



INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CUBA

PERÍODO 1990-2015



INSTITUTO DE METEOROLOGÍA DE CUBA

LA HABANA, CUBA

2018

AUTORÍAS DE LOS CAPÍTULOS

Capítulo I Circunstancias Nacionales

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

Colaboradores: José Somoza Cabrera (UH)

Capítulo II Arreglos institucionales

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

Colaboradores: Ricardo Manso Jiménez, Yosdany González Jaime (INSMET)

Capítulo III Procesos de preparación del inventario y aspectos metodológicos

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

Colaboradores: Ricardo W. Manso Jiménez, Yosdany González Jaime (INSMET)

Capítulo IV Panorama general

Coordinadores del capítulo: Carlos Sosa Pérez, Javier Bolufé Torres (INSMET) y José Somoza Cabrera (UH)

Colaboradores: Ricardo W. Manso Jiménez, Yosdany González Jaime, (INSMET), Alicia Mercadet Portillo, Arnaldo Álvarez Brito y Yolanis Rodríguez Gil (INAF)

Capítulo V Emisiones de gases de efecto invernadero por gas

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

Colaboradores: Ricardo W. Manso Jiménez, Yosdany González Jaime, (INSMET), Alicia Mercadet Portillo, Arnaldo Álvarez Brito y Yolanis Rodríguez Gil (INAF)

Capítulo VI Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores

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

Coordinador del Sector Energía: Carlos Sosa Pérez (INSMET)

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

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

Coordinadores del Sector AFOLU: Ricardo W. Manso Jiménez y Carlos Sosa Pérez (INSMET)

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

Coordinador del Sector Desechos: Yosdany González Jaime (INSMET)

ÍNDICE

AUTORÍAS DE LOS CAPÍTULOS.....	1
ÍNDICE	2
ACRÓNIMOS	4
INTRODUCCIÓN	5
I CIRCUNSTANCIAS NACIONALES.....	6
I.1 Perfil geográfico	6
I.2 Perfil económico	7
II ARREGLOS INSTITUCIONALES	10
III PROCESOS DE PREPARACIÓN DEL INVENTARIO Y ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	11
III.1 Procesos de preparación del inventario	11
III.2 Aspectos metodológicos.....	12
IV PANORAMA GENERAL.....	15
IV.1 Categorías principales	16
V EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR SECTORES.....	19
V.1 Sector Energía.....	20
V.1.a Subsector Quema de combustibles.....	21
V.1.b Subsector Emisiones fugitivas de los combustibles	23
V.1.c Subsector bunkers internacionales	24
V.1.d Subsector biomasa	25
V.1.e Método de referencia.....	26
V.2 Sector Procesos industriales y uso de productos (IPPU)	28
V.2.a Subsector Productos minerales.....	29
V.2.b Subsector Industria Química.....	30
V.2.c Subsector Industria de la producción de metales	30
V.3 Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU).....	32

V.3.a Subsector Agricultura	33
V.3.b Subsector Cambio y uso del tierra y silvicultura	34
V.4 Sector Desechos.....	36
V.4.a Subsector Desechos sólidos (SDDS).....	36
V.4.b Subsector Desechos de aguas residuales	38
VI INCERTIDUMBRES.....	41
VII REFERENCIAS	45

ACRÓNIMOS

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

CH₄: Metano

CIMAB: Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte

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

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

GEI: Gases de efecto invernadero

IEA: Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency)

INAF: Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

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

MINAZ: Antiguo Ministerio del Azúcar, actual Grupo Empresarial AZCUBA

N₂O: Óxido nitroso

OECD: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Organization for Economic Cooperation and Development)

ONEI: Oficina Nacional de Estadísticas e Información

Partes NAI: Partes no Anexo I del Protocolo de Kioto

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

UH: Universidad de La Habana

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 el período por años pares 1990-2014 y 2015. 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.

I CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

I.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 grados 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, 2016). 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.

Cuba posee un clima tropical estacionalmente húmedo según la clasificación de Köpen (1907), donde 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).

El valor de la temperatura del aire media anual para Cuba según la norma 1981-2010 es de 25.5 °C. El rasgo más interesante de esta variable durante el período 1990 – 2014 respecto a la norma 1981 – 2010 lo constituye la alternancia de anomalías positivas y negativas, aún en un contexto donde el calentamiento global marca las tendencias climáticas, corroborado también en las estaciones meteorológicas del país (Pérez *et al*, 2009).

Según el Centro del Clima del Instituto de Meteorología, la temperatura media anual de Cuba durante el año 2015 ha sido la más alta desde 1951, al alcanzar un valor de 1.06°C por encima de la media histórica del período 1961-1990 de 25.49 °C. De tal forma el año 2015 contribuye a acentuar aún más la tendencia al incremento de la temperatura en Cuba. A este importante hecho ha contribuido el desarrollo del evento El Niño - La Oscilación del Sur, en combinación con el proceso de calentamiento global.

Durante el año 2015 predominaron condiciones oceánicas y atmosféricas propias de un evento El Niño – Oscilación del Sur “ENOS” catalogado de fuerte, en el océano Pacífico ecuatorial. En casi todo el año

prevalecieron anomalías cálidas de la temperatura sub-superficial del mar, y anomalías del viento del oeste en el Pacífico central y oriental.

I.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 2015, la población residente alcanzó los 11 239 004 de habitantes, de los cuales el 49.8% son hombres y el 50.2% son mujeres.

Casi el 77% de la población vive en zonas urbanas, de los cuales el 25% se ubica en la capital. La densidad de población fue de 102.3 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, 2016).

En cuanto a la distribución de la tierra, en 2015 el 55.5% 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 2015, ascendió a unos 54.5 miles de millones de pesos (4.2 % superior al año anterior), lo cual representa una tasa media anual de crecimiento respecto al 2010 de 4.4 %. 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, mientras que el resto de la manufactura y la construcción también reducen la participación entre 2009 y 2015 en la composición del PIB.

El consumo energía en los hogares en el período 2009-2015 tuvo una tasa de crecimiento significativa, 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 2015 se reciben 3 524 779 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 88 mil cabezas, mientras que el rendimiento de leche por vaca en ordeño disminuyó notablemente en un 18.2% respecto al 2014. Entre 2009 y 2015 la cantidad de cabezas de cerdos se mantiene en niveles estables alrededor de los 3.3 millones.

Por su parte, la extracción de gas natural alcanzó un nivel del orden de los 1 244.5 millones de metros cúbicos en el 2015, mientras que la extracción de petróleo alcanza las 2.8 millones de toneladas métricas.

En cuanto a la generación de electricidad y refinación de petróleo, las principales actividades del sector energético nacional, se tiene que en 2015 se produjeron 20 mil GWh (crecimiento de casi 4.8% con respecto al 2014), y se emplearon poco más de 5 millones de toneladas de petróleo crudo y sus derivados.



Las plantas del servicio público en el 2015 alcanzaron los 5 751 MW instalados de los cuales 2 588 MW correspondían a las centrales termoeléctricas y 2 365 MW a motores a fuel oil y diesel, correspondientes al programa nacional de generación distribuida asumido en el marco de la “Revolución Energética” iniciada en el 2005 (ONEI, 2015).



En el 2015, el país exhibía un nivel de electrificación del 99.5%, su sector residencial consumía algo más de 182 kWh mensual por cliente, y un consumo de 1 779.5 kWh por habitante, lo que significó una tasa de crecimiento medio anual entre el 2010 y 2015 de 2.3% (ONEI, 2015).

En el 2015, se exportaron menores cantidades de productos de la caña de azúcar y de la industria del tabaco, dos de los rubros tradicionales de exportación. También se reducen las cantidades de sinter, óxidos y sulfuros de níquel más cobalto, cemento, hierro y acero, y metales no ferrosos.

II ARREGLOS INSTITUCIONALES

Para la preparación del reporte del inventario nacional de gases de efecto invernadero del año 2015, se utilizó la capacidad creada a partir de la preparación del reporte del mismo correspondiente al año 1990 y que se basa en la labor de un equipo técnico multidisciplinario con tres grupos de trabajo coordinado por el Instituto de Meteorología perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología y Medio Ambiente (Tabla 1).

Tabla 1. Equipo técnico de gases de efecto invernadero

Grupos de Trabajo	Funciones	Instituciones participantes
I	Coordinación, Planeamiento, Preparación	INSMET
II	Recolección de datos de actividad	ONEI
III	Información Sectorial	INSMET, INAF, CIMAB y CUBAENERGIA

El Grupo I, constituido fundamentalmente por expertos del Instituto de Meteorología, coordina las actividades metodológicas, las determinaciones de categorías claves, la preparación de las bases de datos y el manejo del software del IPCC Inventory Software 2.18, los cálculos de emisiones e incertidumbres, la preparación y redacción del informe final del resultado.

El Grupo II, constituido por expertos de la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI), realiza la captación de la mayor parte de los datos de actividad necesarios para la preparación del inventario.

El Grupo III, está constituido por expertos de diferentes organismos e instituciones vinculadas a los distintos módulos del inventario y aportan información especializada de sus sectores, junto a la estimación de las emisiones en sus correspondientes categorías.

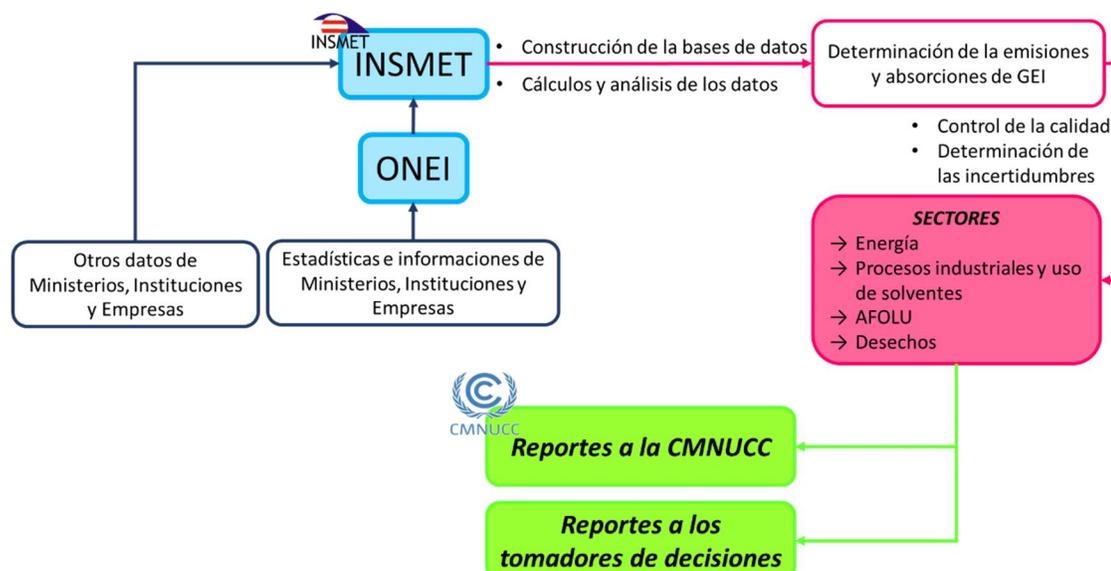


Figura 1. Esquema de flujo de datos y los pasos generales principales que se siguen en la preparación del inventario

III PROCESOS DE PREPARACIÓN DEL INVENTARIO Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

III.1 Procesos de preparación del inventario

La duración del ciclo del inventario depende de las circunstancias y los requerimientos de informes nacionales. El diagrama del ciclo del inventario, que se muestra a continuación, puede aplicarse a ciclos de diferente duración, en el caso de Cuba, el inventario se realiza cada dos años, y en la actualidad se están dando los primeros pasos para que el ciclo sea anual, un ejemplo de ello es este reporte. Este ciclo presenta la información relevante que se debe considerar y adoptar con el fin de reflejar los arreglos institucionales en el programa de desarrollo del inventario. Además, ayudará a comunicarse cuándo y dónde sea necesario durante la coordinación institucional del proceso. La preparación del inventario nacional de emisiones y remociones de GEI se realizó en acorde con las fases enumeradas en la figura 2:



Figura 2. Fases de la preparación y elaboración del Inventario nacional de emisiones y remociones de GEI

III.2 Aspectos metodológicos

Al compilar el inventario deben ser utilizadas metodologías comparables, de modo que los resultados nacionales puedan ser comparados de una forma consistente. De acuerdo con las Directrices incluidas en el Anexo de la Decisión 17/CP.8, para la preparación de los inventarios que se incluirán en las Comunicaciones Nacionales, las Partes NAI deberán utilizar las Guías Revisadas del IPCC de 1996 (IPCC, 1997) para estimar y reportar los inventarios nacionales, y son alentadas a aplicar las Guías del IPCC en Buenas Prácticas y Gestión de Incertidumbres (IPCC, 2000) y las Guías en Buenas Prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (IPCC, 2003), así como las Directrices del IPCC 2006 GL (IPCC, 2006). Las Partes NAI son alentadas también, en la extensión que resulte posible, a realizar un análisis de categorías principales o claves.

En la preparación de los reportes del inventario, se recomienda, además revisar (recalcular) los datos de emisiones y remociones proporcionados en los inventarios previos en aquellas categorías de fuentes o sumideros donde se han producido cambios en el método de estimación, los parámetros de emisión utilizados, o si se han obtenido mejores o nuevos datos de actividad. Esta es una recomendación de buena práctica que garantiza la consistencia de la serie temporal de emisiones.

