Industrias manufactureras y de la construcción* representaron el 17%. Para esta subcategoría se tuvo acceso a un mayor volumen de información que permitió desagregar las emisiones para nueve de los trece componentes de la subcategoría, anteriormente solo se pudieron desagregar en solo tres tipos. Los restantes seis tipos de industrias se agruparon en la componente *Industria manufacturera no especificada*. Si bien la esfera industrial cubana sufrió un decrecimiento a inicios del período analizado, en la actualidad se encuentra en segundo lugar en cuanto a emisiones del sector se refiere. Aunque aún no se rebasan las emisiones del año base, con las nuevas inversiones y la elevación de los niveles de producción nacional requeridos, se prevé que producirán un aumento de las emisiones en el sector a corto plazo.

Las emisiones fugitivas de la subcategoría 1.B.2. *Petróleo y Gas Natural* alcanzaron el 7,5%, experimentando un crecimiento continuo sobre todo a partir de 1997, no obstante, en este 2018 se experimenta un decrecimiento en esta subcategoría debido a la baja producción de petróleo y gas natural y a una mejor desagregación de las tecnologías de explotación, que permitieron comprobar una sobreestimación de las emisiones en esta subcategoría.

El 1.A.3. *Transporte* (principalmente el *terrestre*) emitió el 7,9%. Este es uno de los sectores que más ha reducido las emisiones desde 1990, cuando representaba el 23% de las emisiones de la categoría y el 22,3% de las emisiones del sector Energía en ese año.

Este 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 baja densidad de vehículos circulando en el país y la disminución del transporte aéreo de cabotaje han incidido de manera importante en las reducciones de las emisiones hacia finales del período analizado.

⁴ La renovación de la refinería de Cienfuegos se encontraba inactiva y la inversión venezolana llevará su capacidad de producción a unos 50000b/pd (Feinberg, 2011).

Por último, el sector denominado 1.A.4. *Otros sectores* (principalmente *Residencial*) representó el 5,6% de las emisiones totales. Dentro de este sector también se ha registrado un descenso en las emisiones, influenciado, por la disminución de las emisiones en el sector residencial que representaba en 1990, el 7,1% de las emisiones totales de la subcategoría y en 2018 solo el 2,8%.

Este marcado decrecimiento es debido, casi en su totalidad, a la reducción en los consumos combustibles líquidos en los hogares (principalmente querosene) y la sustitución de éste por gas licuado de petróleo y cocinas de inducción que utilizan electricidad. Las componentes Comercial/Institucional y Agricultura/Silvicultura y Pesca mantuvieron un comportamiento similar en toda la serie. La subcategoría Combustibles sólidos se reporta como NE, No Estimado según las metodologías de las *Directrices del IPCC 2006*.

Tabla 13. Sector Energía. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Subcategorías	1990	2012	2014	2016	2017	2018
1.A.1 Industrias de la energía	12305,5	20565,8	22152,8	21319,0	19804,2	19852,0
1.A.2 Industria manufacturera y construcción	8733,5	5029,53	5260,9	5752,9	5583,2	5457,2
1.A.3 Transporte	7420,9	2074,1	2065,03	2180,6	2396,9	2523,0
1.A.4 Otros sectores	3812,7	2247,6	1933,3	1872,3	1786,7	1778,2
1.B.2 Petróleo y gas natural	1021,4	4814,2	4722,0	4287,2	2490,1	2415,5
Total	33294,02	34731,2	36134,1	35411,9	32061,1	32025,7

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y MINEM,

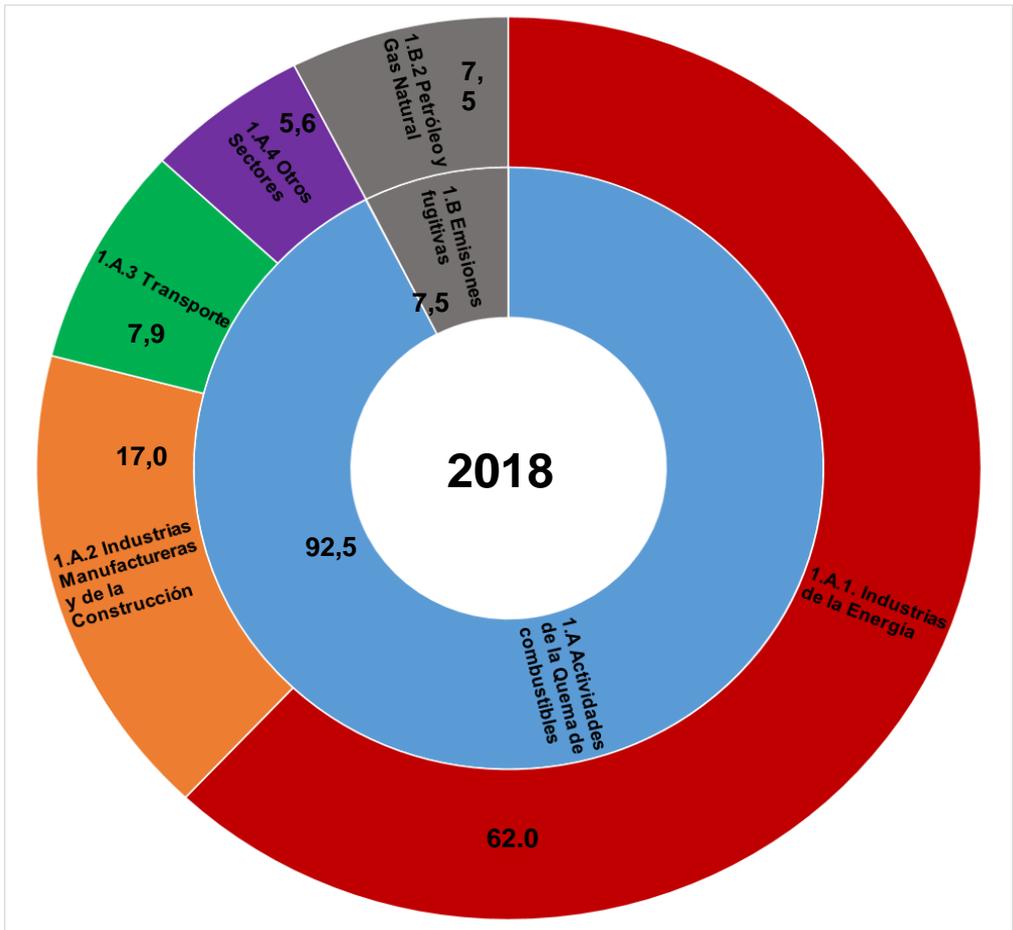


Figura 12. Sector Energía. Participación porcentual de las categorías y subcategorías en las emisiones de GEI (%), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y MINEM

La figura 13 muestra las emisiones generadas por subcategorías en Kt de CO₂ eq.

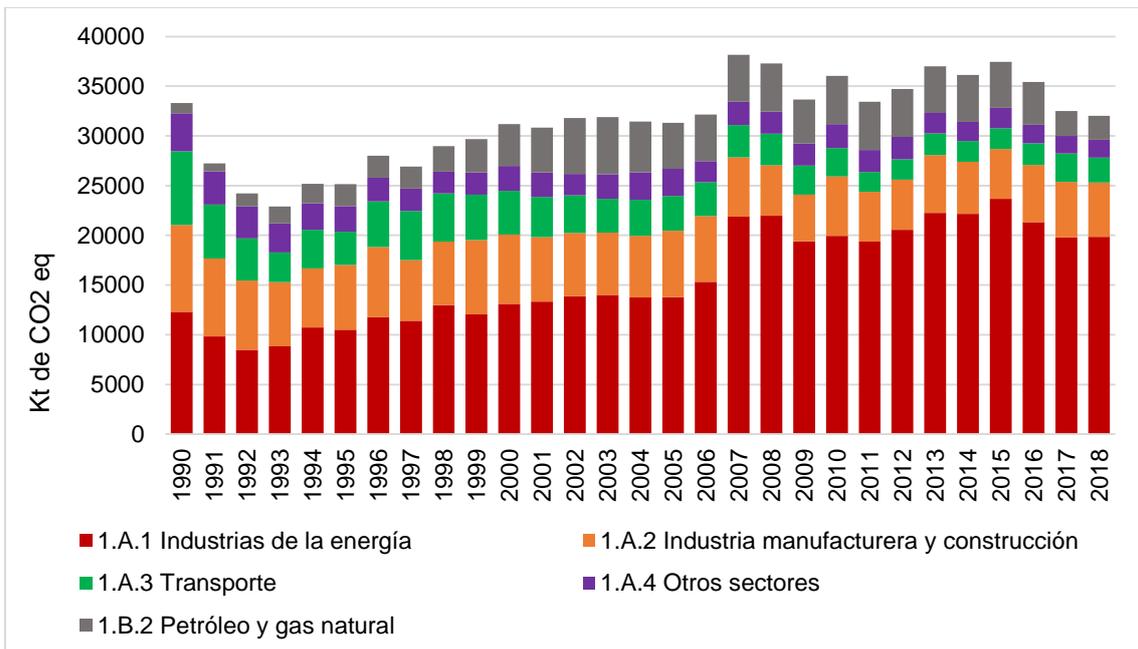


Figura 13. Sector Energía. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y MINEM

5.1.1. Emisiones por gases

En 2018, el principal GEI emitido por el sector Energía fue el CO₂ con 29284,9 Kt CO₂, representando un 91,4% de las emisiones totales de GEI del sector. En orden de magnitud le sigue el CH₄ con 2525,1 Kt CO₂ eq para un 7,9% y el N₂O con 215,7 Kt CO₂ eq para solo el 0,7% restante (Tabla 14 y Figura 14).

Tabla 14. Sector Energía. Emisiones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), para años seleccionados de la serie 1990-2018

Gases	1990	2012	2014	2016	2017	2018
CO ₂	29126,9	30384,2	31611,5	30979,7	29290,4	29284,9
CH ₄	4058,6	4233,8	4404,8	4316,8	2558,9	2525,1
N ₂ O	108,6	113,2	117,8	115,5	211,8	215,7
Total	33294,02	34731,2	36134,1	35411,9	32061,1	32025,7

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y MINEM

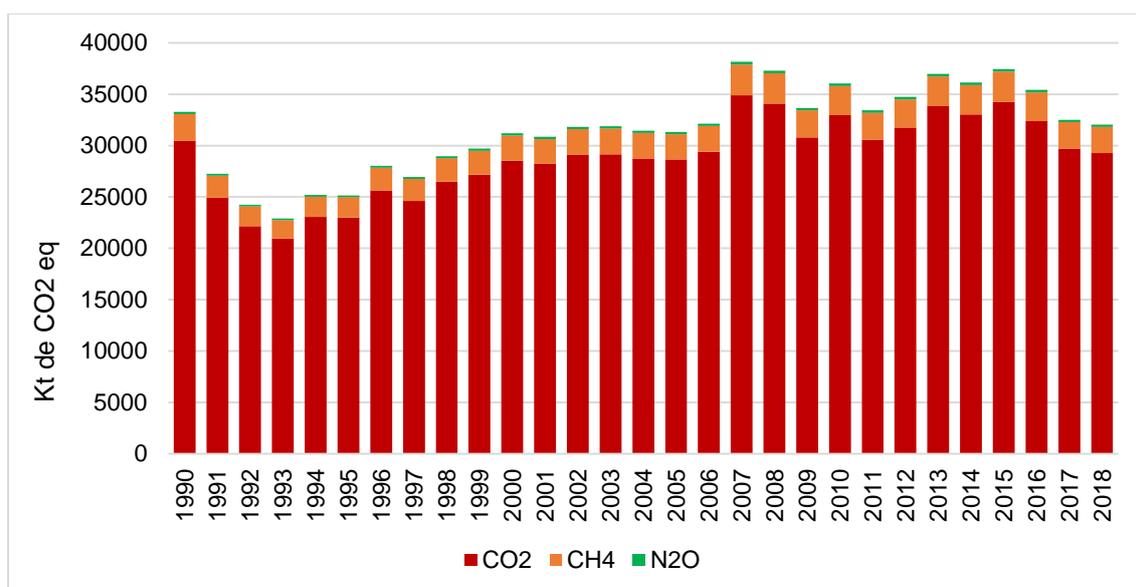


Figura 14. Sector Energía. Emisiones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Energía con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, el Balance Energético Nacional y MINEM

5.2. Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU)

El sector IPPU comprende las emisiones de GEI producidas por una gran variedad de actividades industriales que transforman las materias primas por medios químicos o físicos. En 2018 las emisiones del sector llegaron a 780,9 Kt CO₂ eq, representando el 1,7% de las emisiones totales del país excluyendo FOLU, estos niveles de emisiones fueron un 73,5% inferiores a las correspondientes a 1990 y un 0,8% superiores a las de 2017. Este es el sector que menos emisiones genera dentro del INGEI.

Es además donde más se evidenció la crisis económica sufrida a inicios de la década del 90 lo que se manifiesta claramente en la serie analizada para el INGEI. Las emisiones de 2018 por categorías son inferiores a las de 1990 en su totalidad, y para algunas categorías del 2017.

La categoría 2.A. *Industria de los minerales* (tabla 15 y figura 15) es la de mayores emisiones del sector con 700,2 Kt CO₂ eq para un 89,7%, siendo un 57,7% menores que las de 1990 y 2,4% superiores que en 2017.

La categoría 2.B. *Industria Química* con 65,6 Kt CO₂ eq, representó el 8,4% de las emisiones, siendo inferiores en 92,3% con respecto a 1990 pero y en 7,4% desde el 2017. La pronunciada caída de estas emisiones en comparación con 1990 se debe a que en ese año las producciones de amoníaco generaron el 67,3% de las emisiones, y a partir de 1992 dejó de producirse en el país.

Por último, la categoría 2.C. *Industria de los metales* con 15,1 Kt CO₂ eq representa el 1,9% restante, estando por debajo de las emisiones de 1990 en un 96,6%, y con respecto al 2017 en 23,4%. El pronunciado descenso con respecto al año base se debe a que en ese año funcionaban en la principal acería del país hornos de solera (OHF) que, según datos brindados por GESIME, en 1992 fueron reemplazados por hornos de arco eléctrico (EAF), lo que produjo un cambio de factores de emisión para realizar las estimaciones según lo establecido en el cuadro 4,1, Volumen 3, Capítulo 4, página 4.28 de las *Directrices del IPCC 2006*.

La notable diferencia existente entre los factores de emisión para ambas tecnologías (1,72 tonCO₂/ton de acero para hornos de solera y 0,08 tonCO₂/ton de acero para hornos de arco eléctrico) influyó de manera significativa en la reducción de las emisiones, ya que en 2018 se produjo un 17,3% más de acero que en 1992 (último año de producción con horno de solera), sin embargo, las emisiones fueron un 94,1% menores.

Tabla 15. Sector IPPU. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por categoría, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Categorías	1990	2012	2014	2016	2017	2018
2.A. Industria de los minerales	1656,4	995,8	752,3	709,2	684	700,2
2.B. Industria Química	848,4	75,6	72,0	50,8	70,9	65,6
2.C. Industria de los Metales	438,6	22,2	20,6	16,4	19,7	15,1
Total	2943,5	1093,5	844,9	776,3	774,6	780,9

Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y MINDUS

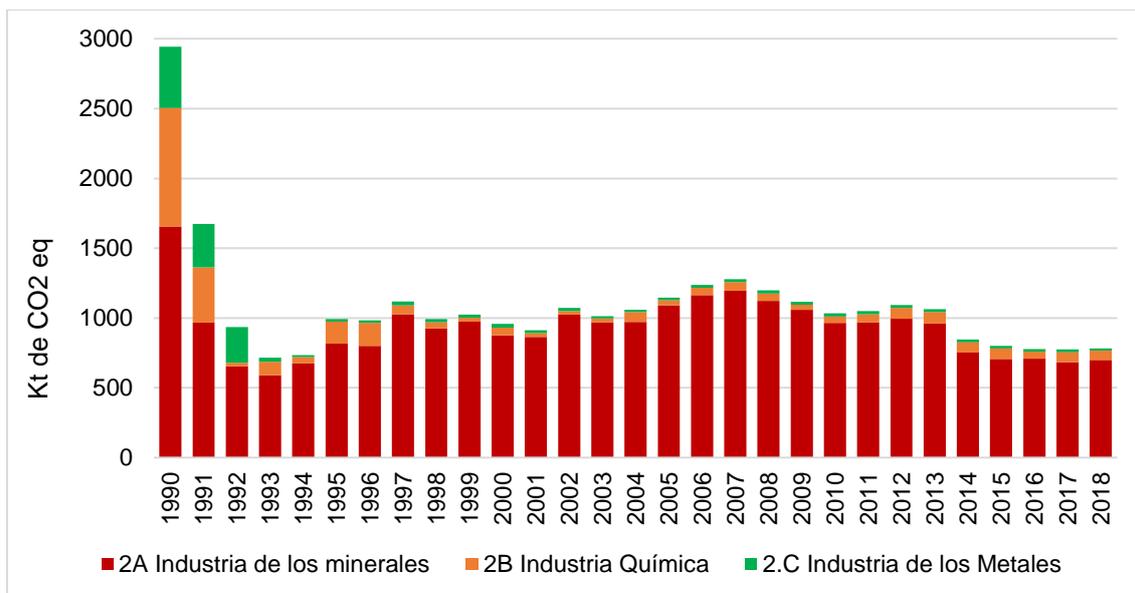


Figura 15. Sector IPPU. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por categoría, serie 1990-2018
Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y MINDUS

En cuanto a las subcategorías (tabla 16 y figuras 16 y 17) la 2.A.1. *Producción de cemento* es la de mayor relevancia del sector con un 84,8%, seguida de la 2.B.2. *Producción de ácido nítrico* con un 8,4%, le siguen en orden de importancia la 2.A.2. *Producción de cal* con el 4,9% y por último la 2.C.1. *Producción de hierro, acero y coque metalúrgico* con el 1,9% restante. Estas últimas tres subcategorías manifestaron emisiones inferiores a 1990 en un 71,9%, 75,3% y 96,6% respectivamente. Con respecto al 2018, las emisiones por de GEI por las producciones de ácido nítrico y acero, hierro y coque metalúrgico disminuyeron desde el 2017 en 7,4% y 23,4% respectivamente, mientras que las producciones de cemento y la de cal aumentaron las emisiones en un 2,2% y 5,1% respectivamente.

Para algunas subcategorías se estimaron las emisiones para los años en los que dispuso de información y para las que se producían que en la actualidad no se cuenta con datos de actividad para su estimación, Estas subcategorías son 2.A.3. *Producción de vidrio* (años pares desde 1990 al 2004), 2.B.1. *Producción de amoníaco* (1990 y 1991), 2.B.5. *Producción de carburo de calcio* (años pares desde 1990 al 2004).

En 2018, la producción de cemento contabilizó 661,9 Kt CO₂ registrando valores de emisiones inferiores con respecto al año 1990 en 55,4% pero superiores en 2,2% en relación con el 2017. Es la subcategoría que más influye en la tendencia y las principales variaciones a lo largo de la serie. Las causas fundamentales de la disminución de las emisiones se deben a la crisis económica sufrida por el país a inicios de la serie.

En los años 2006 y 2007 aumentan las emisiones, en gran medida por un aumento en las actividades constructivas, en el sector residencial y en instalaciones turísticas. Sin embargo, después del año 2013, las emisiones generadas por esta subcategoría disminuyeron debido a falta de financiamiento para la modernización del equipamiento que permita alcanzar mejores niveles productivos.

Para el caso de la producción de ácido nítrico en 2018, se emitieron 65,6 Kt CO₂ eq, lo que representó un 75,3% y 7,4% inferiores a las emisiones de 1990 y 2017 respectivamente. La variabilidad de las emisiones en la subcategoría responde a la situación económica del país y a la disponibilidad de materias primas para para la producción de ácido nítrico.

La producción de cal sumó en el último año de la serie un total de 38,3 Kt CO₂ eq emitidos, siendo inferiores a las de 1990 en un 71,9% y superiores a las del 2017 en un 5,1%. Al igual que la producción de cemento, la causa principal de las disminuciones en la subcategoría es la crisis económica sufrida en el país a inicios de los 90. Las causantes de la variabilidad de las emisiones a lo largo de la serie están relacionadas con el mantenimiento de las plantas y con la obsolescencia y modernización de las tecnologías productivas.

La subcategoría que menos emite dentro del sector es la producción de hierro, acero y coque metalúrgico con 15,1 Kt CO₂ eq en 2018. Este valor representó una disminución del 96,6% con respecto a 1990 y del 23,4% desde el 2017. La causante de tal reducción fue el cambio metodológico de los factores de emisión asociados a nuevas tecnologías para la producción de acero en el país.