En este reporte, se utilizan, fundamentalmente, las IPCC 1996 GL (IPCC, 1997) y las IPCC-GPG 2000 (IPCC, 2000). También se utilizan, pero parcialmente (no en todas las categorías de fuentes y sumideros), las IPCC-GPG LULUCF (IPCC, 2003) y las IPCC 2006 GL (IPCC, 2006). Estas dos últimas guías se utilizan solamente, en aquellas categorías de fuentes que no implican cambios con relación a las instrucciones y el formato de reporte del inventario establecido en el Volumen 1 de las IPCC 1996 GL y, además, que se dispuso de datos y otras informaciones para realizar los cálculos, aunque se ha comenzado el tránsito hacia las metodologías del 2006, por lo que la estructura sectorial es la de dichas metodologías.

Para los gases de efecto invernadero indirecto, así como para las fuentes y categorías de fuentes no abordadas en las IPCC-GPG 2000 (IPCC, 2000), se siguen tanto las IPCC 1996 GL, así como el reporte disponible para la metodología EMEP - CORINAIR 2007 y 2013 (EEA, 2007 y EEA, 2013).

También, y de acuerdo con las Guías del IPCC, las Partes de la CMNUCC pueden utilizar métodos de diferente nivel dando prioridad a aquellos métodos que producen los estimados más seguros en dependencia de las circunstancias nacionales y la disponibilidad de datos.

Estas guías proporcionan recomendaciones y asesoría sobre métodos de estimación en tres niveles de detalle, complejidad y calidad.

- Métodos de Nivel 1: Método básico más simple (método por defecto). Ecuación simple en las que se utilizan datos de actividad y parámetros de emisión (ambos proporcionados por defecto o específicos del país).
- Métodos de Nivel 2: Método intermedio, por ejemplo, modelos con parámetros de emisión por defectos o calculados para el país.
- Métodos de Nivel 3: Mayor complejidad de aplicación y mayor demanda en requerimientos de datos, por ejemplo, mediciones de emisiones o modelos con parámetros de emisión determinados por mediciones en el país.

Para cada una de las categorías de fuentes abordadas en este reporte, se utilizan los mejores métodos de estimación que posibilitaron los datos disponibles en el país y que fueron captados para la realización del inventario. En sentido general, los métodos utilizados en este reporte, pueden subdividirse en dos grupos:

- Métodos de Nivel 1, donde se utilizan datos del país y factores por defecto de las Guías del IPCC u otras metodologías reconocidas.
- Métodos de Nivel 2, normalmente basados en modelos que se aplican a partir de datos del país y factores calculados también a partir de datos y resultados de investigaciones realizadas en el mismo. Estos métodos fueron utilizados fundamentalmente en las categorías principales del inventario.

Las directrices utilizadas para cada una de las categorías y niveles metodológicos empleados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Nivel metodológico empleado en la estimación de las emisiones y remociones de GEI

Sector	Subsector	Categoría	Metodología	Nivel	Factor de emisión
Energía	Quema de combustibles	Industrias de la energía	IPCC 1996	1	Por defecto
		Industrias manufactureras y de la construcción	IPCC 1996	1	Por defecto
		Transporte	IPCC 1996	1	Por defecto
		Comercial	IPCC 1996	1	Por defecto
		Residencial	IPCC 1996	1	Por defecto
		Agricultura, Silvicultura y Pesca	IPCC 1996	1	Por defecto
	Otros	IPCC 1996	1	Por defecto	
Emissiones fugitivas de los combustibles	Petróleo y gas natural	IPCC 1996	1	Por defecto	
Procesos industriales y Uso de solventes	Productos minerales	Producción de cemento	IPCC 2006	2	Por defecto
		Producción de cal	IPCC 2006	1	Por defecto
		Producción de vidrio	IPCC 2006	1	Por defecto
		Producción de carbonato de sodio	IPCC 1996	1	Por defecto
		Uso de carbonato de sodio	IPCC 1996	1	Por defecto
	Industria química	Producción de carburo de calcio	IPCC 2006	1	Por defecto
		Producción de amoniaco	IPCC 1996	1	Por defecto
		Producción de ácido sulfúrico	IPCC 1996	1	Por defecto
	Producción de ácido nítrico	IPCC 1996	1	Por defecto	
	Industria de los metales	Producción de acero	IPCC 1996	1	Por defecto
Otras producciones	-	IPCC 1996	1	Por defecto	
Uso de solventes y otros productos	-	IPCC 1996	1	Por defecto	
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	Agricultura	Fermentación entérica	IPCC 2006	2	Específicos y por defecto
		Manejo de estiércol	IPCC 2006	1	Por defecto
		Cultivo de arroz	IPCC 2006	1	Por defecto
		Quema en el campo de residuos agrícolas	IPCC 1996	1	Por defecto
		Emissiones directas de N ₂ O de la gestión de los suelos	IPCC 1996	1	Por defecto
		Emissiones indirectas de N ₂ O de la gestión de los suelos	IPCC 1996	1	Por defecto
	Cambio y uso de la tierra y silvicultura	Emissiones indirectas de N ₂ O de la gestión del estiércol del ganado	IPCC 1996	1	Por defecto
		Cambios en bosques y otras reservas de biomasa leñosas	IPCC 1996	1	Por defecto
		Incendios forestales	IPCC 1996	1	Por defecto
		Encalado	IPCC 2006	1	Por defecto
Tierras sumergidas	IPCC 2006	1	Por defecto		
Desechos	Disposición de desechos en la tierras	Desechos sólidos urbanos	IPCC 2006	1	Por defecto
		Manejo de aguas residuales industriales	IPCC 1996	1	Por defecto
	Tratamiento de aguas residuales	Manejo de aguas residuales domésticas	IPCC 1996	1	Por defecto
Bunkers Internacionales	Aéreos	-	IPCC 1996	1	Por defecto
	Marítimos	-	IPCC 1996	1	Por defecto
Emissiones de CO ₂ de la biomasa	-	-	IPCC 1996	1	Por defecto

IV PANORAMA GENERAL

Las emisiones brutas de país para el 2015 sumaron un total de 40 516.06 Gg de CO₂ eq., un 14 % menos que en el año 1990, y un 0.89 % menor al 2014, con 363.41 Gg menos que este último año. El gas CO₂ (dióxido de carbono) es el más representativo al poseer el 69.53 % de las emisiones totales, teniendo el CH₄ (metano) y el N₂O (óxido nitroso), con 22.82 y 7.66 por ciento restante. Se observan cambios con respecto a 1990 al disminuir en importancia el porcentaje de N₂O, cuya principal categoría de fuente (emisiones de N₂O de la gestión de suelos) se

vio afectada durante todo el período de estudio

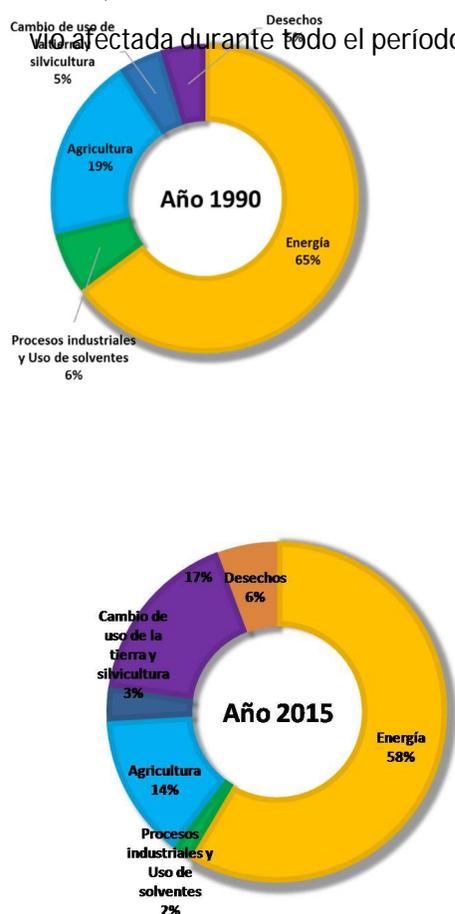


Figura 4. Porcentaje de emisiones por sectores en CO₂ eq.

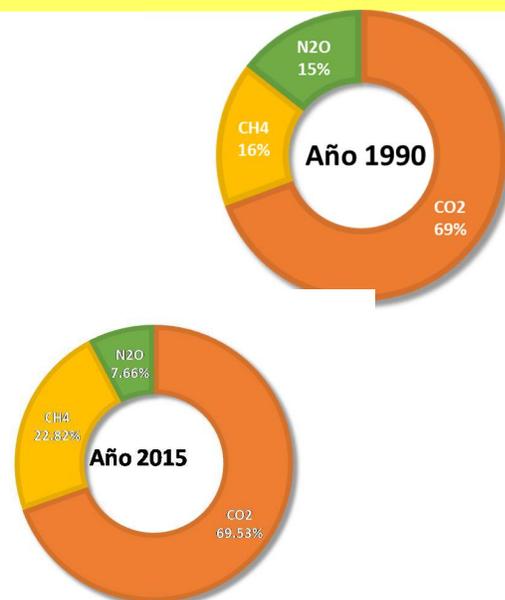


Figura 3. Porcentaje de emisiones por gases en CO₂ equivalente

En cuanto a la distribución de los sectores en el total de emisiones brutas, se observa como en el año 1990, el mayor peso lo representaba el sector Energía (65 %), seguido AFOLU (24 %), IPPU (6 %) y Desechos (5 %). En el año 2015, como se viene observando a lo largo de los años en la realización de inventarios, es necesario destacar la depresión del sector industrial en Cuba, lo que repercutió en que el sector Energía subiera en 4 puntos porcentuales con respecto a 1990. En el caso de los sectores Agricultura y Cambio de Uso de la tierra en 2015 descendieron hasta el 17% y 4% respectivamente. En el sector Desechos se elevaron las emisiones a razón 2 puntos porcentuales con respecto a 1990.

En el análisis del período 1990-2014 y 2015 se observa como las emisiones brutas han disminuido (figura 5), aunque, luego del año 1990, ha existido una tendencia al aumento y estabilización para los últimos 4 años analizados. Es de destacar, el aumento de las remociones de CO₂ por concepto de crecimiento del área forestal. En total el monto de emisiones brutas en 2015 disminuyó un 15.88 por ciento con respecto a 1990, mientras que las emisiones netas también disminuyeron un total de 46.63 por ciento con respecto al año base 1990. Para el año 2015, las emisiones netas representaron el 50 por ciento de las emisiones brutas.

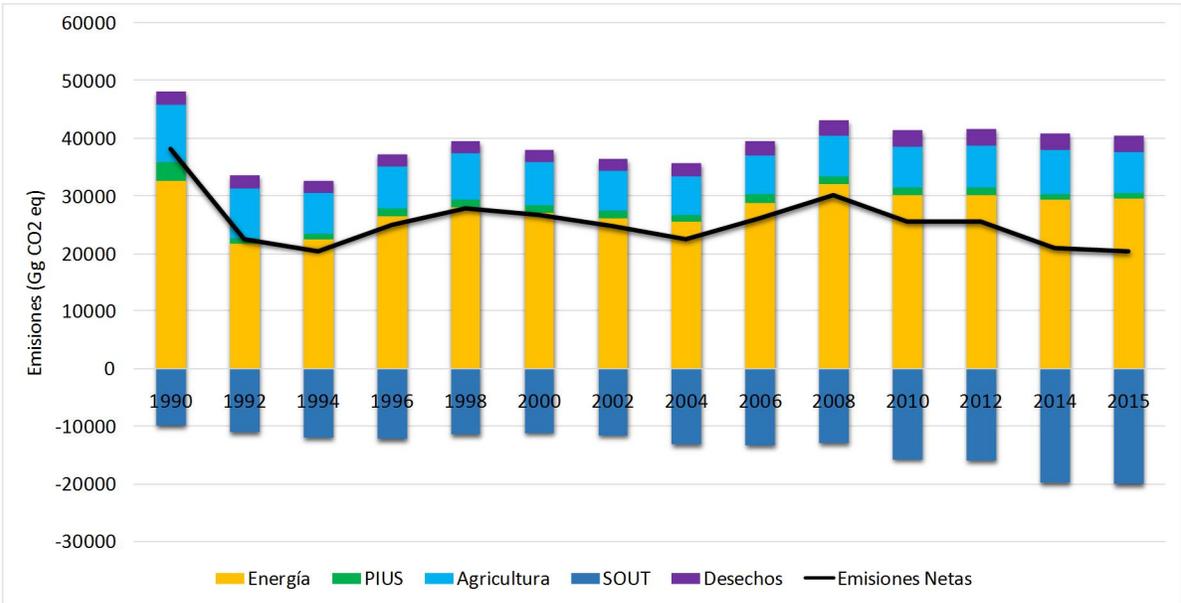


Figura 5. Tendencia de las emisiones por sectores en para los años pares del período 1990-2014 y 2015

IV.1 Categorías principales

Es una buena práctica para cada agencia de inventario, identificar sus categorías principales de una forma sistemática y objetiva. Una categoría principal, es aquella que es priorizada dentro del sistema del inventario nacional debido a que el valor de su emisión (o remoción) tiene un peso significativo en el inventario de gases de efecto invernadero directo del país en término del nivel absoluto de sus emisiones, la tendencia en las emisiones o en ambos aspectos.

En este reporte la identificación de categorías principales se realiza siguiendo los métodos proporcionados, para este objetivo, en las IPCC-GPG 2000 (IPCC, 2000). La identificación estuvo dirigida

solamente a las categorías de fuentes de emisión principales, dado que para la identificación de las categorías de sumideros principales se requiere utilizar la estructura proporcionada en las IPCC - GPG LULUCF (IPCC, 2003) para el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (en este inventario se utiliza, para ese sector, la estructura y categorías incluidas en las IPCC 1996 GL (IPCC – OECD – IEA, 1997).

En las IPCC-GPG 2000 (IPCC, 2000) se proporcionan métodos de Nivel 1 y 2 para la determinación cuantitativa de las categorías principales. El método de Nivel 1 toma en cuenta la influencia que ejerce cada categoría de fuente en el nivel general de las emisiones y la influencia de su tendencia. El método 2 se basa en los resultados de las incertidumbres ponderando los resultados de la Evaluación de nivel y tendencia del método 1, según porcentaje de la categoría.

Hasta el inventario de GEI correspondiente al período 1990-2010, se utilizó el método de nivel 1 solamente. A partir del anterior informe se han utilizado ambos métodos, puesto que el segundo aporta conocimiento extra de los motivos por los cuales, determinadas categorías, son principales y ayuda a priorizar las actividades para mejorar la calidad del inventario y reducir la incertidumbre general. Este resultado puede brindar información útil para priorizar las actividades de mejoramiento. El análisis realizado se basó en las emisiones expresadas en equivalentes de CO₂ (CO₂ eq) para los gases de efecto invernadero directo que fueron evaluados en el inventario (CO₂, CH₄ y N₂O).

Cuando se usa el método de Nivel 1, las categorías principales de fuentes se identifican en función de un umbral de emisiones acumulativo predeterminado. La determinación de dicho umbral tiene el objetivo de establecer un nivel general en que el 95 por ciento de la incertidumbre del inventario esté cubierto por categorías principales de fuente. Mientras que para el método 2, se determina el umbral de emisiones acumulativo predeterminado del 90 por ciento. Las categorías determinadas por ambos métodos son consideradas como categorías claves.

Un ordenamiento aproximado de la importancia de estas categorías principales (el orden varía ligeramente de un año a otro) se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. Clasificación de categorías principales.

Categorías	Nivel		Tendencia	
	Método 1	Método 2	Método 1	Método 2
Remociones de CO ₂ procedente de los cambios de biomasa leñosa (FOLU)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CO ₂ de las industrias de la energía (Energía)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CO ₂ de las industrias manufactureras y la construcción (Energía)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CH ₄ de la fermentación entérica en el ganado doméstico (Agricultura)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CO ₂ de la categoría "otras fuentes de combustión" (Energía)	N1		T1	
Emisiones de CH ₄ de las emisiones fugitivas de combustibles (Energía)	N1	N2	T1	T2
Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión del estiércol en los suelos gestionados (Agricultura)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CH ₄ de la disposición de desechos sólidos (Desechos)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CO ₂ del sector transporte (Energía)	N1			
Emisiones directas de N ₂ O de la gestión en los suelos gestionados (Agricultura)	N1	N2	T1	
Emisiones de CO ₂ provenientes de los incendios forestales (FOLU)	N1	N2	T1	
Emisiones de CH ₄ del manejo de las aguas residuales domésticas (Desechos)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CO ₂ del sector residencial (Energía)	N1		T1	
Emisiones de CO ₂ de la producción del cemento (Industria)	N1			
Emisiones de CH ₄ provenientes de los embalses (FOLU)	N1	N2	T1	T2
Emisiones de CH ₄ provenientes de la gestión del estiércol (Agricultura)	N1		T1	T2
Emisiones de CO ₂ del sector agricultura, silvicultura y pesca (Energía)	N1		T1	
Emisiones de CO ₂ de las emisiones fugitivas de combustibles (Energía)			T1	T2
Emisiones de CO ₂ del sector comercial (Energía)			T1	
Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión en los suelos gestionados (Agricultura)				T2
Emisiones de N ₂ O de la producción de ácido nítrico (Industria)			T1	
Emisiones de CH ₄ del sector agricultura, silvicultura y pesca (Energía)				T2
Emisiones de CH ₄ del cultivo del arroz (Agricultura)			T1	T2
Emisiones de CO ₂ de la producción de hierro y acero (Industria)				T2

V EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR SECTORES



V.1 Sector Energía

El sector Energía es donde de forma genérica se agrupan las industrias relacionadas con la producción y venta de energía, incluida la extracción de combustibles, producción, refinación, distribución y consumo de estos. Incluye además la cogeneración de electricidad y calor de proceso a partir de la quema de biomasa, ya sean residuos agrícolas o quema de madera en la obtención de energía. En este sector se aborda la estimación de las emisiones de gases de GEI directas procedentes de las actividades energéticas.

En las Guías del IPCC (IPCC, 1997 y 2000) se proporcionan dos métodos para efectuar la estimación de emisiones en el nivel 1, el método sectorial y de referencia. El primero, aborda el cálculo de las emisiones a partir del contenido de carbono de los combustibles suministrados a las principales actividades de combustión, mientras que el segundo ofrece una metodología para producir una estimación de primer orden de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero basadas en la energía provista al país. Las estimaciones para los cálculos de GEI que se reportan en este inventario son utilizando el método sectorial, pero se utiliza el de referencia para poder realizar una comparación de ambos métodos y será tratado como un acápite aparte.

El sector está subdividido en dos subsectores: la quema de combustibles y las emisiones fugitivas de los combustibles. Estos dos se fraccionan además en categorías, tomando en cuenta otros criterios metodológicos. Este sector es usualmente el más importante para las emisiones de GEI y normalmente contribuye por encima del 90 por ciento de las emisiones de CO₂ y el 75% del total de las emisiones de GEI en los países industrializados. También en muchas de las Partes no Anexo I de la CMNUCC (mayormente países en vía de desarrollo), el sector Energía tiene las mayores contribuciones a las emisiones (UNFCCC, 2005), aunque esto depende de las características y circunstancias del país o la región donde se encuentre.

Para el año 2015, en el sector se emitió un total de 29 695.23 Gg de CO₂ eq., representado una disminución de aproximadamente un 10 por ciento de las emisiones con respecto a 1990, sin embargo en relación al año 2014, estas ascendieron alrededor de los 300 Gg de CO₂ eq., o sea 1% superior. Dentro de este, el subsector quema de combustibles es el más importante, ascendiendo desde el 93 % de las emisiones en CO₂ eq. del sector en 2014 al 94% en 2015, mientras el subsector emisiones fugitivas de los combustibles disminuyó del 7 al 6 % respectivamente.

Lo anterior se debe a que las categorías más relevantes son las referidas a la industria de la energía y la industria manufacturera y de la construcción con el 58 y 25 % del total de emisiones en CO₂ eq. del sector, mientras el resto se reparte en las demás categorías (figura 6).

Los datos de actividad utilizados en este subsector provienen de la base de datos de la ONEI (serie 1985-2015).

V.1.a Subsector Quema de combustibles

Las emisiones de CO₂ procedentes de las fuentes de combustión son resultado de la combustión completa de los portadores energéticos ya sean fósiles o de biomasa. Cuando los combustibles son quemados, en dependencia de la eficiencia del proceso de combustión, la mayor parte del carbono es emitido inmediatamente como CO₂. Otra parte menor, es liberada como CO (monóxido de carbono), CH₄ o hidrocarburos diferentes al CH₄ los que se oxidan a CO₂ en la atmósfera en un período desde unos pocos días hasta cerca de doce años (Carrillo *et al*, 2016).

Se redujeron las importaciones de crudo y derivados en casi 10 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Tep), con impactos directos en el consumo de los sectores de uso final y el sector residencial. Las actividades transformativas de energía como refinación de petróleo y generación de electricidad entre 1990 y 1993 (el PIB a precios constantes del 97), decreció en alrededor de un 34%, lo que repercutió fuertemente en las reducciones de las emisiones ocurridas en ese periodo período. Para principio de la década del 2000, el uso del crudo como sustituto del fuel oil en las centrales termoeléctricas, tuvo impactos notables tanto en evitar el colapso del Sistema

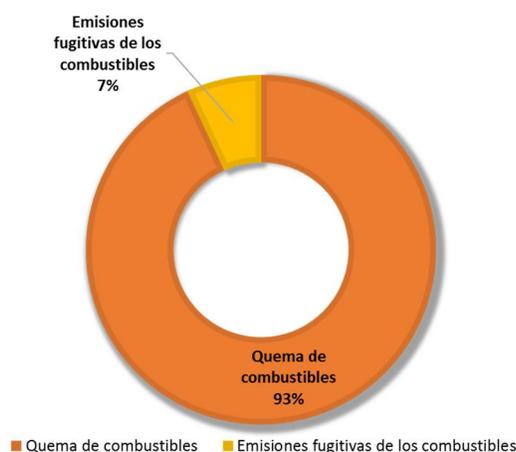


Figura 6. Porcentaje de emisiones de GEI del Sector Energía en el año 2015 en CO₂ eq.



Electro-energético Nacional (SEN) como en los parámetros de eficiencia y emisiones de la generación, sobre todo en las emisiones de SO₂ (dióxido de azufre), el crudo no solo se utilizó en la generación de electricidad, también se dedicaron notables cantidades a la producción de calor en la industria del níquel y la producción de cemento (llegaron a alcanzar niveles de consumo de crudo nacional del orden de las 350 miles de toneladas equivalentes de petróleo).

Tales practicas alcanzaron su nivel máximo a en el año 2004 con la aparición de notables averías en las principales unidades generadoras del SEN (Central Termoeléctrica Guiteras y Felton), período a partir del cual se implementó la primera etapa de la Revolución Energética, caracterizada por el lado de la oferta, por el paso a una estructura descentralizada y más flexible de la generación de electricidad (grupos electrógenos diesel, fuel oil y el incremento del uso del gas natural en turbinas de gas y en sistemas de turbinas de gas con ciclo combinado), con implicaciones en emisiones por cambio del combustible y mejoras notables de la eficiencia energética y la sustitución del equipamiento, primeramente en los hogares, extendido al sector de las empresas hasta la actualidad (Pérez *et al*, 2015).

Las emisiones de este subsector en 2015 disminuyeron en un total de 4,311.74 Gg de CO₂ eq., lo que equivale al 84 % de las emisiones con respecto al año base 1990. La tendencia para el período analizado ha sido al aumento a partir del año 1992, aunque en los últimos 4 años del análisis se ha visto como las emisiones se han estabilizado. El mayor aporte de emisiones es de CO₂, para los demás gases las cantidades aportadas son mínimas. La mayoría de las categorías han disminuido sus emisiones con respecto a 1990, excepto las categorías de industrias de la energía y comercial, las cuales han aumentado sus emisiones en un 36 y 13 % respectivamente (figura 7).

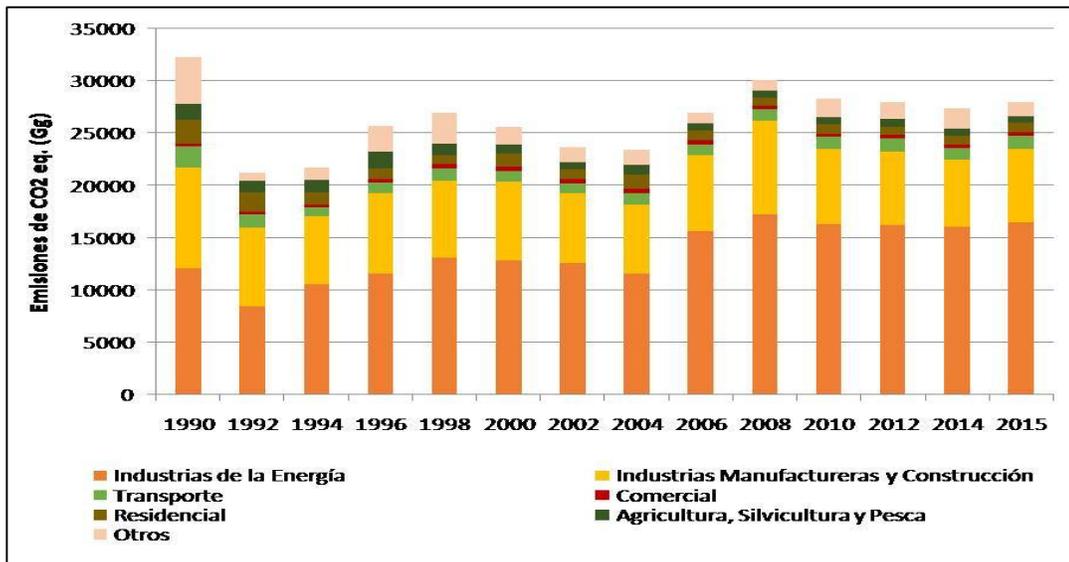


Figura 7. Tendencia de las emisiones de GEI en el subsector quema de combustibles para los años pares del período 1990-2014 y 2015

V.1.b Subsector Emisiones fugitivas de los combustibles

En este subsector, se incluyen todas las emisiones de CH₄, CO₂ y N₂O provenientes de la extracción, procesamiento, transporte, almacenamiento y comercialización de petróleo y gas natural, así como de la combustión no productiva (quema en antorchas). Se excluye el uso del petróleo y el gas, y de los productos derivados de los combustibles, para proporcionar energía para uso interno en el procesamiento y transporte de la producción del petróleo y el gas natural.