Tabla 16. Sector IPPU, Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Subcategorías	1990	2012	2014	2016	2017	2018
2.A.1 Producción de cemento	1505,4	954,04	712,9	672,0	647,6	661,9
2.A.2 Producción de cal	136,3	41,8	39,4	37,2	36,4	38,3
2.A.3 Producción de vidrio	14,8	NE	NE	NE	NE	NE
2.B.1 Producción de Amoníaco	571,03	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 Producción de Ácido Nítrico	265,4	75,6	72,01	50,8	70,9	65,6
2.B.5 Producción de Carburo de Calcio	12	NE	NE	NE	NE	NE
2.C.1 Producción de Hierro y Acero y Coque Metalúrgico	438,6	22,2	20,6	16,4	19,7	15,1
Total	2943,5	1093,5	844,9	776,3	774,6	780,9

Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y MINDUS

NE: No Estimado

NO: No Ocurre

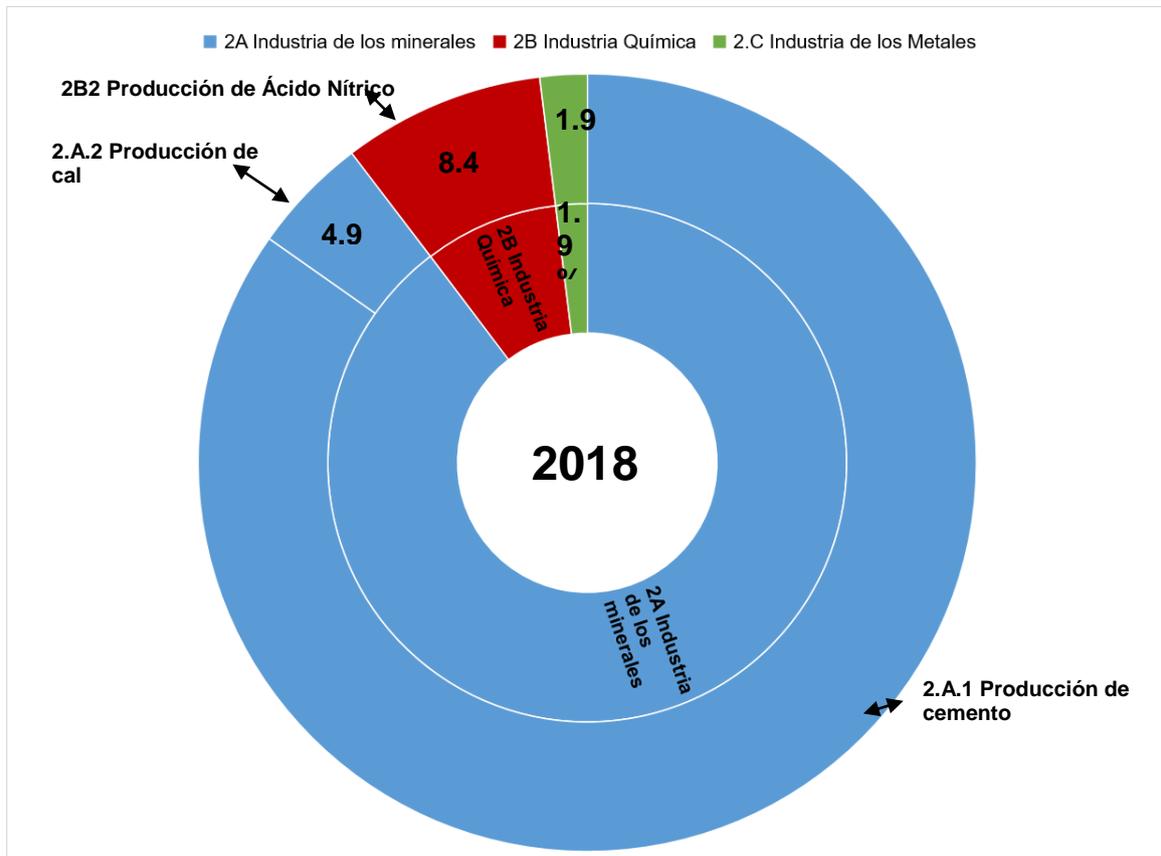


Figura 16. Sector IPPU. Participación porcentual de las categorías en las emisiones de GEI (%) por subcategoría, serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y MINDUS

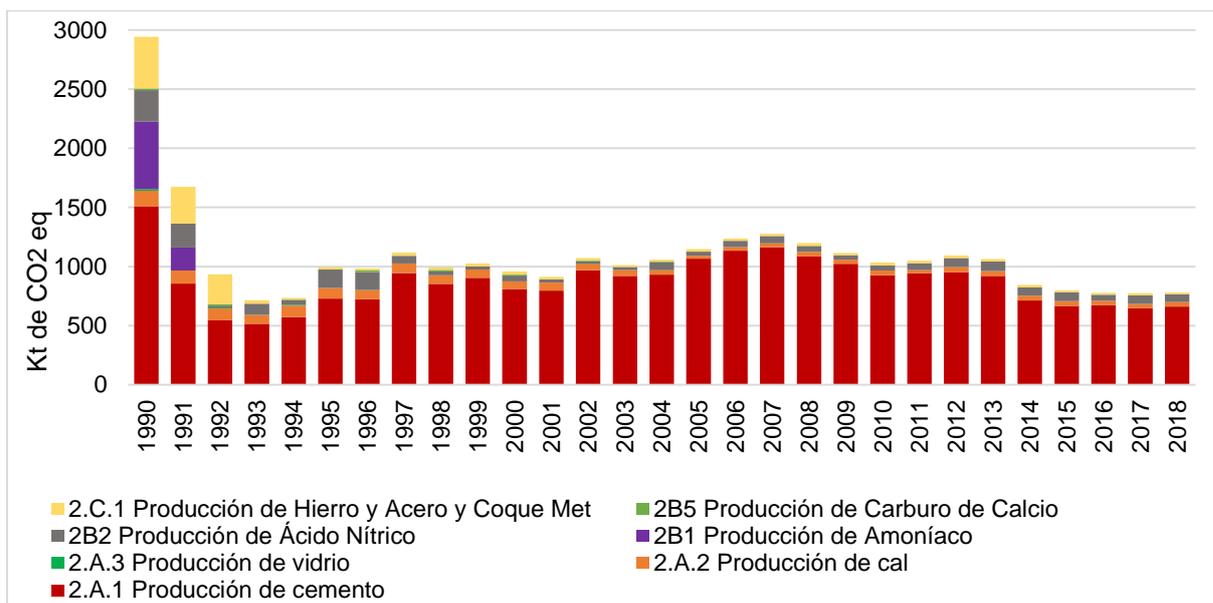


Figura 17. Sector IPPU. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y MINDUS

5.2.1. Emisiones por gases

Respecto a los gases (tabla 17 y figura 18) en 2018, el más emitido en el sector fue el CO₂ con el 91,6%, seguidas de las de N₂O con el restante 8,4%. Este sector tiene la peculiaridad de que no cuenta con emisiones de CH₄, debido a que las subcategorías que emiten este gas, fueron reportadas como No Estimado (NE) o No Ocurre (NO) según las *Directrices del IPCC del 2006*.

Tabla 17. Sector IPPU, Emisiones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), para años seleccionados de la serie 1990-2018

Gases	1990	2012	2014	2016	2017	2018
CO ₂	2751,03	1022,1	789,7	725,6	703,7	715,3
CH ₄	NE	NE	NE	NE	NE	NE
N ₂ O	192,4	71,5	55,2	50,8	70,9	65,6
Total	2943,5	1093,5	844,9	776,3	774,9	780,9

Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y MINDUS

NE: No Estimado

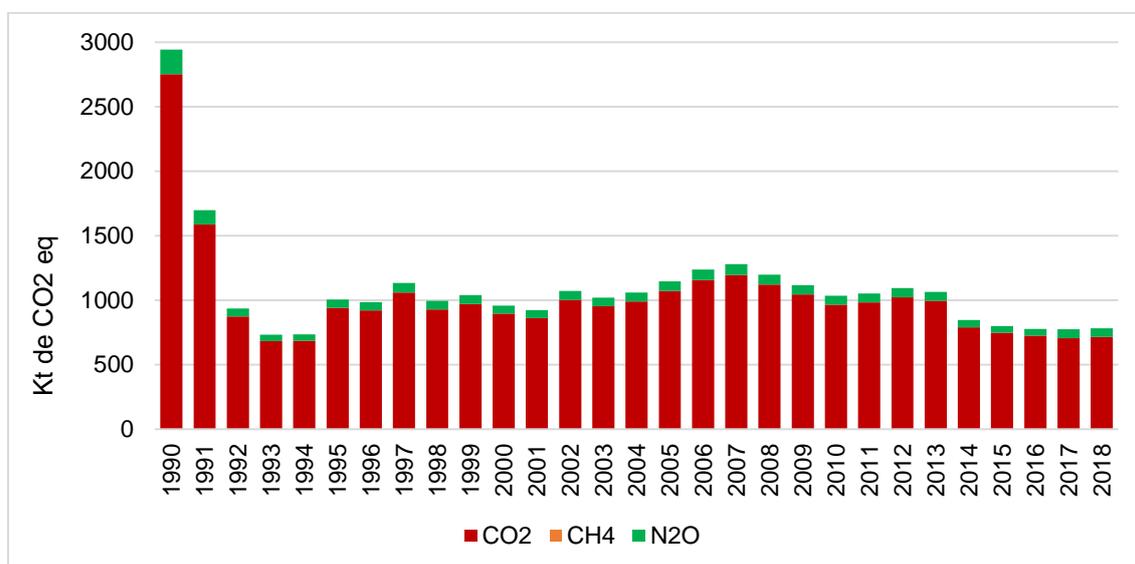


Figura 18. IPPU. Emisiones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de IPPU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI, MICONS y MINDUS

5.3. Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU)

El sector AFOLU es el segundo en importancia de emisiones del país. Es además el único sector que actúa como sumidero de CO₂. En 2018 representó el 18,8% de las emisiones de GEI. En el mismo año, el balance de las emisiones de GEI del sector fue negativo, lo que muestra que las remociones

de la actividad forestal fueron superiores a las emisiones por las actividades agropecuarias.

La suma de las emisiones entre el subsector Agricultura (categorías 3.A Ganadería y 3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra) con 8367,5 Kt CO₂ eq y el subsector FOLU (categoría 3.B Tierras) con -28464,9 Kt CO₂, alcanzaron -20097,4 Kt CO₂ eq, incrementándose en un 784,7% desde 1990 y en un 15,1% desde el 2017 (Tabla 18).

Dicho incremento se debe, fundamentalmente, al aumento en las áreas forestales del país desde inicios del período analizado, lo que acrecentó la remoción de las emisiones en un 76,3% desde 1990 y en 3,6% desde 2017.

Tabla 18. Sector AFOLU. Emisiones y absorciones de GEI Kt CO₂ eq por categoría, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Sector AFOLU	1990	2012	2014	2016	2017	2018
3.A. Ganadería	4865,03	4695,1	4724,3	4813,8	4702,1	4720,2
3.B Tierras	-16018,9	-24022,5	-26491,1	-27007,7	-27488,7	-28464,9
3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	9097,8	5050,3	5117,7	5156,1	5330,6	3647,3
Balance	-2056,0	-14277,01	-16557,7	-17037,8	-17456	20097,4

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el MINAG

Respecto a las emisiones y absorciones de GEI en términos absolutos por categoría (Figura 19), el 77,4% corresponde a 3.B. Tierras, seguido de un 12,8% de la categoría 3.A. Ganadería y por último se encuentra 3.C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra con un 9,9%.

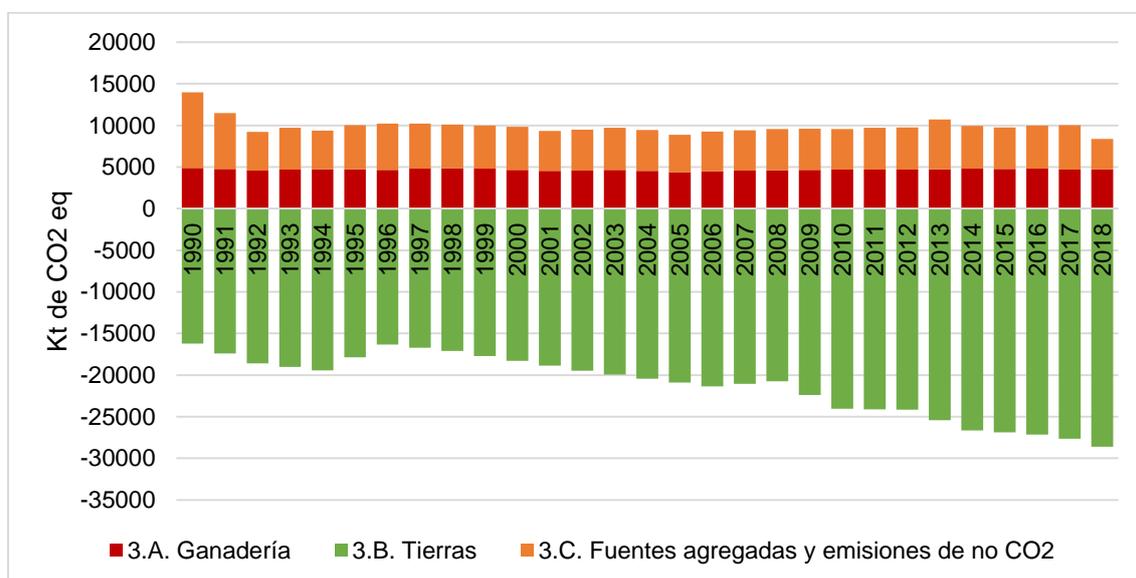


Figura 19. Sector AFOLU. Emisiones y absorciones de GEI Kt CO₂ eq por categoría, serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el MINAG

La figura anterior muestra la sostenida tendencia al incremento de las remociones netas del sector forestal, que han transitado desde -16234,6 Kt de CO₂ en 1990, a -28625 Kt de CO₂ en 2018, con un aumento de 12390,4 Kt de CO₂ en un cuarto de siglo (Álvarez, 2018).

Esto se debe a que el área cubierta de bosques en Cuba experimentó un crecimiento notable en el período analizado lo que hizo que el porcentaje de cobertura boscosa del país aumentara del 18,7 % en 1990 al 31,5% en el año 2018 (ONEI, 2018). Este crecimiento, y, en general, los niveles de cobertura boscosa alcanzados, hacen que en esta categoría de fuente las remociones de CO₂ superen notablemente a las emisiones en los años evaluados.

Con respecto a las subcategorías (tabla 19 y figuras 20 y 21) la más representativa en términos absolutos es la 3.B.1. *Tierras Forestales que permanecen como tales*, con el 77%, el restante 23% lo completan las once subcategorías emisoras pertenecientes a las categorías *Ganadería* y *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂*.

Dentro de ellas, es la 3.A1. *Fermentación entérica* con el 41,3% de las emisiones del sector sin incluir FOLU contabilizando 3525,3 Kt CO₂ eq, siendo un 7% menores que las generadas por esta subcategoría en 1990 y un 0,7% menores que en 2017. Esta reducción se debe a la disminución en la masa ganadera en el año final, con respecto a los dos años de referencia (1990 y 2017), representando el 20,5% y 1,5% respectivamente.

Le siguen en importancia las 3.C.4. *Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados*, en los que se emitieron 1674 Kt CO₂ eq, representando el 19,6% de las emisiones sin incluir FOLU, lo que representó un 70,3% y un 41,9% menos que las emisiones registradas en 1990 y 2017 respectivamente. Las reducciones con respecto a ambos años de referencia tienen su origen en la disminución del uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos ya que se aplicaron casi 273 mil toneladas menos en 2018 en comparación con 1990, lo que representó un 96,7% menos de fertilizantes usados.

La subcategoría 3.A.2. *Gestión del estiércol* generó en 2018 1194,9 Kt CO₂ eq, para el 14% de las emisiones excluyendo FOLU, superando las emisiones de 1990 en 11,2% y las de 2017 en un 3,7%. Este aumento se encuentra originado por el crecimiento de la masa porcina en el país con respecto a esos dos años en 482 mil y 141 mil animales respectivamente.

Las 3.C.6. *Emisiones indirectas de N₂O generadas por la gestión de estiércol* representaron en 2018 el 10,6% con 905,2 Kt CO₂ eq de las emisiones sin incluir FOLU, siendo inferiores a las de 1990 y 2017 en 24,1% y 24,4% en ese orden. La principal causa de dicha disminución se debió al decrecimiento de masa vacuna en 2018 respecto a esos años de referencia.

La subcategoría 3.C.5. *Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados* representó el 6,2% del total de las emisiones del sector sin incluir FOLU, expulsando 527 Kt CO₂ eq. Dicho valor es un 67,8% inferior al registrado para 1990 y 24,4% al alcanzado en 2017. El origen de este decrecimiento se debió a la disminución en el uso de fertilizantes nitrogenados.

Las emisiones relacionadas con la subcategoría 3.C.7 *Cultivo del arroz* le suceden con 441 Kt CO₂ eq, lo que representa el 5,2% de las emisiones en 2018 excluyendo FOLU, siendo inferiores a las de 1990 en 3,3% y superiores a las del 2017 en 19,3%. Al tener las emisiones del arroz relación directa con el área sembrada, esta constituyó la principal causa de las reducciones al compararlas con el año base, ya que se dejaron de sembrar unas 10590 hectáreas (ha) que en 1990, pero se cultivaron 10680 ha más en 2018 que en 2017.

El país tiene una política de incrementar la producción arroceras, y, con la introducción de nuevas tecnologías se ha logrado incrementar los rendimientos entre 0,8 y 1,6 t/ha (Pérez y Penichet, 2014), lo que hace que las producciones no se vean tan afectadas por la reducción de las áreas de siembra.

Las restantes subcategorías 3.B.1.a.iv. *Leña*, 3.C.1. *Emisiones por quema de biomasa*, 3.C.2. *Encalado* y 3.C.3. *Aplicación de urea* son las que menos emisiones aportan en el sector, entre las cuatro congregan solamente el 3,1% de las emisiones exceptuando FOLU.

Tabla 19. Sector AFOLU. Emisiones y absorciones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Subcategorías	1990	2012	2014	2016	2017	2018
3.A.1. Fermentación Entérica	3790,1	3645,6	3721,4	3664,9	3549,8	3525,3
3.A.2. Gestión del estiércol	1075,0	1049,5	1094,3	1148,9	1152,3	1194,9
3.B.1 Tierras forestales (Absorciones)	-16234,6	-24168,9	-26654,5	-27147,2	-27639,8	-28625,0
3.B.1.4. Leña (Emisiones)	215,7	146,4	163,4	139,5	151,1	160,1
3.C.1 Emisiones por quema de biomasa	NE	NE	NE	NE	154,8	74,3

3.C.2 Encalado	46,9	5,4	5,3	4,3	5,3	4,6
3.C.3 Aplicación de urea	135,04	23,3	23,03	20,4	23,0	21,2
3.C.4 Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	5631,3	2660,1	2751,4	2814,8	2883,0	1674,0
3.C.5 Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	1635,6	686,4	701,7	698,3	697,5	527,0
3.C.6 Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión de estiércol	1193,0	1078,3	1131,1	1206,04	1197,4	905,2
3.C.7 Cultivo de arroz	456,05	596,82	505,15	412,24	369,6	441,0
Balance	-2056,00	-14277,01	-16557,73	-17037,76	-17456,0	20097,4

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el MINAG

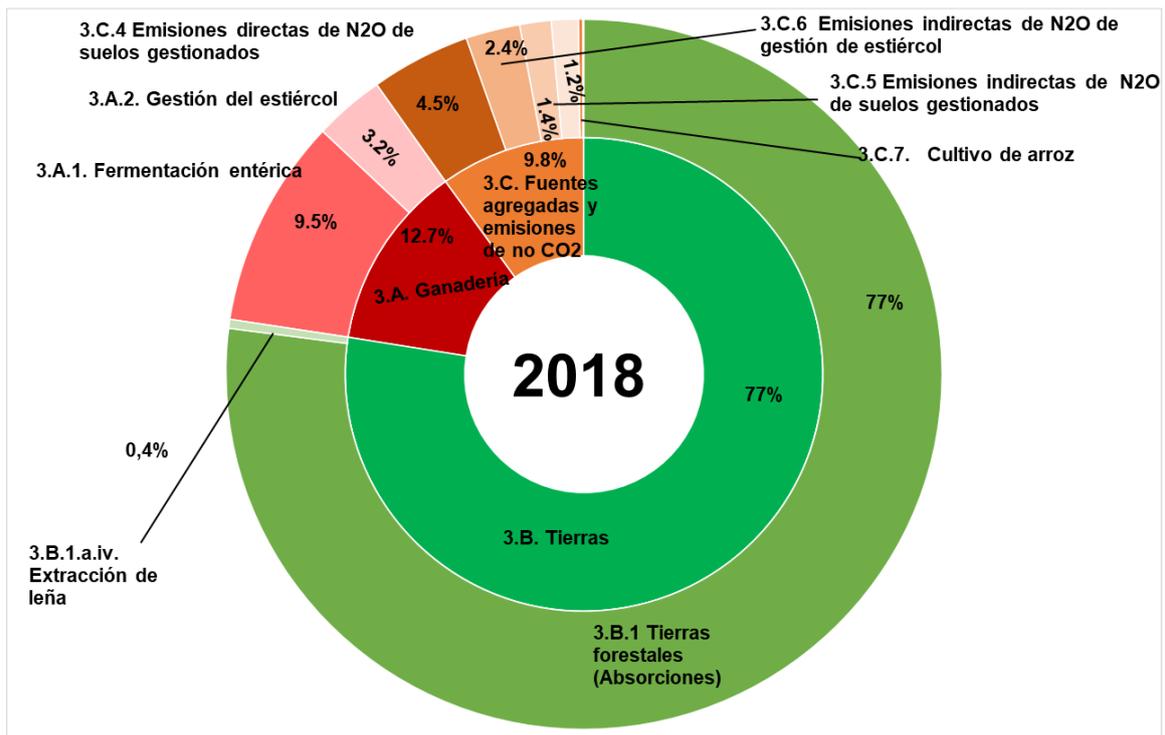


Figura 20. Sector AFOLU. Participación porcentual de las subcategorías en las emisiones y absorciones de GEI (%), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el MINAG