El período 1990 – 2015 se caracteriza por el crecimiento en el país de la extracción de petróleo crudo y gas natural (este último especialmente a partir de 1997). También se caracteriza este período, por la aguda disminución en la refinación de petróleo crudo a partir de 1990, proceso que parece ir recuperándose a partir de 2007. El gas manufacturado mantiene un comportamiento similar en todo el período, aunque con tendencia al ascenso.



Las emisiones fugitivas de CH₄ por la extracción, manejo y transporte de petróleo y gas natural, se mantuvieron en ascenso desde el año base hasta 2002, año en que se sobrepasan por única vez los 100 Gg de CH₄ por este concepto. La disminución de las emisiones pudiera estar dadas por dos factores principales: que exista un mayor aprovechamiento del gas y el petróleo producido en nuestro país, además de mejoras tecnológicas en la transportación y extracción de los mismos o que las producciones de gas natural y petróleo crudo cubano decrezcan. La principal causa de la disminución en las emisiones para el año 2015 está dada porque disminuyó la extracción de petróleo crudo cubano un 2.87% con respecto al año 2014 (ONEI, 2016). (Figura 8).

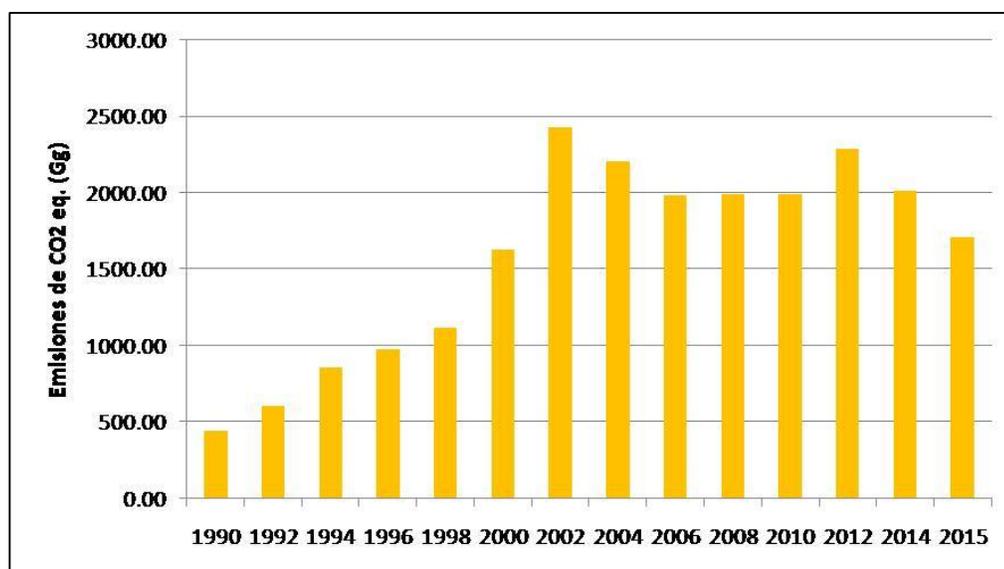


Figura 8. Tendencia de las emisiones de GEI en el Subsector Emisiones fugitivas de los combustibles petróleo y gas natural para los años pares del período 1990-2014 y 2015

V.1.c Subsector bunkers internacionales

En esta categoría se estiman las emisiones del consumo de combustibles por la transportación internacional. Estas emisiones se presentan solamente para información y no se incluyen en los totales del país. Como se observa en la figura 8, las emisiones por este concepto han tenido una tendencia a la disminución en todo el período, aunque para el último año se observó un aumento con respecto al año anterior.



Es de resaltar la falta de datos de actividad en la subcategoría de consumo de combustibles en la traspotación marítima internacional, por lo que no se ha podido contar con las estimaciones a partir del año 2002. Esto aumenta las incertidumbres en las estimaciones, pero según la tendencia que llevaba hasta el año 2002, las emisiones no serían representativas para los últimos años de inventario.

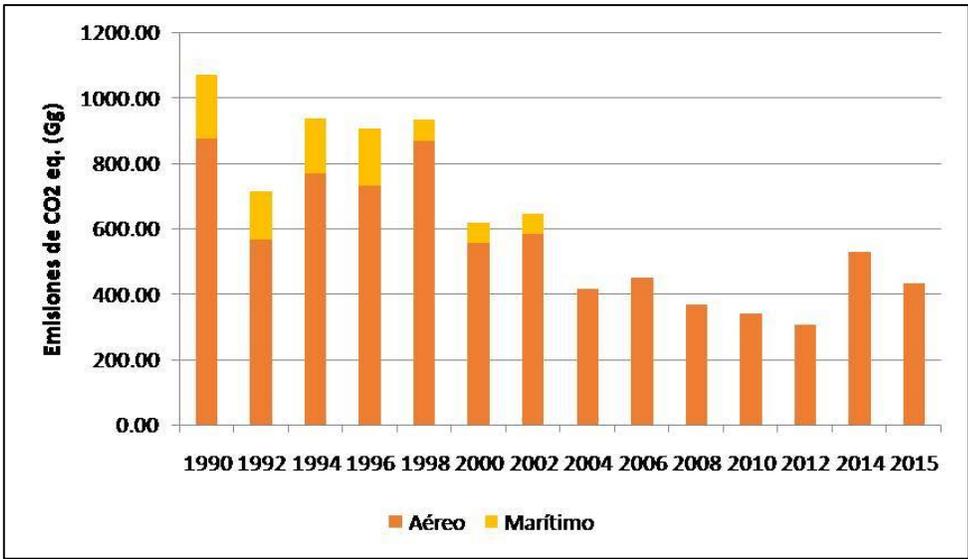


Figura 9. Tendencia de las emisiones de GEI en el Subsector Bunkers internacionales para los años pares del período 1990-2014 y 2015

V.1.d Subsector biomasa

En la figura 10, se encuentra la estimación de emisiones de CO₂ derivadas de la quema de biomasa con fines energéticos. Los valores más elevados se registran en la categoría de Industrias Manufactureras y la Construcción porque incluyen la actividad de la industria azucarera, rama que genera grandes cantidades de energía por la quema de residuos de la cosecha cañera. Estas emisiones se presentan solamente para información y no se incluyen en los totales del sector Industrias de la energía.

En estas emisiones de CO₂ derivadas de la quema de biomasa en energía, existe una sustancial reducción a partir de 1990, sobre todo en la categoría de Industrias manufactureras y de la construcción, este comportamiento está condicionado,

fundamentalmente, por la disminución experimentada en la producción cañera, debido a la



descapitalización del sector, lo que influyó directamente en la quema de bagazo con fines energéticos. Producto de una reestructuración en la industria azucarera en 2004, las emisiones en los años que le suceden se mantienen descendiendo, aunque el 2015 evidencia un ascenso de 470 Gg con respecto al 2014.

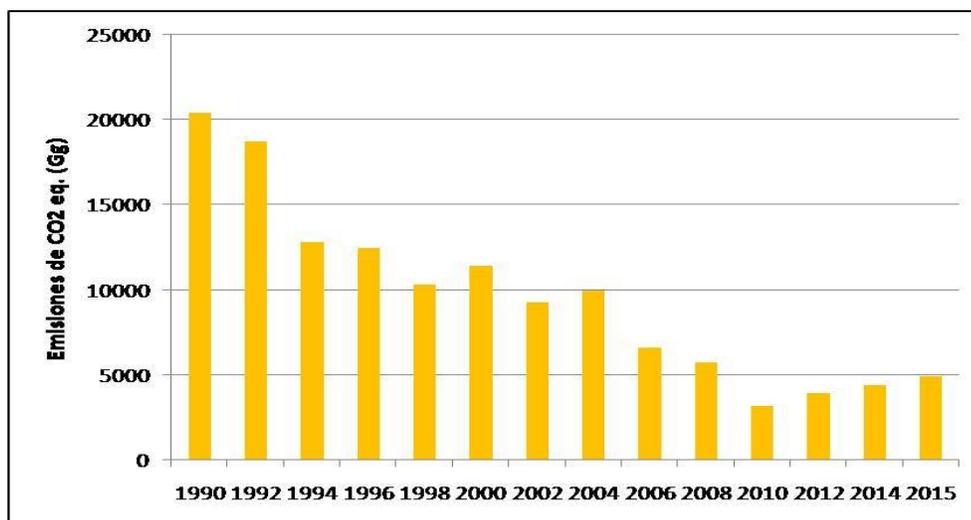


Figura 10. Tendencia de las emisiones de GEI en el subsector biomasa para los años pares del periodo 1990-2014 y 2015

V.1.e Método de referencia

En el reporte de WEDD-IEA, 2014, los estimados de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fueron calculados utilizando los balances de energía de la IEA (Agencia Internacional de Energía, por sus siglas en inglés) y los métodos y factores de emisión por defecto de las Guías del IPCC 2006 GL (IPCC, 2006). Diferentes factores pueden influir en las diferencias encontradas entre estos, ya que la IEA calcula los totales nacionales utilizando valores caloríficos netos promedio para cada producto del petróleo, así como factores de emisión promedio.

Para el año 2015 se logró acceder a los valores del método de referencia de la IEA para nuestro país, que algunas veces sobreestima y otras subestima las emisiones, además se exponen los valores de los métodos de referencia (solo para información) y sectorial. Se puede apreciar como el método de referencia muestra valores superiores con respecto al sectorial. Las emisiones del método de referencia dependen del balance total de combustibles del país, que incluye tanto la producción, como las importaciones y exportaciones, o sea todo el combustible que se produce más el que entra menos el que sale. Según el Balance Energético del 2015 las importaciones de petróleo crudo alcanzaron valores superiores a las del 2014 en casi 400 mil toneladas, y la producción nacional de crudo para este año, se

quedó por debajo de las de 2014 en cerca de 80 mil toneladas (figura 11). El método sectorial muestra las emisiones derivadas del combustible consumido realmente en el país por tipo de categoría de fuente.

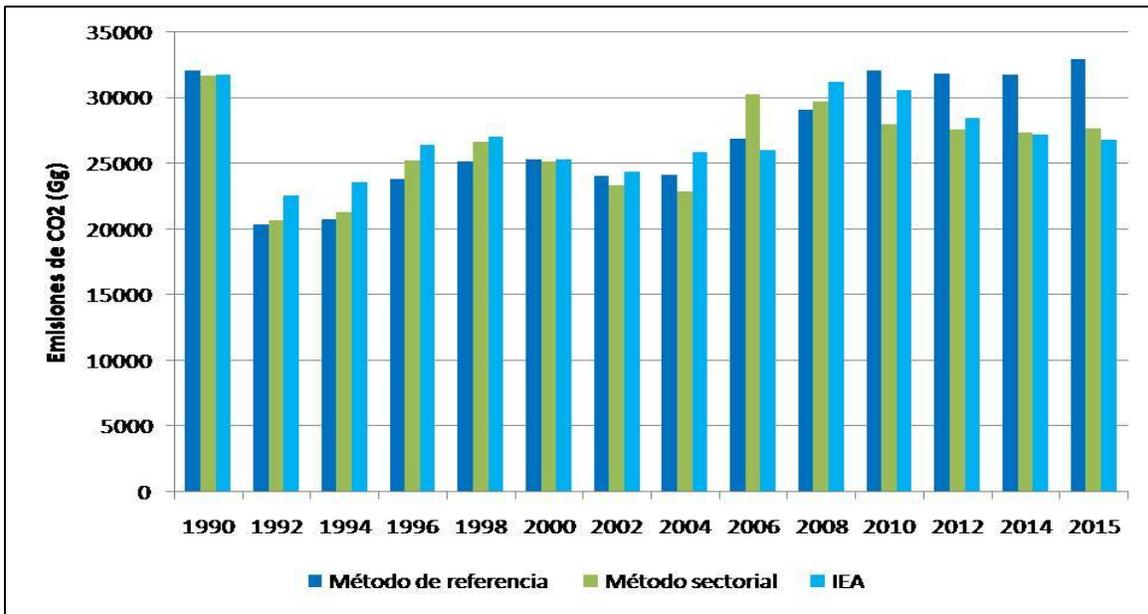


Figura 11. Estimación de emisiones de CO₂ derivadas del consumo de combustibles fósiles utilizando los métodos de la IEA, sectorial y de referencia para los años pares del periodo 1990-2014 y 2015.

V.2 Sector Procesos industriales y uso de productos (IPPU)

En este sector se tratan las emisiones de GEI generadas por las actividades industriales que no están relacionadas con la combustión. Las principales fuentes en este apartado son aquellos procesos de producción industrial que transforman los materiales física o químicamente y que satisfacen sus requerimientos energéticos mediante transferencias de los procesos analizados en el sector Energía.

La estimación de emisiones de GEI se realiza para las categorías y subcategorías principales que ocurren en el país de las establecidas para este módulo en las Guías Revisadas del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero de 1996 (IPCC, 1997). En la estimación se siguen fundamentalmente los métodos de nivel 1 proporcionados en dichas guías, aunque en algunas categorías se utilizan métodos de nivel 2 de las Guías del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero (IPCC, 2006).

Este sector fue quizás el más impactado durante la crisis económica de la década de los '90 y durante todo el período de estudio ha tenido una tendencia a la disminución de sus emisiones. Aún en la actualidad se evidencian los impactos a las industrias cubanas a partir de las emisiones de las mismas a la atmósfera. Para el año 2015 el sector emitió un total de 952,13 Gg de CO₂ eq. representando solamente el 29 % de las emisiones con respecto a 1990.

Dentro de este, el subsector de productos minerales (producción de cemento más producción de cal) es el más importante con el 75 % de las emisiones en CO₂ eq., mientras el subsector de la producción de metales contabilizó el 25 % restante (figura 12).

Es necesario destacar, la no estimación de emisiones para los años actuales del subsector de la industria química, y varias categorías de producción de minerales por la no obtención de los datos de actividad necesarios. Esto, aunque contribuye a una mayor incertidumbre, no descarta que este sector fue el más negativamente impactado durante la crisis.

Lo anterior se debe a que la categoría más relevante es la producción de cemento con una importancia del 71 % de emisiones en CO₂ eq. del sector.

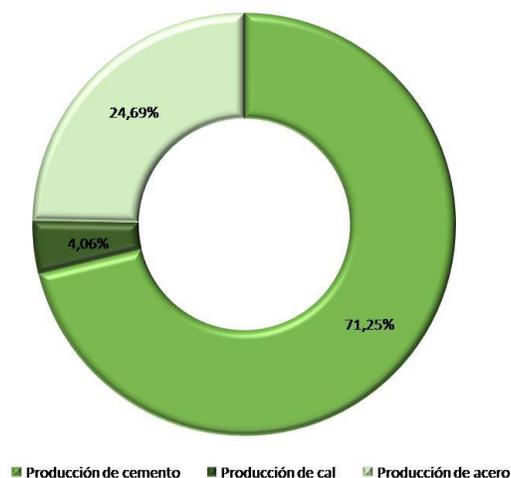


Figura 12. Porcentaje de emisiones de GEI del sector Procesos industriales y uso de productos en el año 2015 en CO₂ eq.

Los datos de actividad utilizados en este sector provienen de la base de datos de la ONEI (serie 1985-2015), así como información directa de la dirección de industrias de la ONEI sobre cantidad de clinker¹ producido en el país. Es de destacar la no estimación de emisiones para un grupo de categorías dentro del sector IPPU.

V.2.a Subsector Productos minerales

En este subsector se estiman las emisiones de CO₂ relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales. Existen dos grandes vías para la liberación de CO₂ a partir de los carbonatos: la calcinación y la liberación de CO₂ inducida por ácidos. El principal proceso que conduce a la liberación de CO₂ es la calcinación de compuestos carbonatados, durante la cual se forma óxido metálico mediante la aplicación de calor.

Las emisiones de CO₂ en para este subsector han disminuido en 2015 hasta el 57 % aproximadamente con respecto a 1990, inducido por la baja producción de clinker en el país, así como la no producción de vidrio y carbonato de sodio en la actualidad. La producción de clinker para la fabricación del cemento y cal se han visto afectadas durante toda la serie de estudio, lo que llevó a que las emisiones por este concepto disminuyeran en 44 y 28 % respectivamente con respecto al año base 1990 (figura 13).

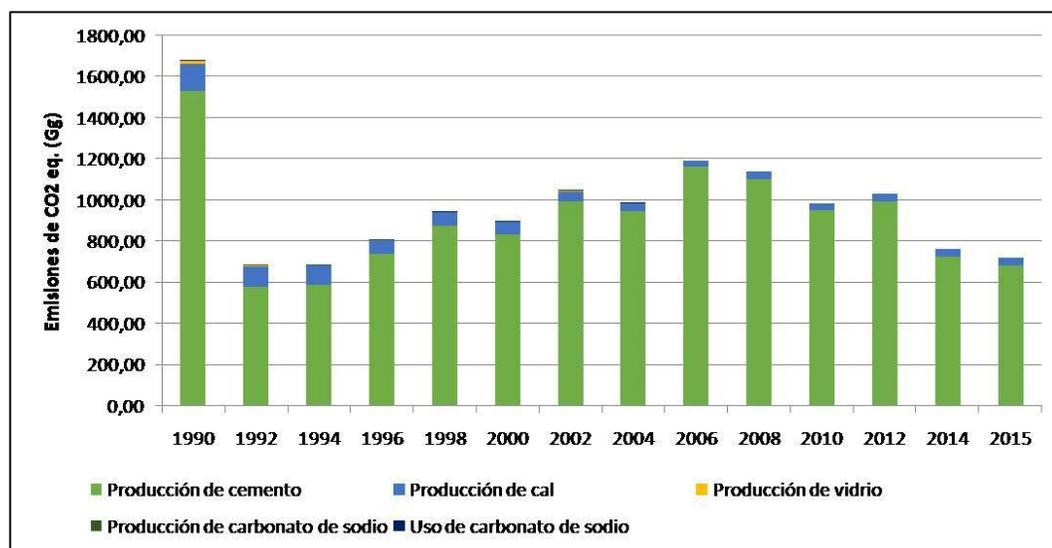


Figura 13. Tendencia de las emisiones de GEI en el subsector Productos minerales para los años pares del período 1990-2014 y 2015

¹ Producto a partir del cual se elabora el cemento. Es en su producción donde ocurren las emisiones de CO₂

V.2.b Subsector Industria Química

Los procesos productivos de la industria química son una importante fuente emisora de gases de efecto invernadero a la atmósfera. En Cuba, los procesos que normalmente han tenido un mayor peso relativo con relación a las emisiones de GEI, son las producciones de amoníaco, ácido nítrico y ácido sulfúrico, aunque la producción del primero cesó desde comienzos de la década de los '90. Otros procesos producen emisiones que tienen muy poco peso en comparación a las anteriores y no fueron incluidos en los cálculos por no disponerse de los factores de emisión requeridos, ni de medición de emisiones realizadas en el país para esas fuentes.

En la actualidad, no se estiman emisiones provenientes de la industria química debido, en lo fundamental, a la falta de datos de actividad requeridos para la estimación de las categorías producción de carburo de calcio y producción de ácido nítrico (figura 14).

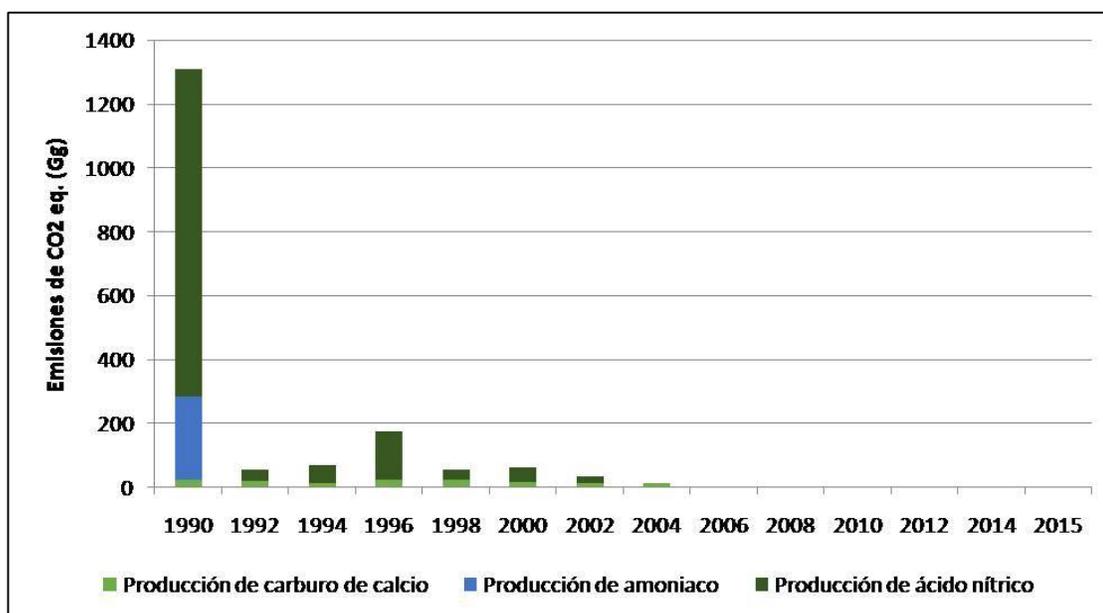


Figura 14. Tendencia de las emisiones de GEI en el subsector Industria química para los años pares del período 1990-2014 y 2015

V.2.c Subsector Industria de la producción de metales

La industria metalúrgica incluye la producción primaria de metales ferrosos y no ferrosos. La metodología preferida para la estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de metales de todos los tipos, requiere contar con información sobre la cantidad de agente reductor utilizado en la producción. Para los años evaluados, esa información no pudo obtenerse con la calidad necesaria entre los datos de actividad captados en el país, por lo que se utilizaron metodologías basadas

en las cantidades de metal producido, especialmente en la producción de acero que es una de las fuentes emisoras principales del sector.

La producción de acero es la única categoría para la que se obtuvo datos de actividad en este subsector. La misma tuvo emisiones en 2015 que se redujeron en 12 % con respecto al año base 1990 y un 14% en relación al 2014, con oscilaciones en el período, dadas por la crisis de la década del '90 y la crisis energética acontecida en el país a principios del siglo XXI (figura 15).

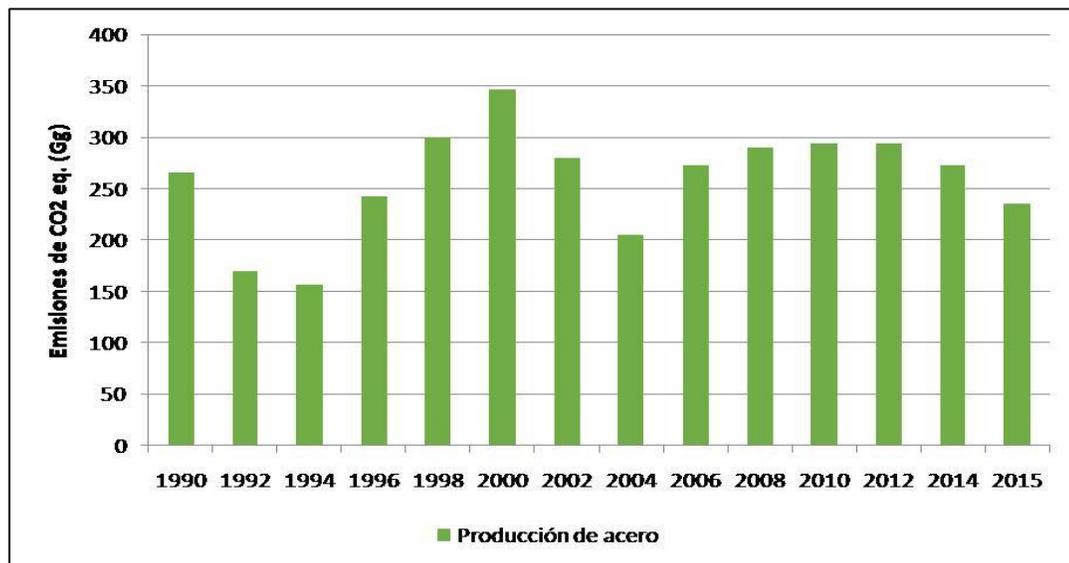


Figura 15. Tendencia de las emisiones de GEI en el subsector Industria de la producción de acero para los años pares del período 1990-2014 y 2015

V.3 Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU)

Acorde a las nuevas Guías del IPCC 2006 se han fusionado las estimaciones de emisiones de los sectores Agricultura y Cambio y uso del suelo en un solo sector, denominado AFOLU por sus siglas en inglés. Sin embargo, las estructuras internas de este sector aún siguen las metodologías de las Guías del IPCC 1996.

Este sector tiene ciertas características exclusivas con relación al desarrollo de métodos de inventario. Hay muchos procesos que traen aparejadas emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que pueden encontrarse muy dispersos geográficamente y ser muy variables con el tiempo. Los factores que regulan las emisiones y las absorciones pueden ser tanto naturales como antropogénicos (directos e indirectos) y puede resultar difícil distinguir claramente entre los factores causales. Aun reconociendo esta complejidad, los métodos de inventario deben ser prácticos y operativos (IPCC, 2006).

Para el año 2015 el sector emitió un total de 8,606.83 Gg de CO₂ eq. representando aproximadamente el 70 % de las emisiones con respecto a 1990. Dentro de este, el subsector agricultura es el más importante con el 81 % de las emisiones en CO₂ eq. del sector, mientras el subsector cambio y uso de la tierra y silvicultura contabiliza solo el 19 %.

Este sector posee algo atípico comparado con los demás sectores, por ser el único que se considera sumidero de CO₂ dentro del país.

Al sumar las emisiones y remociones del sector, muestra como resultado que el sector AFOLU es sumidero neto de CO₂.

Durante el período que se analiza, se produjeron variaciones en la actividad agropecuaria en el país que incidieron en el monto de las emisiones. Entre los procesos más importantes por su influencia en las emisiones están:

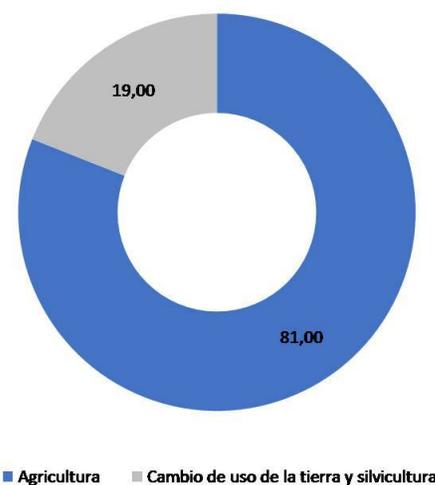


Figura 16. Porcentaje de emisiones de GEI del sector AFOLU 2015 en CO₂ eq.