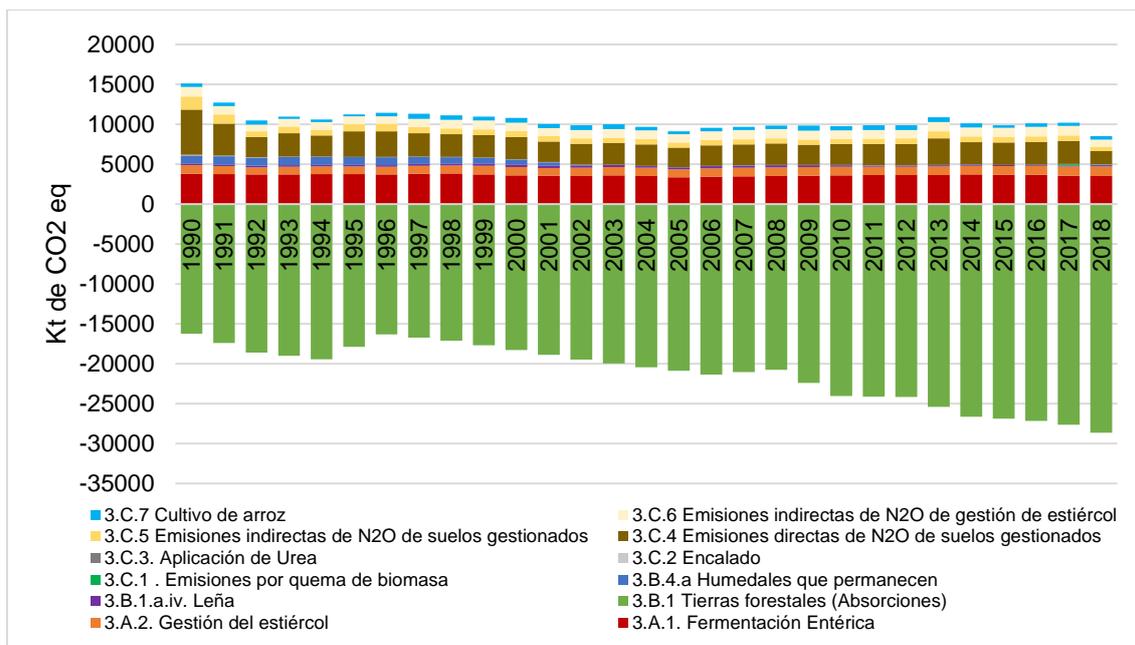


Figura 21. Sector AFOLU. Emisiones y absorciones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el MINAG

5.3.1 Emisiones por gases

En 2018, el principal GEI de las emisiones y absorciones en términos absolutos fue el CO₂, representando un 77,3% del sector. Lo sigue el CH₄ con un 11,5% y por último el N₂O con un 11,2% (Tabla 20 y Figura 22).

Tabla 20. Sector AFOLU. Emisiones y absorciones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), para años seleccionados de la serie 1990-2018

Gases	1990	2012	2014	2016	2017	2018
CO ₂	-15837,0	-23993,8	-26462,8	-26983,0	-27460,4	-28439,03
CH ₄	4445,3	4429,7	4422,9	4282,9	4233,6	4232,0
N ₂ O	9335,7	5287,03	5482,2	5662,3	5770,8	4109,7
Total	-2056,0	-14277,01	-16557,7	-17037,8	-17456,0	20097,4

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el MINAG

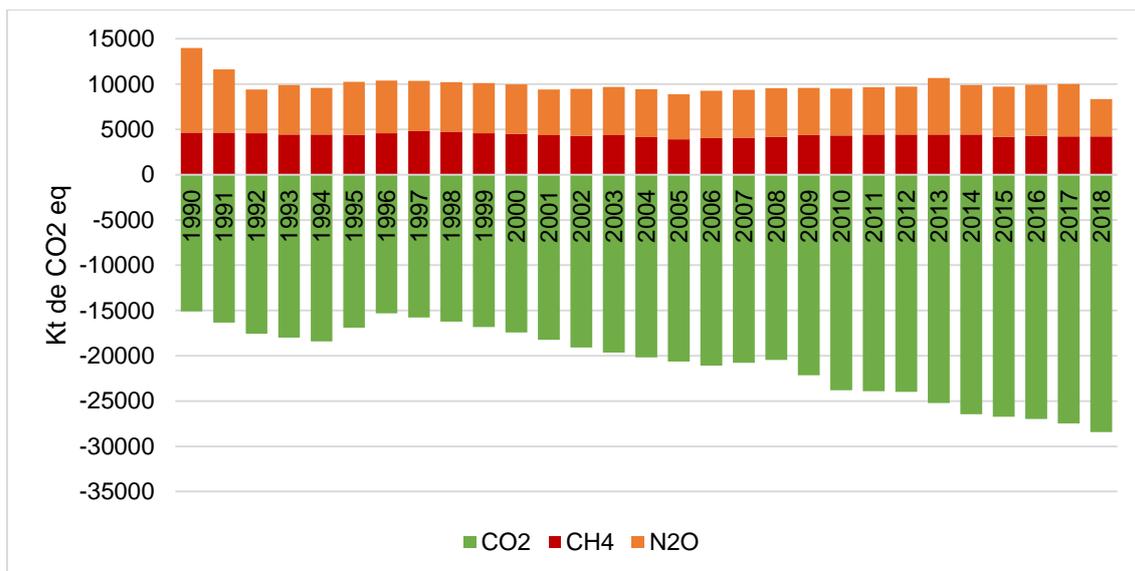


Figura 22. Sector AFOLU. Emisiones y absorciones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de AFOLU con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el MINAG

5.4. Desechos

El sector Desechos incluye las emisiones de CH₄ resultantes de procesos microbiológicos que ocurren en la materia orgánica bajo degradación anaeróbica, principalmente desde sitios de disposición de desechos sólidos, manejados o no manejados; la emisión de N₂O por la descomposición anaeróbica de excretas humanas; y el tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales en fase líquida y sólida (lodos) (IPCC, 2006 y 2do IBA de Chile, 2013).

El sector Desechos representó el 8,8% de las emisiones de GEI totales en 2018 excluyendo FOLU. En el mismo año, las emisiones de GEI del sector contabilizaron 4002,0 Kt CO₂ eq, incrementándose en un 27,5% desde 1990 y en un 0,1% desde 2017 (Tabla 21). La principal causante es el aumento sostenido de la generación de desechos sólidos y su disposición final en rellenos sanitarios no categorizados.

Respecto a las categorías (Figura 23), la 4.A. *Disposición de desechos sólidos* representó el 63,8% de las emisiones de GEI del sector, seguido de un 36,2% de 4.D. *Tratamiento y eliminación de aguas residuales*. Las categorías 4.B. *Tratamiento biológico de los desechos sólidos* y la 4.C. *Incineración e incineración abierta de desechos* se reportan como No Estimadas (NE) según las *Directrices del IPCC 2006*. Las principales causas del incremento de las emisiones de GEI del sector son el aumento de la población y sus desechos sólidos y líquidos generados.

Tabla 21. Sector Desechos. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por categoría, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Categorías	1990	2012	2014	2016	2017	2018
4.A. Eliminación de desechos sólidos	1556,1	2146,6	2345	2444,4	2518,8	2553,9
4.B. Tratamiento biológico de los desechos sólidos	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.C. Incineración e incineración abierta de desechos	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	1582,4	1390,5	1425,6	1471,7	1480,4	1448,01
Total	3138,51	3537,05	3770,55	3915,96	3999,3	4002,0

NE: No estimadas

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH

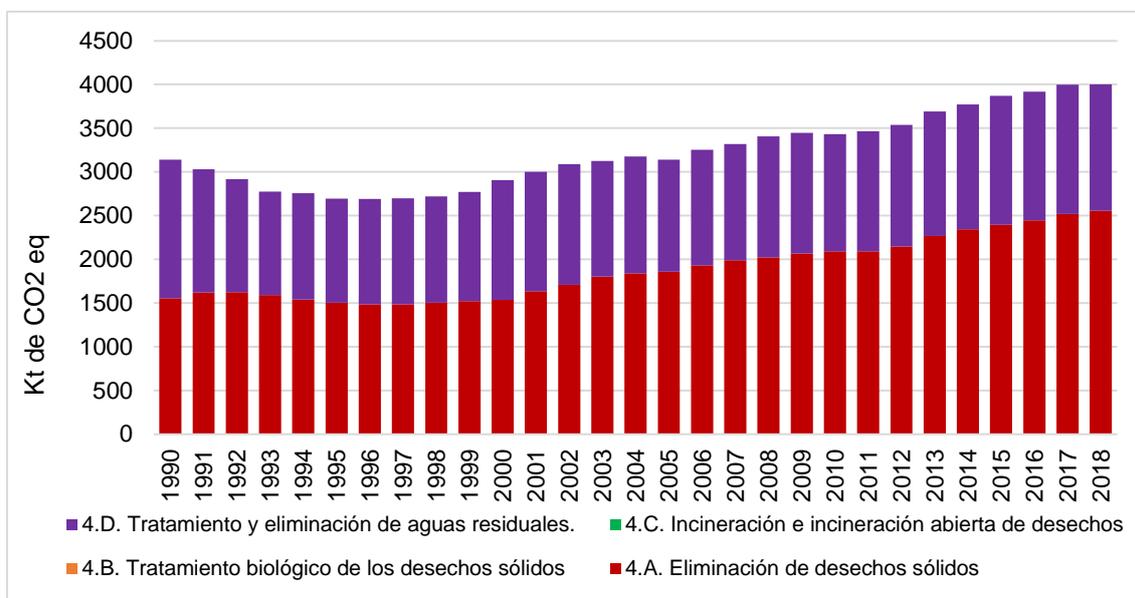


Figura 23. Sector Desechos. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por categoría, serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH

En el análisis por subcategorías (tabla 22 y figuras 24 y 25) los 4.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de desechos fue la que más emisiones aportó en el sector 2553,9 Kt CO₂ eq con el 63,8%, aumentando en un 64,1% con respecto a 1990 y en un 1,4% desde 2017. En la serie las emisiones van en ascenso, sobre todo después de 1999. Desde 1990 y hasta 1998 se registra una leve disminución de las emisiones condicionado por la crisis económica sufrida en esa década.

Las causas fundamentales del aumento son el crecimiento de la población, así como un incremento del índice de generación de desechos sólidos por el aumento de los consumos de bienes.

La subcategoría *4.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas* contabilizó 1222,4 Kt CO₂ eq en 2018, para un 43,3% superior al año 1990 y disminuyendo en 0,2% respecto al 2017. Es también, la subcategoría que más aporta a la categoría *4.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales* con el 84,4%.

Al igual que con la subcategoría *4.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de desechos*, las emisiones en esta categoría aumentan en toda la serie analizada, aunque existen algunos años donde disminuyen las emisiones, registrando el valor más bajo en el año inicial.

La subcategoría *4.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales* registró en 2018 un valor de 225,7 Kt CO₂ eq, lo que significó una reducción del 69,1% en comparación con 1990 y del 13,5% desde el 2017. Sus emisiones representaron el 15,6% de las emisiones dentro de la categoría *4.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales*.

Es la única subcategoría de las estimadas en este sector que posee reducción en las emisiones con respecto a los años comparados, en este caso 1990, tales causas tienen su origen en la depresión que sufrió el sector industrial y sus producciones, sobre todo las industrias, azucarera, alimentaria y de bebidas y refrescos que son las que más aguas residuales generan.