- Crisis económica en Cuba en la década de los '90, lo que trajo como consecuencia la disminución de la masa de ganado vacuno y el consumo de fertilizantes nitrogenados.
- Ejecución de la Tarea Álvaro Reinoso², la que se manifestó en una disminución del área de caña sembrada.
- Aumento significativo del área de patrimonio forestal.

Los datos de actividad utilizados en este sector provienen de la base de datos de la ONEI (serie 1985-2015). Además, se captó información referida a cobertura vegetal ofrecida por el Instituto de Investigaciones Agroforestales, y los datos de actividad referidos a la cantidad de caliza aplicada a los suelos ofrecidos por el Instituto de Suelos.

V.3.a Subsector Agricultura

El subsector Agricultura está compuesto principalmente por las emisiones provenientes de las actividades pecuarias (fermentación entérica del ganado y manejo de estiércol) y agrícolas (cultivo de arroz, quema de residuos agrícolas y aplicación de fertilizantes). Los datos de actividad utilizados en este subsector provienen de la base de datos de la ONEI (serie 1985-2015), así como información directa de la Dirección de ganadería de la ONEI acerca del número de cabezas de ganado bufalino.



Las principales emisiones provienen del CH₄ en las categorías fermentación entérica, gestión del estiércol, cultivo de arroz, así como de los residuos agrícolas. Y las emisiones e N₂O provenientes de la gestión de los suelos.

Las emisiones del subsector han disminuido en el periodo de estudio siendo del 77 % en el año 2015 con respecto a 1990, aunque a partir del año 2004, ha habido una ligera tendencia al aumento de las emisiones

²Comenzó el 10 de abril de 2002 y tuvo como objetivo principal realizar una reestructuración en el sistema agroindustrial azucarero que permitiera ahorrar el máximo de recursos y mejorar los rendimientos productivos. Otros objetivos fundamentales eran dejar en funcionamiento las mejores empresas azucareras, dedicar tierras pertenecientes al MINAZ a la producción de alimentos e introducir innovaciones tecnológicas que permiten elevar las producciones y aumentar la diversificación azucarera de éstas, además de ofrecer servicios energéticos y alimenticios a las poblaciones cercanas a ellas.

totales. Esta disminución se debió en lo fundamental a la reducción del uso de fertilizantes en la agricultura cubana, lo que repercutió en la disminución de las emisiones directas e indirectas de N₂O del manejo de los suelos. Las categorías de manejo de estiércol, emisiones indirectas de N₂O del manejo de las excretas del ganado y cultivo de arroz son las que ganaron en importancia para el final del período (figura 17).

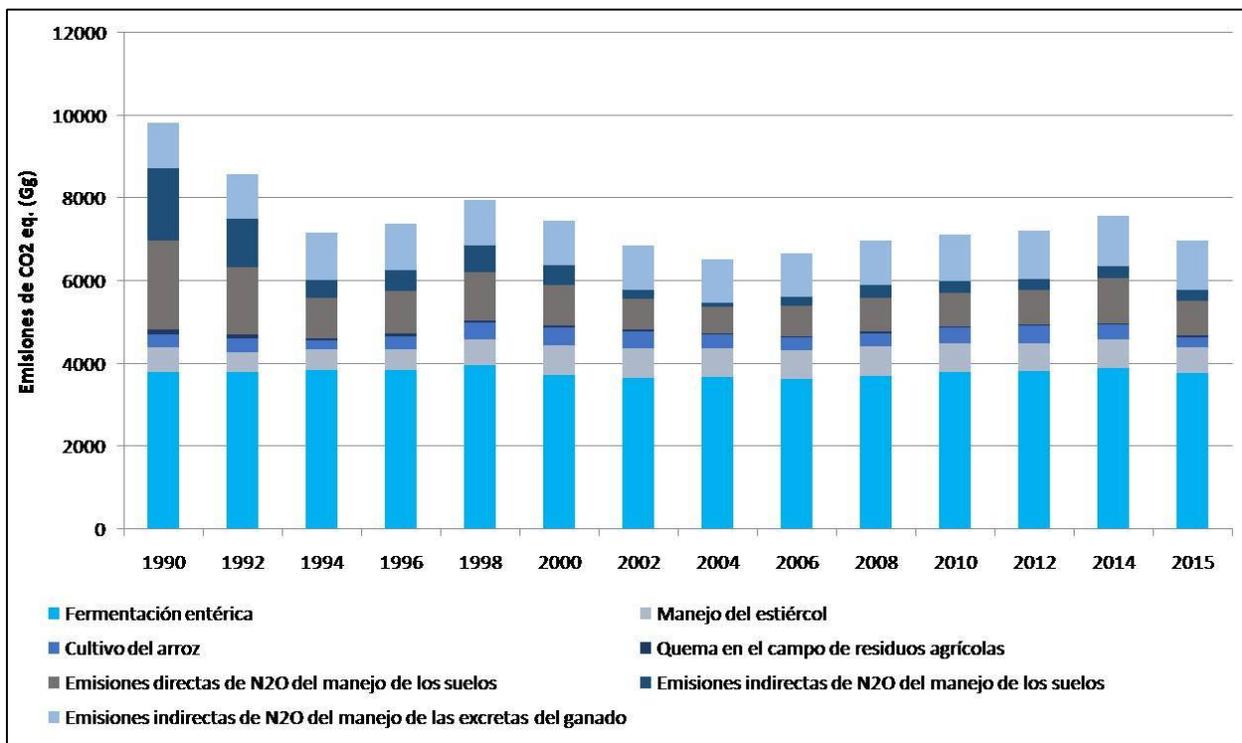


Figura 17. Tendencia de las emisiones de GEI en el subsector Agricultura para los años pares del período 1990-2014 y 2015

V.3.b Subsector Cambio y uso del tierra y silvicultura

La estimación de las emisiones y absorciones de carbono en los bosques, así como del uso y el cambio de uso de la tierra, son complejas y a menudo una fuente de controversia debido a factores biológicos, ausencia de datos (o de datos confiables), así como por los impactos humanos adversos sobre los recursos forestales que requieren ser evaluados.



En las Guías del IPCC de 1996 se da prioridad a los cálculos de las emisiones producidas por el cambio del uso de la tierra y los bosques en cinco actividades principales que son fuentes o sumideros de CO₂ y

constituyen categorías dentro del reporte del inventario: cambios en bosques y otras reservas de biomasa leñosa, conversión de bosques y pastizales, abandono de tierras manejadas, encalado de los suelos y tierras sumergidas³. En esas actividades ocurren, a escala mundial, los cambios más importantes respecto al uso de la tierra y las prácticas de manejo que redundan en la emisión y absorción de CO₂. Debe señalarse que aún los cálculos de las emisiones y absorciones en este sector, llevan aparejados, intrínsecamente, incertidumbres o errores elevados.

Como se observa en la figura 18, las remociones crecieron para el período en un 78 %, mientras que las emisiones provenientes de los incendios forestales y el encalado de los suelos decrecieron 42 y 81% respectivamente. Las remociones netas del subsector crecieron hasta 20,063.85 Gg de CO₂ eq., lo que representó un 104 % superior en el año 2015 con respecto a 1990. Este crecimiento de las remociones está respaldado por una política gubernamental de recuperación de áreas forestales y cuidado de la foresta nacional. Las emisiones por tierras sumergidas mantienen un comportamiento estable a lo largo de la serie, pero los datos de actividad de la misma necesitan ser refinados, ya que si no han sido muchos, han entrado en explotación otros embalses en el país desde 1990 hasta la actualidad.

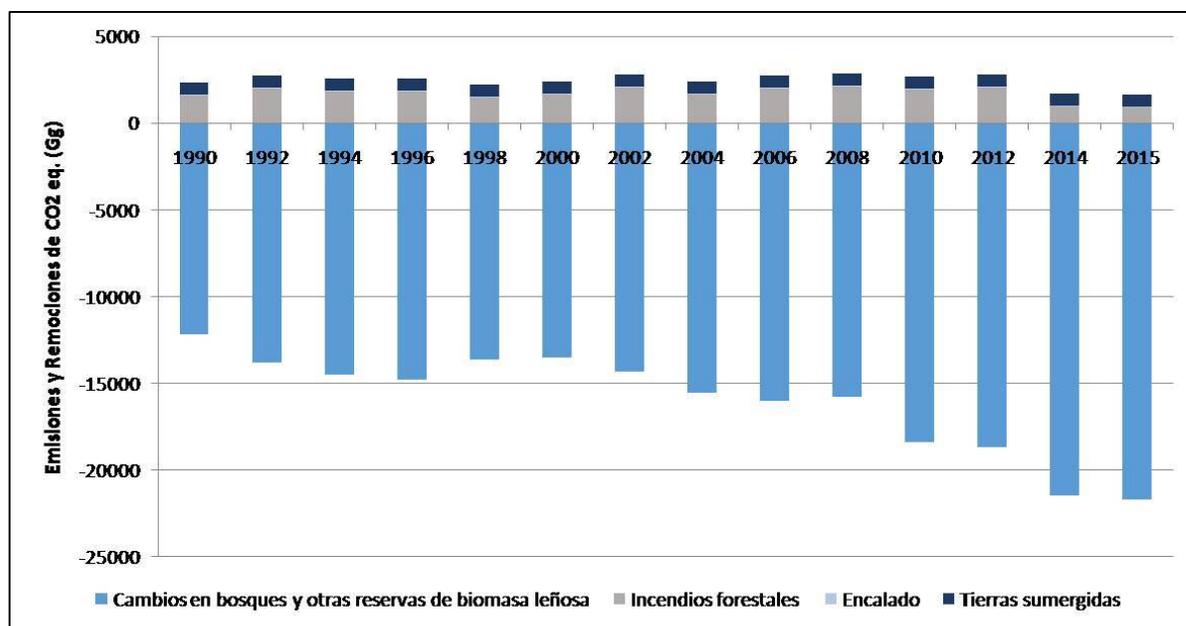


Figura 18. Emisiones de GEI del subsector FOLU para los años pares del período 1990-2014 y 2015

³ Hace referencia a los embalses del país.

V.4 Sector Desechos

En este sector se aborda la estimación de las emisiones de metano (CH_4) procedentes de los sitios de disposición de desechos sólidos (SDDS) así como del tratamiento y eliminación de las aguas residuales. El metano (CH_4) es el gas de efecto invernadero (GEI) más importante generado por la disposición y tratamiento de los desechos, especialmente desde los sistemas anaeróbicos utilizados para el manejo de los desechos biodegradables resultantes de las actividades humanas: los rellenos sanitarios y sistemas de tratamiento de las aguas residuales. También se calculan, las emisiones de óxido nitroso (N_2O) provenientes de la descarga y eliminación, en medios acuáticos de aguas albañales generadas por el hombre.

Este sector en el país emitió en 2015 un total de 2,897.20 Gg de CO_2 eq., lo que equivale a un aumento del 23 % con respecto a las emisiones del año base 1990. El subsector disposición de desechos sólidos en la tierra representa en la actualidad el 52 % de las emisiones totales, mientras el resto pertenece al subsector de tratamiento de aguas residuales. En el período de estudio las emisiones tuvieron un comportamiento ascendente, debido sobre todo al comportamiento de la categoría desechos sólidos urbanos (figura 19).

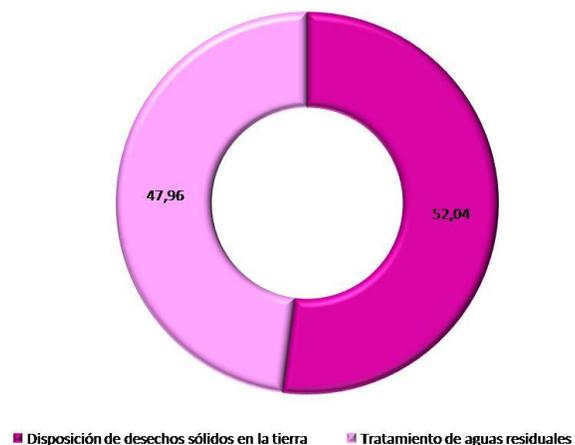


Figura 19. Porcentaje de emisiones de GEI del Sector Desechos en el año 2015 en CO_2 eq.

Los datos de actividad utilizados en este sector provienen de la base de datos de la ONEI (serie 1985-2015). Además, el dato de actividad de cantidad de proteína consumida por las personas en Cuba es obtenido de la base de datos de la FAO. Así como, la información referida a la generación per cápita de desechos sólidos, la cual se obtuvo de estudios realizados en nuestro país.

V.4.a Subsector Desechos sólidos (SDDS)

Cuando los desechos sólidos municipales (DSM) y los desechos sólidos industriales (DSI) son dispuestos en los SDDS, la mayor parte del material orgánico se degradará sobre un menor o mayor período de tiempo que puede variar desde un año a cerca de cien años en dependencia del tipo de material, el tipo de SDDS y las características climáticas de la región donde se ubica este. La mayor parte de este proceso,

ocurrirá mediante biodegradación aeróbica o anaeróbica en dependencia de las condiciones y características del SDDS.

Para el proceso aeróbico los principales productos de la degradación son el dióxido de carbono (CO_2), agua y calor, y para el anaeróbico, CH_4 y CO_2 , aunque las emisiones de este último GEI no son incluidas en las emisiones totales del sector. Los desechos sólidos se generan en hogares, oficinas, tiendas, mercados, restaurantes, instituciones públicas, plantas de tratamiento de aguas y alcantarillado, obras en construcción y demolición, actividades industriales y actividades agrícolas (IPCC, 2006).



En este inventario se estimaron solamente las emisiones de CH_4 derivadas de los DSM. Las emisiones de CH_4 de los desechos sólidos industriales no fueron estimadas debido a que no resultó posible captar los datos necesarios para este objetivo. De esta forma las emisiones de esta subcategoría están subestimadas en el inventario.

Las emisiones totales de esta categoría fueron de 71.80 Gg de CH_4 en 2015, lo que representa 43 % superior con respecto a 1990 y un 2 % menor con respecto al 2014. Después de haber disminuido notablemente en la primera mitad de la década de los años '90, la contribución de este tipo de desechos, a la generación de CH_4 , muestra una tendencia notable al crecimiento desde el año 1996. La fracción correspondiente a los restos de los alimentos es la de mayor aporte en importancia en la generación de CH_4 , seguidas de desechos de papel y cartón, que también presenta una tendencia creciente. Por otra parte, los aportes del resto de las fracciones (desechos de jardines y patios; madera y paja; textiles) a la generación de CH_4 son comparativamente menores (figura 20). La gráfica siguiente muestra las emisiones de CH_4 en CO_2 eq., donde las emisiones de CH_4 fueron multiplicadas por el factor de potencial de calentamiento de este gas, 21, y así convertir las emisiones en CO_2 eq.

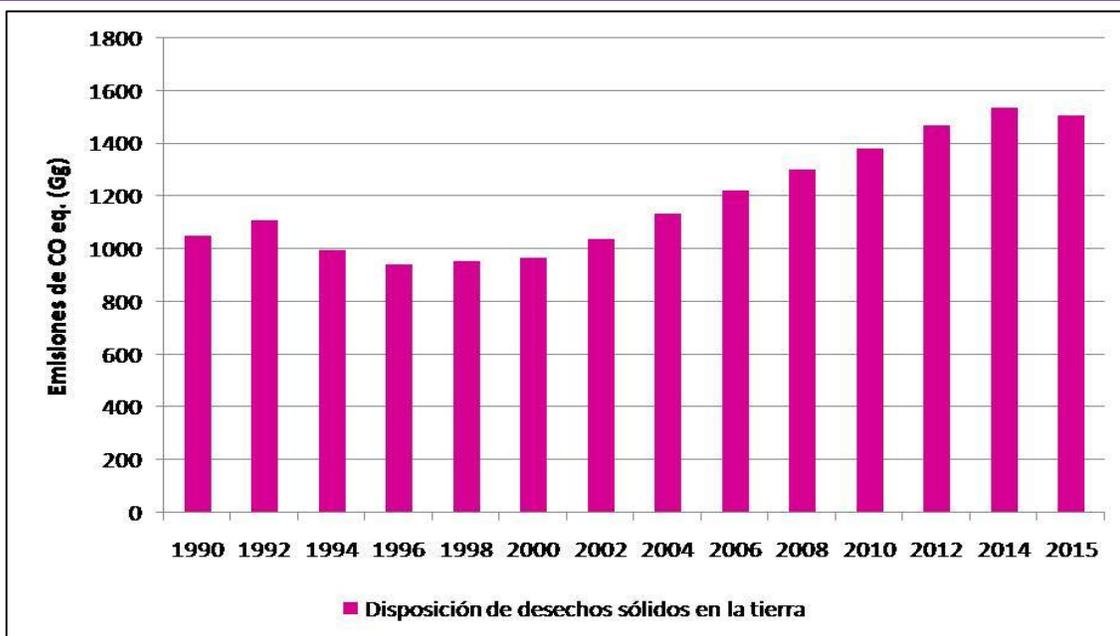


Figura 20. Tendencia de las emisiones de CO₂ eq. en el Subsector Desechos sólidos para los años pares del período 1990-2014 y 2015.

V.4.b Subsector Desechos de aguas residuales

Las aguas residuales domésticas e industriales, al igual que los componentes de sus lodos, se convierten en una fuente de metano cuando se degradan anaeróbicamente. Se consideran aguas residuales domésticas a las que son generadas en los asentamientos poblacionales, escuelas, instalaciones turísticas, edificios públicos y centros comerciales y se componen fundamentalmente de desechos de origen humano. Las aguas residuales industriales (o efluentes industriales), provienen de las propias prácticas industriales, especialmente en las actividades manufactureras, la industria extractiva, la industria alimentaria, el procesamiento de los productos de la actividad agropecuaria y otras.

Por otra parte, las emisiones de N₂O pueden producirse como emisiones directas provenientes de las plantas de tratamiento o como emisiones indirectas provenientes de las aguas residuales después de su eliminación en vías fluviales, lagos o en el mar. Las emisiones directas deben estimarse solamente en países donde predominan las plantas centralizadas avanzadas de tratamiento de aguas servidas con etapas de nitrificación y desnitrificación.

Para el caso de las aguas residuales industriales las emisiones de CO₂ eq. a nivel general se hizo un ajuste por la separación de lodos (valor por defecto igual a cero). Se consideró como cero la cantidad total de CH₄ recuperado y/o quemado en antorchas dado que esta práctica no se realizó en el país en esos años de acuerdo con la información captada por el ETGEI. La figura 21, muestra las emisiones derivadas del tratamiento de las aguas residuales en Cuba para el período 1990-2014 y 2015, elevándose las emisiones con respecto a 1990 en un 6%, y estabilizándose de manera ascendente en la última década. Pero, dentro del total de emisiones existen diferencias por categorías, donde se observa que las emisiones provenientes de las aguas residuales industriales poseen una tendencia al decrecimiento llegando a ser en la actualidad del 43 %, reflejo de la actividad industrial cubana, mientras que las emisiones procedentes de las aguas residuales domésticas aumentaron hasta el 37%, todo con respecto al año base 1990. La disminución de emisiones en las aguas residuales industriales se debe al decrecimiento de la materia orgánica degradable en las aguas sobre todo en la industria del azúcar, aunque en las industrias del alcohol y los alimentos existe una ligera tendencia al aumento. Por su parte, las emisiones en las aguas residuales domésticas poseen tendencia al incremento por la incorporación de distintos sistemas de tratamiento (dígase fosas y letrinas), en los últimos años provocado por el surgimiento de barrios insalubres. Además, hubo un aumento en las emisiones de N₂O por el aumento del consumo de proteínas por los habitantes en Cuba.

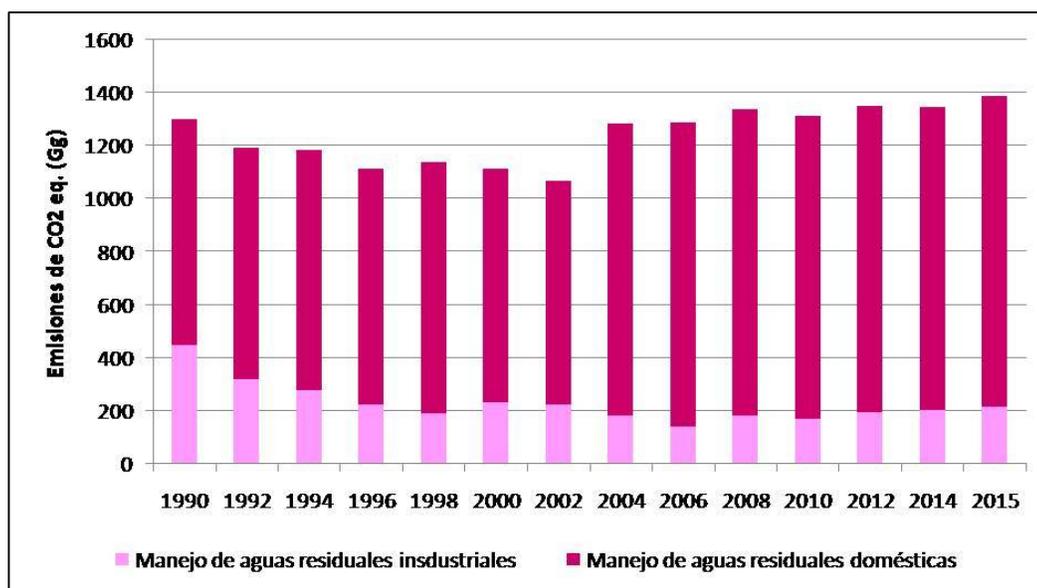


Figura 21. Tendencia de las emisiones de GEI en el Subsector Desechos de Aguas Residuales para los años pares del período 1990-2014 y 2015

En la tabla 4 se muestra, a manera de resumen, las emisiones de CO2 eq. por categorías de fuente.

Categorías	1990	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015
Emisiones Netas	38321,22	26946,74	24888,82	22672,63	26302,65	30261,19	25729,80	25725,30	21109,58	20452,21
Emisiones Brutas	48162,43	38057,73	36439,83	35799,26	39610,92	43168,00	41411,61	41662,00	40879,47	40516,06
Energía	32737,60	27220,31	26124,67	25654,14	28959,22	32119,80	30318,96	30293,91	29393,25	29695,23
Queama de combustibles	32292,87	25587,58	23694,91	23450,20	26971,60	30130,09	28324,21	28005,50	27376,23	27981,13
Industrias de la Energía	12095,27	12857,14	12612,18	11571,51	15680,45	17221,47	16309,72	16246,09	16058,31	16452,11
Industrias Manufactureras y Construcción	9639,20	7506,15	6675,08	6617,18	7265,20	8967,13	7168,84	6990,19	6387,99	7026,63
Transporte	1979,45	1007,87	931,77	1120,78	1001,01	1081,57	1199,47	1261,52	1120,87	1264,27
Comercial	325,21	475,69	419,19	350,93	396,44	389,77	299,16	325,15	367,69	369,00
Residencial	2269,04	1199,35	930,59	1415,49	893,82	716,91	860,56	804,21	833,17	888,83
Agricultura, Silvicultura y Pesca	1519,92	855,55	624,48	919,77	748,91	704,85	722,81	748,96	674,39	631,55
Otros	4464,78	1685,83	1501,62	1454,54	985,77	1048,39	1763,65	1629,38	1933,81	1348,74
Emisiones fugitivas de los combustibles	444,73	1632,73	2429,76	2203,94	1987,62	1989,71	1994,75	2288,41	2017,02	1714,10
Petróleo y gas natural	444,73	1632,73	2429,76	2203,94	1987,62	1989,71	1994,75	2288,41	2017,02	1714,10
Procesos industriales y Uso de solventes	3258,54	1307,07	1357,06	1202,64	1462,10	1429,08	1279,00	1324,42	1035,28	952,13
Productos minerales	1683,13	898,87	1047,06	987,23	1189,47	1138,85	984,74	1030,80	762,08	717,03
Producción de cemento	1531,26	832,83	991,61	945,01	1162,24	1101,42	947,47	990,23	723,91	678,40
Producción de cal	133,58	64,58	52,20	40,20	27,23	37,43	37,28	40,58	38,17	38,63
Producción de vidrio	17,07	0,83	1,00	0,67	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Producción de carbonato de sodio	1,21	NO								
Uso de carbonato de sodio	0,01	0,63	2,26	1,35	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Industria química	1309,77	61,26	30,05	10,62	-	-	-	-	-	-
Producción de carburo de calcio	19,8	14,76	10,98	10,62	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Producción de amoniaco	261,7	NO								
Producción de ácido nítrico	1028,27	46,5	19,065	NE						
Producción de metales	265,64	346,94	279,95	204,79	272,63	290,23	294,26	293,62	273,2	235,1
Producción de acero	265,64	346,94	279,95	204,79	272,63	290,23	294,26	293,62	273,2	235,1
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	-26,72	-3660,60	-4702,08	-6601,91	-6631,90	-5927,29	-8563,26	-8711,92	-12203,42	-13092,35
Agricultura	9814,49	7450,39	6848,93	6524,72	6676,37	6979,52	7118,55	7224,78	7566,47	6971,50
Fermentación entérica	3802,47	3735,06	3665,97	3686,34	3624,81	3694,95	3790,29	3832,50	3900,33	3777,27
Manejo del estiércol	595,76	719,97	709,36	689,34	711,35	720,33	714,08	661,17	691,90	632,16
Cultivo del arroz	321,93	415,80	411,39	328,02	296,94	323,19	366,66	421,26	356,58	233,10
Queama en el campo de residuos agrícolas	112,63	46,26	36,65	28,67	20,95	31,40	21,58	29,30	35,18	34,97
Emisiones directas de N2O del manejo de los suelos	2157,60	989,93	751,16	638,14	740,99	824,80	820,84	840,17	1092,93	846,30
Emisiones indirectas de N2O del manejo de los suelos	1736,00	475,65	218,65	101,72	226,56	299,05	274,72	274,74	274,77	272,80
Emisiones indirectas de N2O del manejo de las excretas del ganado	1088,10	1067,72	1055,75	1052,49	1054,76	1085,80	1130,38	1165,64	1214,79	1174,90
Cambio de uso de la tierra y silvicultura	-9841,21	-11110,99	-11551,01	-13126,63	-13308,27	-12906,81	-15681,81	-15936,70	-19769,89	-20063,85
Cambios en bosques y otras reservas de biomasa leñosa	-12171,95	-13501,68	-14360,53	-15538,64	-16036,55	-15777,99	-18387,82	-18713,64	-21464,12	-21699,18
Incendios forestales	1593,56	1678,04	2103,20	1712,79	2031,97	2165,67	2000,58	2069,24	986,53	929,60
Encalado	42,50	16,71	10,17	3,07	0,16	9,36	9,28	9,87	9,87	7,90
Tierras sumergidas	694,68	695,94	696,15	696,15	696,15	696,15	696,15	697,83	697,83	697,83
Desechos	2351,80	2079,96	2109,17	2417,76	2513,23	2639,61	2695,10	2818,88	2884,47	2897,20
Disposición de desechos sólidos en la tierra	1049,79	966,84	1039,92	1132,74	1224,30	1300,32	1383,48	1467,90	1537,20	1507,80
Desechos sólidos urbanos	1049,79	966,84	1039,92	1132,74	1224,3	1300,32	1383,48	1467,9	1537,2	1507,8
Desechos sólidos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamiento de aguas residuales	1302,01	1113,12	1069,25	1285,02	1288,93	1339,29	1311,62	1350,98	1347,27	1389,40
Manejo de aguas residuales industriales	448,98	232,26	224,91	183,96	143,01	181,23	171,15	197,19	203,28	214,2
Manejo de aguas residuales domésticas	853,03	880,86	844,34	1101,06	1145,92	1158,06	1140,47	1153,791	1143,99	1175,2
Depósitos internacionales	1069,71	616,55	646,22	413,96	448,69	367,1	339,28	303,5	528,81	432,45
Aéreo	875,18	556,79	583,88	413,96	448,69	367,10	339,28	303,50	528,81	432,45
Marítimo	194,53	59,76	62,34	NE						
Emisiones de CO2 de la biomasa	20393,77	11412,6	9267,51	9925,2	6587,66	5735,11	3192,01	3929,03	4425,78	4896,83
Emisiones de CO2 de la biomasa	20393,77	11412,6	9267,51	9925,2	6587,66	5735,11	3192,01	3929,03	4425,78	4896,83