Las subcategorías *4.A.1. Sitios gestionados de eliminación de desechos*, *4.A.2. Sitios no gestionados de eliminación de desechos*, *4.B.2. Tratamiento biológico de los desechos sólidos*, *4.C.1. Incineración de desechos* y *4.C.2. Incineración abierta de desechos* no fueron estimadas por falta de datos de actividad, reportándose como No Estimadas (NE), según las *Directrices del IPCC 2006*.

Tabla 22. Sector Desechos, Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, para años seleccionados de la serie 1990-2018

Subcategorías	1990	2012	2014	2016	2017	2018
4.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de desechos	1556,1	2146,6	2345,0	2444,4	2518,8	2553,9
4.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	853,2	1154,9	1175,3	1215,8	1219,6	1222,4
4.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	729,2	235,5	250,3	255,8	260,9	225,7
Total	3138,5	3537,1	3770,6	3916,0	3999,3	4002,0

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH

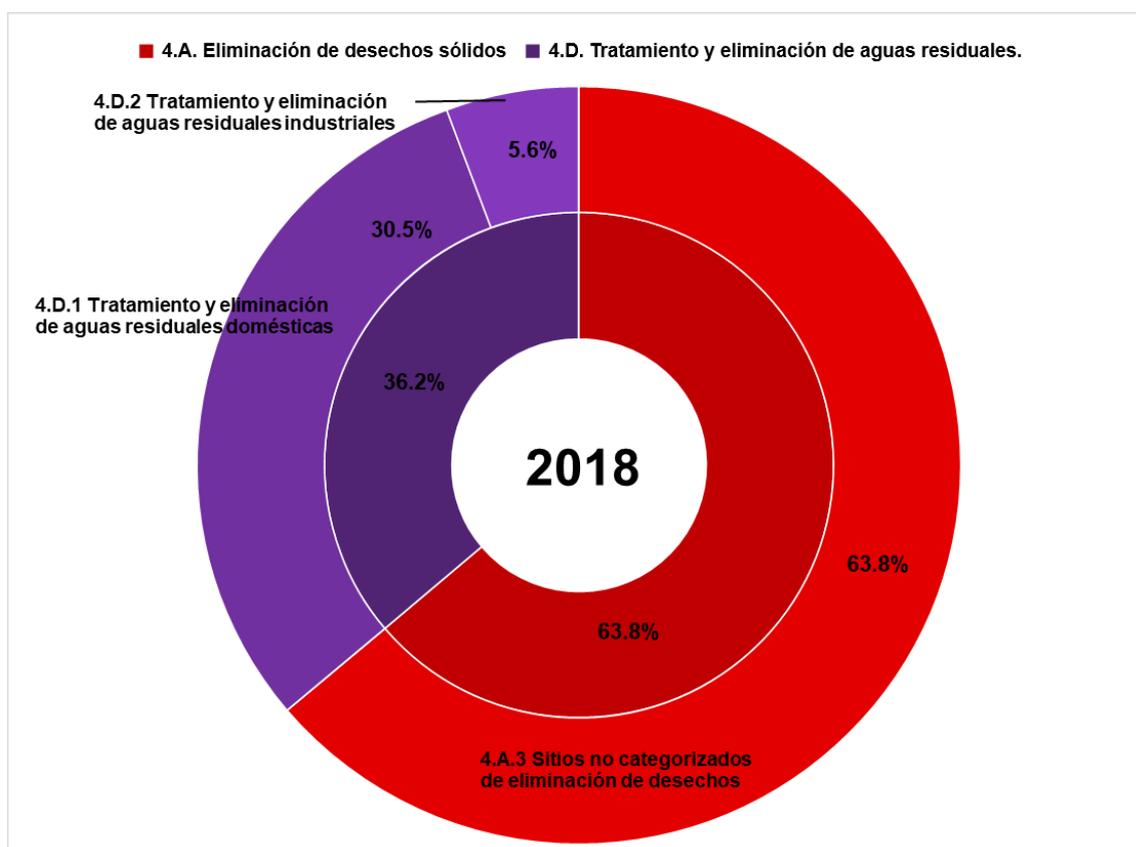


Figura 24. Sector Desechos. Participación porcentual de las categorías y subcategorías en las emisiones de GEI (%), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH

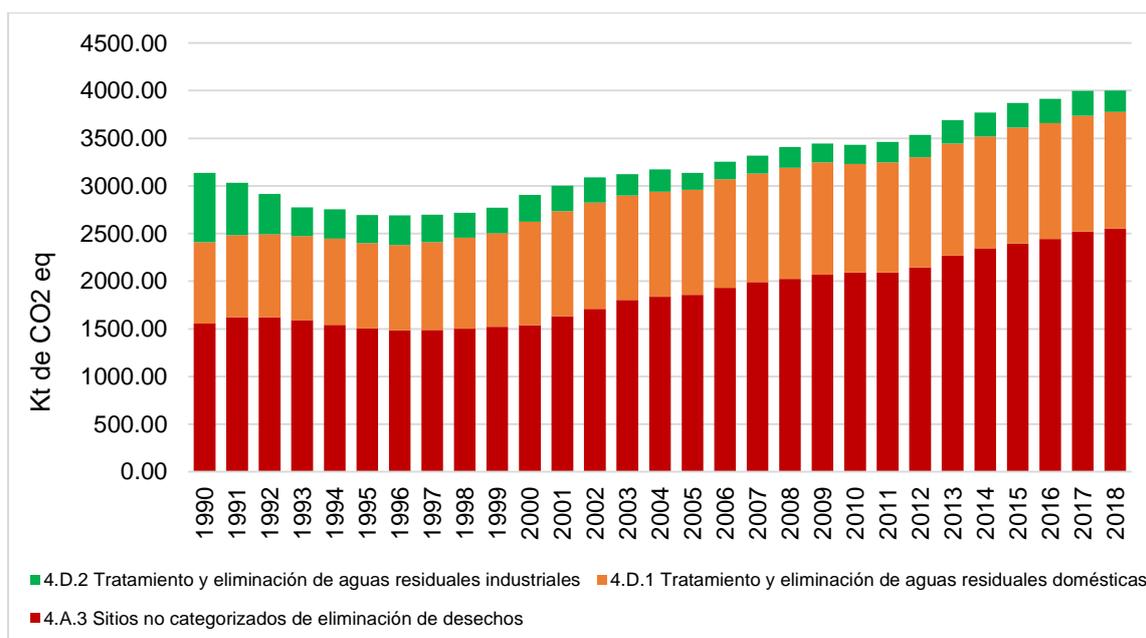


Figura 25. Sector Desechos. Emisiones de GEI (Kt CO₂ eq) por subcategoría, serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH

5.4.1 Emisiones por gases

Para el caso de los gases (tabla 23 y figura 26) en 2018, el más emitido en el sector fue el CH₄ con el 94,2%, y el N₂O con el restante 5,8%. Este sector tiene la peculiaridad de que no cuenta con emisiones de CO₂, debido a que las subcategorías que emiten este gas, fueron reportadas como No Estimadas (NE) según las *Directrices del IPCC 2006*.

Tabla 23. Sector Desechos. Emisiones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), para años seleccionados de la serie 1990-2018

Gases	1990	2012	2014	2016	2017	2018
CO ₂	NE	NE	NE	NE	NE	NE
CH ₄	2961,9	3338,0	3558,4	3695,6	3772,4	3770,2
N ₂ O	176,63	199,1	212,2	220,4	226,9	231,8
Total	3138,5	3537,1	3770,6	3916,0	3999,3	4002,0

NE: No estimadas

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH

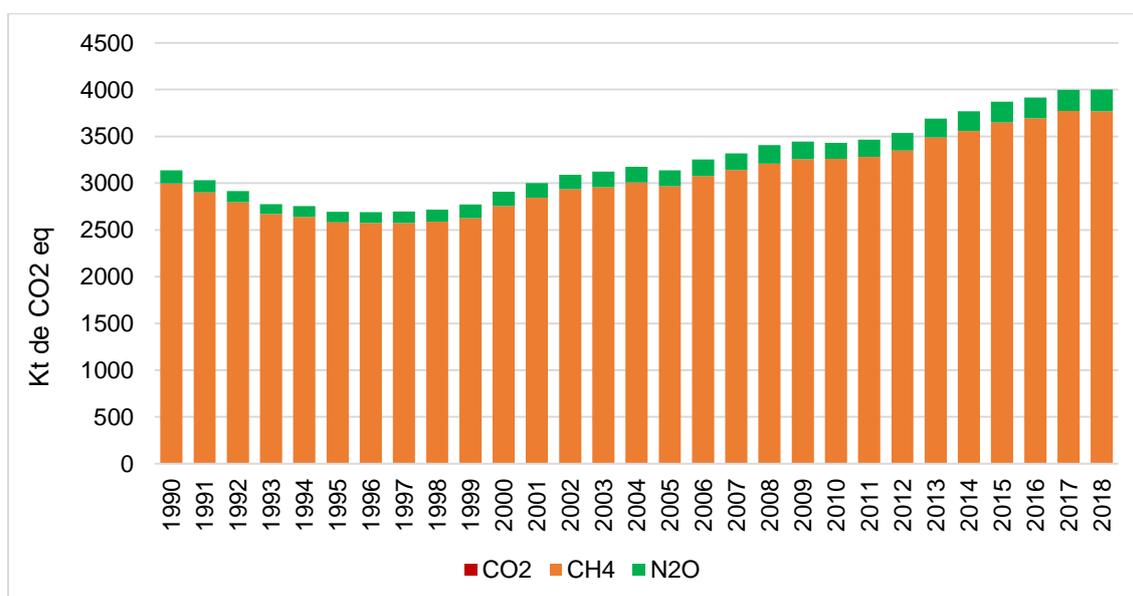


Figura 26. Sector Desechos. Emisiones por tipo de GEI (Kt CO₂ eq), serie 1990-2018

Fuente: Equipo Técnico de Desechos con base en los Anuarios Estadísticos de la ONEI y el INRH

6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Para el análisis de la incertidumbre del INGEI en Cuba, se compilaron las incertidumbres de cada sector y desarrolló el análisis usando el Método 1: Propagación del error de las *Directrices del IPCC 2006*, utilizado para estimar la incertidumbre en las categorías individuales (factores de emisión, datos de

actividad y otros parámetros de estimación), y en las tendencias entre un año de interés y el año de base.

La evaluación realizada muestra una incertidumbre combinada como porcentaje del total nacional en el año 2018 entre -33,1% y 73,7%. Por su parte, las incertidumbres introducidas en la tendencia de las emisiones nacionales totales son del 106,4%.

En términos generales, los sectores que más aportan a la incertidumbre (contribución a la varianza) del 2018 son AFOLU y Energía seguidos de Desechos e IPPU.

En el sector Energía, la incertidumbre combinada total fue de -17,2% y +50,5% en 2018. Las fuentes de incertidumbre que en mayor medida contribuyen a la varianza se encuentran en las emisiones fugitivas de CH₄ en la extracción de petróleo, seguidas de las emisiones de CO₂ en los combustibles líquidos para las industrias de la energía y las emisiones de CO₂ por el consumo de combustibles líquidos en Industrias Manufactureras y de la construcción.

La incertidumbre del sector se explica por los altos valores en el uso de factores de emisión por defecto, específicamente para el caso de las emisiones de CH₄ y N₂O en el uso de la biomasa en industrias de la energía y en las emisiones fugitivas por petróleo y gas natural, más que por los datos de actividad levantados en el BEN y otras estadísticas consultadas.

El sector IPPU presentó una incertidumbre combinada de $\pm 1,22\%$. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyen a la varianza son las emisiones de CO₂ en la producción de cemento, seguidas de las emisiones de N₂O en la producción de ácido nítrico. El principal elemento que influye en las incertidumbres del sector es el uso de factores de emisión por defecto, sobre todo en el caso de las emisiones de N₂O en la producción de ácido nítrico.

En el sector AFOLU, la incertidumbre combinada total fue de -25% y 28% para el año 2018. Las fuentes de incertidumbre que más contribuyen a la varianza se encuentran las absorciones de CO₂ en las tierras forestales que permanecen como tales, así como las emisiones indirectas de N₂O provenientes de la gestión del estiércol y las emisiones directas de N₂O en los suelos gestionados, específicamente por la componente orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas. En general, la incertidumbre del sector se debe a los numerosos datos paramétricos, en su mayoría usados por defecto, utilizados principalmente en la subcategoría 3.C. *Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra.*

En el sector Desechos, la incertidumbre combinada total fue de -15,01% y 15,77% en 2018. Las fuentes que más contribuyen a la varianza son las

emisiones de CH₄ en los sitios de disposición de desechos sólidos no categorizados, seguidas de las emisiones de N₂O en el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas. En general, la incertidumbre del sector se debe al uso de parámetros y factores de emisión por defecto, tanto en las emisiones de CH₄ por la disposición de desechos sólidos como en las emisiones de CH₄ y N₂O del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

7. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS CLAVES

La tabla 24 muestra en filas las fuentes de emisión y absorción identificadas como categorías claves, las columnas indican el criterio de identificación según las *Directrices del IPCC 2006*. Algunas categorías cumplen los cuatro criterios evaluados. Este resumen constituye la base para las discusiones con los equipos sectoriales sobre la calidad de las estimaciones y las posibles mejoras.

24. Resumen de categorías claves del INGEI de Cuba serie 1990-2018 de acuerdo con las evaluaciones de nivel y tendencia (métodos 1 y 2)

Código del IPCC	Categorías del IPCC	Gases	Criterios de Identificación			
			Nivel 1	Tendencia 1	Nivel 2	Tendencia 2
1.A.1	Industrias de energía (combustibles gaseosos)	CO ₂	X	X		
1.A.1	Industrias de energía (combustibles líquidos)	CO ₂	X	X	X	X
1.A.2	Industrias manufacturera y de construcción (combustibles líquidos)	CO ₂	X	X		
1.A.3.b	Transporte terrestre	CO ₂	X	X		
1.A.4	Actividades de combustión de combustibles "Otros sectores"	CO ₂	X			
1.B.2.a	Emisiones fugitivas de combustibles "Petróleo"	CH ₄	X	X	X	X
1.B.2.b	Emisiones fugitivas de combustibles "Gas Natural"	CH ₄		X		X
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	X			
2.B.1	Industria química - Producción de amoníaco	CO ₂		X		
3.A.1.a.i	Fermentación entérica "Vacas lecheras"	CH ₄	X	X	X	X
3.A.1.a.ii	Fermentación entérica "Otros vacunos"	CH ₄	X	X	X	X
3.A.2.a.ii	Gestión del estiércol "Otros vacunos"	N ₂ O	X	X	X	X
3.B.1.a	Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	X	X	X	X
3.C.4	Emisiones directas de N ₂ O provenientes de suelos gestionados	N ₂ O	X	X	X	X
3.C.5	Emisiones indirectas de N ₂ O provenientes de suelos gestionados	N ₂ O		X	X	X
3.C.6	Emisiones indirectas de N ₂ O provenientes de gestión del estiércol	N ₂ O	X	X	X	X
3.C.7	Cultivo de arroz	CH ₄		X		
4.A.3	Sitios de disposición de desechos sólidos no categorizados	CH ₄	X	X	X	X

4.D.1	Tratamiento y descarga de aguas residuales: Domésticas	N ₂ O			X	X
4.D.1	Tratamiento y descarga de aguas residuales: Domésticas	CH ₄	X	X	X	X

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

Una manera más ilustrativa de representar las categorías claves, consiste en listar las categorías de acuerdo con su aporte cuantitativo individual según las *Directrices del IPCC 2006*, las categorías que acumulen un total del 95% de las emisiones serán consideradas como categorías clave. En la Tabla 25 se muestran las categorías listadas de mayor a menor, según la evaluación de nivel por el método 1. Destaca el hecho de que solo catorce categorías representen el 90% de las emisiones y absorciones de GEI del país en 2018. Las absorciones de CO₂ de las Tierras forestales que permanecen como tales es la principal categoría con el 38,7%, seguida de las emisiones de CO₂ en la generación de electricidad con el 20,5%.

Tabla 25. Categorías claves en 2018, según la evaluación de nivel por el método 1

Código del IPCC	Categorías del IPCC	GEI	Emisiones año 2018 (Kt CO ₂ eq)	Emisiones año 2018 (valores modulares) (Kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel %	Total acumulativo
3.B.1.a	Tierras forestales que permanecen como tal	CO ₂	-28625,0	28625,0	38,7	38,7
1.A.1.a.i	Generación de electricidad	CO ₂	15175,7	15175,7	20,5	59,2
1.A.1.b	Refinación de petróleo	CO ₂	4614,4	4614,4	6,2	65,5
1.A.2.m	No especificada	CO ₂	2627,1	2627,1	3,6	69,04
4.A.3	Sitios no categorizados de disposición de residuos	CH ₄	2553,9	2553,9	3,5	72,5
3.A.1.a.ii	Otros vacunos	CH ₄	2364,7	2364,7	3,2	75,7
1.B.2.a	Emisiones Fugitivas "Petróleo"	CH ₄	2131,3	2131,3	2,9	78,6
1.A.2.i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	CO ₂	1931,9	1931,9	2,6	81,19
1.A.3.b	Transporte terrestre	CO ₂	1917,5	1917,5	2,6	83,8
3.C.4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	1674,0	1674,0	2,2	86,04
4.D.1	Tratamiento y descargas de aguas residuales domésticas	CH ₄	990,6	990,6	1,3	87,4
3.C.6	Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol	N ₂ O	905,2	905,2	1,2	88,61
1.A.4.b	Residencial	CO ₂	884,3	884,3	1,2	89,8
1.A.4.a	Comercial / Institucional	CO ₂	700,2	700,2	0,9	90,8
2.A.1	Producción de cemento	CO ₂	661,9	661,9	0,9	91,6
3.C.5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O	527,0	527,0	0,7	92,4
1.A.2.k	Construcción	CO ₂	507,4	507,4	0,7	93,1
3.C.7	Cultivo del arroz	CH ₄	441,0	441,0	0,6	93,6
3.A.1.a.i	Vacas lecheras	CH ₄	411,9	411,9	0,6	94,2

3.A.1.f.	Caballos	CH4	360,9	360,9	0,5	94,7
3.A.2.a.ii	Otros vacunos	N2O	360,9	360,9	0,5	95,2

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

La figura 27 muestra el análisis de las mismas categorías claves de la tabla 25. De manera más ilustrativa se presentan con barras color rojo las que pertenecen a Energía, las de color naranja a IPPU, en verde AFOLU y en morado se identifica al sector Desechos. Se puede apreciar que, las categorías claves que más aportan a las emisiones provienen de los sectores Energía y AFOLU.

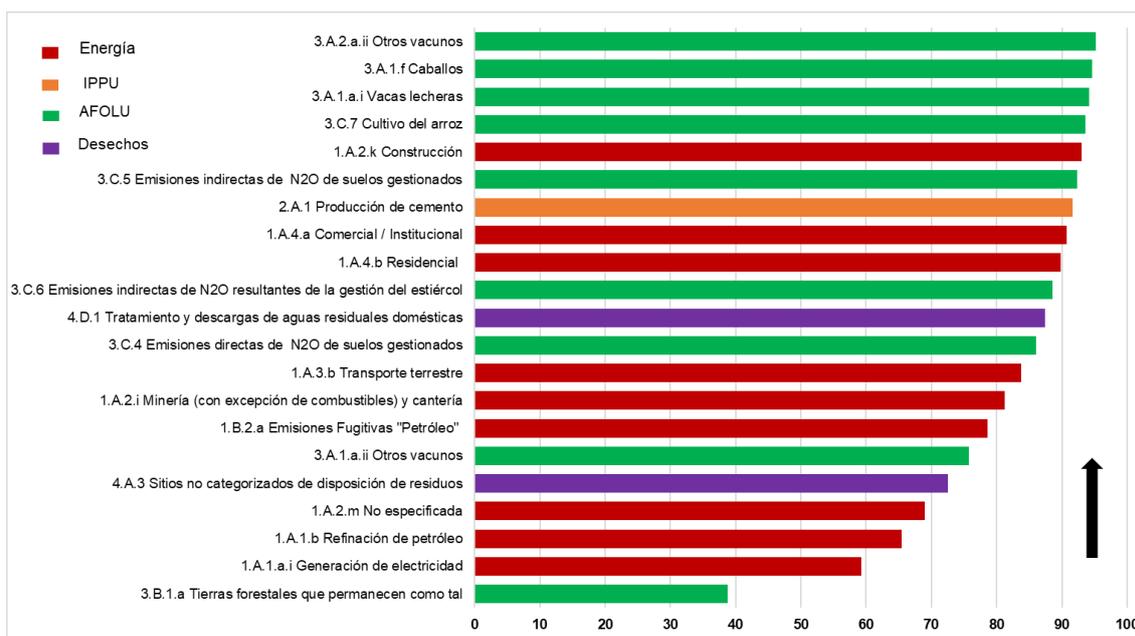


Figura 27. Categorías claves según la evaluación de nivel por el método 1 para el año 2018 en valores porcentuales acumulativos

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

8. PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DEL INGEI

La preparación del INGEI se concibe como un proceso permanente y de continua actualización, conducido en buena medida, por la introducción periódica de nuevos conocimientos que mejoran los métodos de cálculo o posibilitan una mejor selección y captación de los datos de actividad utilizados, Así, el inventario se considera único y como un proceso continuo.

A partir de esta premisa y de los compromisos internacionales más recientes, para mejorar la calidad del inventario es necesario realizar transformaciones sustanciales respecto a los reportes previos enviados a la CMNUCC y otros presentados a nivel nacional que permitan elaborar informes de INGEI con mayor calidad.

Fueron revisados los diferentes INGEI y reportes entregados a la CMNUCC por países de América Latina con mayor experiencia en el cumplimiento de estos

compromisos como Chile, Colombia, Uruguay, México y Argentina principalmente.

8.1. Principales cambios

Se identificó la necesidad de migrar, en corto plazo, a la aplicación de las *Directrices del IPCC 2006* para la estimación de las emisiones y absorciones de los GEI. Con ese objetivo, se mejoraron los arreglos institucionales y se estableció un formato único de reporte para todos los sectores, entre otras que permitan mejorar la calidad del INGEI, Estos cambios se hicieron tanto para aspectos transversales como sectoriales (tabla 26).

Tabla 26. Principales cambios entre el INGEI presentado en la Segunda Comunicación Nacional Serie 1990-2002 (años pares) y el Primer Reporte Bienal Actualizado Serie 1990-2018

Segunda Comunicación Nacional Serie 1990-2002 (años pares)	Primer Reporte Bienal Actualizado Serie 1990-2018
Aspectos Transversales	
Elaborado fundamentalmente a partir de las Directrices del IPCC 1996 y en menor medida de las publicaciones de la EMEP CORINAIR	Elaborado casi en su totalidad a partir de las Directrices del IPCC 2006
Estimaciones calculadas para 5 sectores (Energía, Procesos Industriales, Solventes, Agricultura y Silvicultura y Desechos)	Estimaciones calculadas para para 4 sectores (Energía, IPPU, AFOLU y Desechos)
Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera agregada	Mayor nivel de desagregación en las categorías, subcategorías y componentes
Formato de reporte simplificado y distinto en cada sector	Formato de reporte y nomenclatura común para todos los sectores teniendo en cuenta los aspectos generales contenidos en las <i>Directrices del IPCC 2006</i>
Factores de emisión por defecto según las <i>Guías Revisadas del IPCC de 1996</i>	Factores de emisión más actualizados según <i>las Directrices del IPCC 2006</i> y factores de emisión propios de país
Breve descripción metodológica	Inclusión de aspectos metodológicos detallados por sectores, categorías, subcategorías y componentes
Estimaciones solamente para años pares de la serie 1990-2002	Estimación anual de la serie 1990-2018. Actualización años pares 1990-2002
No se realiza un análisis acerca de los recálculos	Se realiza el análisis acerca de los recálculos para los años pares de 1990-2002, la justificación de los mismos, las medidas implementadas y la influencia en los resultados generales
Sistema de garantía y control de la calidad deficiente y con falta de transparencia	Sistema de garantía y control de la calidad mejorado y con mayor nivel de transparencia, exhaustividad, coherencia y comparabilidad
Datos de actividad insuficientes para varias categorías y subcategorías de fuente	Datos de actividad más desagregados, con mayor exhaustividad y confiabilidad
Software del IPCC 1996 y hojas de cálculo	Software del IPCC 2006 y hojas de cálculo más detalladas y actualizadas

Arreglos Institucionales generales	Arreglos institucionales más consistentes partir de la creación de equipos técnicos sectoriales
Energía	
Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera agregada en Industrias de la Energía	Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera desagregada (En la subcategoría Industrias de la Energía se desagregaron las emisiones de Generación Eléctrica y Refinación de Petróleo)
Datos de consumo de varios combustibles agregados, que generan incongruencias en las emisiones	Datos corregidos para el consumo de petróleo crudo, fuel oil, diésel y gas natural en la producción de energía
Categorías y subcategorías de fuente estimadas de manera agregada en Industrias Manufacturera y de la construcción	Se desagregaron las emisiones para 7 de las 13 componentes de la subcategoría
Desagregación incompleta del consumo de combustibles en el Transporte	Mejor desagregación en el consumo de combustibles para el Transporte gracias al acceso al Balance Energético Nacional
No estimación de las emisiones en otros tipos de Transporte	Estimación de las emisiones en la subcategoría Transporte todo terreno en Agricultura Móvil
Desagregación incompleta del consumo de combustible en la categoría Emisiones fugitivas (Petróleo y Gas Natural)	Desagregación más detallada de los consumos de combustibles en la categoría Emisiones fugitivas que permitió determinar que se subestimaban las emisiones en esta categoría
Estimación incompleta en los sectores Residencial, Comercial/Institucional y Agricultura/Silvicultura y Pesca	Estimación más detallada de las emisiones de 1.A.4. Otros sectores
Deficiente proceso de revisión por parte de expertos externos	Estudios comparativos con resultados de otras instituciones en el sector de la generación eléctrica (Ej.: CUBAENERGÍA)
IPPU	
No estimación de las emisiones en muchas categorías y subcategorías por la no disponibilidad de datos de actividad	Aumento de la exhaustividad al declararse la No Ocurrencia de emisiones en algunas subcategorías especialmente en la Industria Química y el completamiento de series de datos de actividad sobre la producción anual de algunas sustancias

Datos de actividad de producción de Clinker solamente para años pares y factores de emisión por defecto	Se completa la serie de datos de actividad de la producción de Clinker para todos los años de la serie, Se obtiene el dato paramétrico anual de proporción de óxido de calcio en el clinker lo que posibilita obtener un factor de emisión anual propio de país
Datos de producción de cal solamente para años pares y factores de emisión por defecto, Estimación de las emisiones por un Nivel 1	Se certifica que la cal viva es el único tipo de cal producida en el país lo que posibilita la aplicación de un método de Nivel 2 usando el mismo factor de emisión, Ligero aumento de las emisiones al introducir la corrección por el polvo de horno de cal (LKD)
Datos de producción de Ácido Nítrico solamente para años pares y factores de emisión por defecto, Estimación de las emisiones por un Nivel 1	Se completa la serie de datos de actividad de la producción de Ácido Nítrico para todos los años de la serie, Se aplica un Método Nivel 2 al conocerse el tipo de planta
Se estiman las emisiones por la producción de acero de manera agregada y se desconoce el tipo de tecnología	Se estiman las emisiones en función de los tipos de tecnologías de producción del acero en el país, por tanto, cambia el factor de emisión del Promedio Global al Horno de Arco Eléctrico (EAF) y los Hornos de Solera (OHF) según corresponda para cada acería
AFOLU	
Estimación de las emisiones, de manera general, con insuficientes datos de actividad, falta de transparencia en parámetros y factores de emisión por defecto	Aumento de la calidad en la estimación de emisiones a partir del uso de datos de actividad más refinados y una mayor transparencia en los parámetros y factores de emisión
Estimación de las emisiones de CH ₄ por fermentación entérica y CH ₄ y N ₂ O por gestión del estiércol con factores de emisión por defecto	Estimación de las emisiones de CH ₄ por fermentación entérica y gestión del estiércol con factores de emisión propios de país a partir del consejo de expertos
Las fuentes de emisión en la actual categoría 3,C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra se estimaron con insuficientes datos de actividad y falta de transparencia en los parámetros y factores de emisión	En la categoría 3,C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra se estimaron las emisiones con datos de actividad y paramétricos más refinados por defecto de las <i>Directrices del IPCC 2006</i> y otros por criterio de expertos relacionados con la ganadería

Cálculo no exhaustivo de las emisiones de CH ₄ provenientes del cultivo de arroz	Estimación más detallada de las emisiones anuales de CH ₄ en el cultivo del arroz con factores de emisión según las <i>Directrices del IPCC 2006</i> y valores paramétricos ajustados a las características del cultivo en el país aportados por criterio de expertos
No se consideraban las subcategoría Aplicación de Urea y cal	Se incluyen las emisiones de las subcategorías Aplicación de Urea y de Cal en los suelos
DESECHOS	
Emisiones en la categoría Aguas residuales industriales agregadas	Emisiones en la categoría Aguas residuales industriales de manera desagregadas por tipo de industria
Estimación de la generación de aguas residuales industriales por tipo de industria según las IPCC de 1996	Inclusión de valores de generación de aguas residuales industriales por tipo de industria según las <i>Directrices del IPCC 2006</i>

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

8.2. Recálculos

Teniendo en cuenta que el INGEI de 2018 no es un INGEI comprometido a instancias internacionales, se decidió no presentar recálculos para la serie, o sea, se mantuvo la información reportada en el INGEI del año 2016 que fue presentada en la Tercera Comunicación Nacional (TCN) y el Primer Informe Bienal de Actualización (IBA) ante la CMNUCC y se agregaron los resultados estimados para el año 2018. Esto no quiere decir que no se haya trabajado en la introducción de nuevas mejoras al interior de los sectores.

Se está laborando en el sistema de archivo, documentación de datos e información con el objetivo de aumentar la transparencia y trazabilidad de los datos utilizados en las estimaciones. Dicho sistema de archivo tributa directamente al Sistema de Inventario Nacional de GEI (SINGEI).

Anexos

Anexo 1. Subcategorías no estimadas (NE) en el INGEI de Cuba para la serie 1990-2018

Código	Categorías y subcategorías
1, Energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos
	1.A.3.e.i Transporte por tuberías
	1.B.2.a.ii Quema en antorcha (Petróleo)
	1.B.2.a.iii.1 Exploración (Petróleo)
	1.B.2.a.iii.5 Distribución de productos petrolíferos (Petróleo)
	1.B.2.b.ii Quema en antorcha (Gas Natural)
	1.B.2.b.iii.1 Exploración (Gas Natural)
	1.B.2.b.iii.3 Procesamiento (Gas Natural)
	1.B.2.b.iii.6 Otros (Gas Natural)
2, IPPU	2.A.3 Producción de vidrio
	2.A.4.a Cerámicas
	2.A.4.b Otros usos de ceniza de sosa
	2.A.4.c Producción de magnesia no metalurgia
	2.C.2 Producción de ferroaleaciones
	2.C.3 Producción primaria de Aluminio
	2.C.4 Producción de Magnesio
	2.C.5 Producción de Plomo
	2.C.6 Producción de Cinc
	2.D.1 Uso de lubricantes
	2.D.2 Uso de la cera de parafina
3, AFOLU	3.B.1.b Tierras convertidas a tierras forestales
	3.B.2 Tierras de cultivo
	3.B.3 Pastizales
	3.B.4 Humedales
	3.B.5 Asentamientos
	3.B.6 Otras tierras
	3.D.1 Productos de madera recolectada
4, Desechos	4.A.1 Sitios gestionados de disposición de Desechos
	4.A.2 Sitios no controlados de disposición de Desechos
	4.B Tratamiento biológico de desechos sólidos
	4.C Incineración y quema abierta de Desechos

Fuente: Equipo Técnico de INGEI

Bibliografía

- 1- Álvarez, A. (2018). Comportamiento de la capacidad sumidero del sector forestal cubano. Instituto de Investigaciones Agroforestales.
- 2- Farías, F. *et al* (2016). Segundo Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente de Chile. ISBN: 978-956-7204-55-7. Disponible en https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/application/pdf/bur2_chile_spanish_corrected_version.pdf
- 3- Feinberg, R. (2011). Extender la mano: La nueva economía de Cuba y la respuesta internacional. Disponible en https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/1118_cuba_feinberg_spanish.pdf
- 4- IPCC. (2006). Directrices IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- 5- IPCC. (1995). IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR).
- 6- ONEI, 2018. Anuario Estadístico de Cuba 2017. Edición 2018
- 7- Pérez, M y Penichet, M. (2014). Los rendimientos arroceros en Cuba: propuesta de un sistema de acciones. Revista Economía y Desarrollo No 152 (Vol 2), pp 138-154.