VI INCERTIDUMBRES

Los estimados de incertidumbre son un elemento esencial de un inventario de emisiones, especialmente para comparar las emisiones determinadas. No obstante, la determinación de incertidumbres en los inventarios de emisiones de gases de invernadero es una tarea compleja, dado que los valores de emisión calculados dependen de un elevado y variado número de parámetros y datos de entrada. En la práctica, no es posible conocer todos estos parámetros y datos con exactitud y por esto a los que se utilizan en los cálculos se les denomina como “las mejores estimaciones disponibles”.

La información sobre incertidumbres, no está destinada a disputar la validez de los estimados del inventario, sino para ayudar a priorizar los esfuerzos para mejorar la seguridad de este en el futuro y guiar las decisiones acerca de las elecciones metodológicas. Aunque, para la mayor parte de los países y categorías de fuentes, los estimados de emisiones de gases de invernadero son razonablemente seguros, no obstante, los reportes del inventario preparados utilizando las Guías del IPCC normalmente contienen un amplio rango de estimados de emisiones con diferente grado de calidad.

Desde el punto de vista estadístico (ISO, 1993), “una incertidumbre es un parámetro asociado con el resultado de mediciones y que caracteriza la dispersión de los valores que puede ser razonablemente atribuida a la cantidad medida (por ejemplo, la varianza de la muestra)”. Desde el punto de vista de los inventarios, puede considerarse “como un término general e impreciso que refleja la ausencia de certidumbre (en los componentes del inventario), como consecuencia de cualquier factor causal tal como fuentes y sumideros no identificados, ausencia de transparencia etc.” (IPCC, 2002). El análisis de incertidumbre de un modelo se destina a proporcionar mediciones cuantitativas de la incertidumbre de los valores de salida provocada por las propias incertidumbres del modelo y sus valores de entrada, así como a examinar la importancia relativa de esos factores. En este caso, un aspecto importante de un análisis de incertidumbres concierne a las vías sobre cómo expresar las incertidumbres asociadas con estimados individuales del inventario total.

Los rangos de incertidumbres deben ser dados como intervalos de confianza del 95%. Para la estimación de percentiles, es necesario conocer una distribución de probabilidad. Los factores de emisión, los datos de actividad y las emisiones son normalmente valores positivos (con la excepción de las remociones en el sector LULUCF). Si las incertidumbres son bastante altas, una distribución normal puede conducir a probabilidades diferentes de cero para valores negativos. Por este motivo, las IPCC-GPG 2000 (IPCC, 2000) propone utilizar distribuciones lognormales para valores con altas incertidumbres (desviaciones

estándar ((DS) > 30%). Para las incertidumbres menores, esas guías proponen utilizar la distribución normal.

El intervalo de confianza del 95%, está limitado por aproximadamente dos veces la DS desde la media (para ser más precisos 1.96 veces la DS). En la práctica, la distribución normal y la distribución lognormal para rangos bajos de incertidumbre pueden considerarse similares. A mayores incertidumbres ya la distribución normal no puede aplicarse.

Las incertidumbres en los inventarios provienen, al menos, de tres procesos diferentes (IPCC, 2000):

- Incertidumbres procedentes de las definiciones (significados no claros o incompletos, o definiciones incompletas sobre una emisión o absorción etc.).
- Incertidumbres procedentes de la variabilidad natural de los procesos que producen una emisión o una captación.
- Incertidumbres resultantes de la evaluación de los procesos, incluyendo, en dependencia del método utilizado: i) incertidumbres de las mediciones; ii) incertidumbres de los muestreos; iii) incertidumbres de datos referenciados que puedan estar descritos de forma incompleta; y iv) incertidumbres de los criterios de expertos.

En este módulo para la determinación de las incertidumbres, se utilizan los métodos recomendados en las IPCC-GPG 2000 (IPCC, 2000) en combinación con los rangos de incertidumbre.

Como puede apreciarse en la evaluación de realizada (tabla 5), la incertidumbre combinada como porcentaje del total nacional en el año en curso es elevada (60%). Por su parte, las incertidumbres introducidas en la tendencia en las emisiones nacionales totales son medias (24%). Las mayores incertidumbres se presentan en las categorías de Agricultura, Silvicultura y Pesca (CH_4 y N_2O), emisiones provenientes de la gestión de los suelos (N_2O), así como de la gestión del estiércol (N_2O), en todos los casos mayor al 70%. Mientras que, en cuanto a la contribución de las incertidumbres a la variación del inventario, sobresale la categoría de Cambios en bosques y otras reservas forestales con mayoría absoluta.

En cuanto a las incertidumbres por tipo de gas, el CO_2 presenta el valor más elevado dentro de los gases con 152%, debido a la importancia de las categorías de Cambios en bosques y otras reservas forestales e Industrias de la energía. En el caso de la categoría de Industrias de la energía se debe al volumen de sus emisiones, pues en general esta categoría posee una baja incertidumbre combinada para los datos de

actividad y los factores de emisión, mientras que en el caso de Cambios en bosques y otras reservas forestales presenta altas incertidumbres ligadas a un elevado volumen de emisiones.

Para el caso de las emisiones de CH₄, las incertidumbres combinadas como porcentaje del total nacional en el año en curso, pueden considerarse moderadas (11%). Los mayores aportes a la incertidumbre combinada proceden de la fermentación entérica y la disposición de desechos sólidos en la tierra debido a que tienen los mayores volúmenes de emisiones.

Con relación al N₂O las incertidumbres combinadas como porcentaje del total nacional en el año pueden considerarse altas (35%). Para este gas, debe hacerse la salvedad de que prácticamente toda la incertidumbre combinada procede de las categorías de suelos gestionados, debido al predominio de sus emisiones.

Tabla 5. Análisis de incertidumbres del INERGEI. Período 1990-2015

Resumen de las variables de entrada de datos y parámetros relacionados del análisis de incertidumbres del inventario											
Categoría	Año de base emisiones (Gg CO ₂ eq)	Año actual emisiones (Gg CO ₂ eq)	Datos de actividad de incertidumbre	Factor de emisión de incertidumbre	Incertidumbre combinada	Contribución a la variación en el año en curso	Tipo A sensibilidad	Tipo B sensibilidad	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por FE	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducidas por DA	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales
1A1 - Industrias de energía (combustible sólido) - CO ₂	12054.19	16405.20	0.05	0.05	0.07	3.23	0.26	0.43	0.02	0.03	0.001
1A1 - Industrias de energía (combustible sólido) - N ₂ O	31.00	34.10	0.02	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A1 - Industrias de energía (combustible sólido) - CH ₄	10.08	12.81	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A2 - Industrias de manufactura y construcción - CO ₂	9191.92	6903.50	0.05	0.05	0.07	0.57	0.05	0.18	0.03	0.01	0.01
1A2 - Industrias de manufactura y construcción - N ₂ O	300.70	86.80	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A2 - Industrias de manufactura y construcción - CH ₄	146.58	36.35	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A3 - Transporte - CO ₂	1967.79	1225.60	0.05	0.03	0.06	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00
1A3 - Transporte - N ₂ O	6.20	3.72	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A3 - Transporte - CH ₄	5.46	1.47	0.05	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A4 - Comercial/Institucional - CO ₂	322.39	366.60	0.05	0.05	0.07	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
1A4 - Comercial/Institucional - N ₂ O	0.00	0.00	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A4 - Comercial/Institucional - CH ₄	1.89	1.47	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A5 - Residencial - CO ₂	2236.01	874.60	0.05	0.05	0.07	0.00	0.01	0.02	0.01	0.002	0.00
1A5 - Residencial - N ₂ O	9.30	3.10	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A5 - Residencial - CH ₄	23.73	11.13	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A6 - Agricultura, Silvicultura y Pesca - CO ₂	1508.63	473.60	0.05	0.05	0.07	0.00	0.01	0.01	0.00	0.001	0.00
1A6 - Agricultura, Silvicultura y Pesca - N ₂ O	3.10	37.20	0.05	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A6 - Agricultura, Silvicultura y Pesca - CH ₄	8.19	120.75	0.05	1.00	1.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A7 - Otros sectores - CO ₂	4379.66	1292.40	0.05	0.05	0.07	0.02	0.03	0.03	0.002	0.002	0.00
1A7 - Otros sectores - N ₂ O	21.70	9.30	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A7 - Otros sectores - CH ₄	63.42	47.04	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1B1 - Emisiones fugitivas de combustibles - CO ₂	37.75	175.90	0.10	0.25	0.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00
1B1 - Emisiones fugitivas de combustibles - CH ₄	406.98	1537.20	0.10	0.25	0.27	0.41	0.03	0.04	0.003	0.006	0.00
2A1 - Industria mineral - Producción de cemento - CO ₂	1531.26	678.40	0.05	0.10	0.11	0.01	0.00	0.02	0.00	0.001	0.00

2A2 - Industria mineral - Producción de cal - CO2	133.58	38.63	0.10	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2A3 - Industria mineral - Producción de vidrio - CO2	17.07	0.00	0.05	0.10	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2A4 - Industria mineral - Producción de carbonato de sodio - CO2	1.21	0.00	0.10	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2A5 - Industria mineral - Uso de carbonato de sodio - CO2	19.80	0.00	0.10	0.50	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2B1 - Industria química - Producción de amoníaco - CO2	261.70	0.00	0.05	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2B2 - Industria química - Producción de ácido nítrico - N2O	1029.20	0.00	0.02	0.10	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2B3 - Industria química - Producción de carburo - CO2	0.01	0.00	0.05	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2C1 - Industria metalúrgica - Producción de hierro y acero - CO2	265.64	235.10	0.05	0.50	0.50	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
3A1 - Fermentación entérica - CH4	3802.47	3777.27	0.10	0.15	0.18	1.11	0.05	0.10	0.012	0.014	0.00
3A2 - Gestión del estiércol - CH4	152.46	167.16	0.10	0.25	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.00
3A2 - Gestión del estiércol - N2O	443.30	465.00	0.50	0.50	0.71	0.26	0.01	0.01	0.00	0.009	0.00
3B1a - Bosques que continúan siendo bosques (Absorciones) - CO2	-12171.95	-21464.12	0.10	0.55	0.56	0.35	0.40	0.57	0.28	0.080	0.05
3B2a - Incendios forestales - CO2	1524.84	907.39	0.10	0.35	0.36	0.26	0.00	0.02	0.001	0.003	0.00
3B2a - Incendios forestales - CH4	6.72	19.11	0.10	0.35	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3B2a - Incendios forestales - N2O	62.00	3.10	0.50	0.50	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3B4 - Tierras sumergidas que continúan siendo Tierras sumergidas - CO2	694.68	697.83	0.25	0.50	0.56	0.37	0.01	0.02	0.00	0.006	0.00
3C1 - Quema de biomasa - CH4	90.93	28.77	0.20	0.50	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3C1 - Quema de biomasa - N2O	21.70	6.20	0.20	0.50	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3C2 - Encalado - CO2	42.50	7.90	0.50	0.10	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3C4 - Emisiones directas de N2O provenientes de suelos gestionados - N2O	2157.60	846.30	0.50	0.50	0.71	0.86	0.01	0.02	0.001	0.016	0.00
3C5 - Emisiones indirectas de N2O provenientes de suelos gestionados - N2O	1736.00	272.80	0.50	0.50	0.71	0.09	0.02	0.01	0.00	0.005	0.00
3C6 - Emisiones indirectas de N2O provenientes de gestión del estiércol - N2O	1088.10	1174.90	0.50	0.50	0.71	1.66	0.02	0.03	0.001	0.022	0.00
3C7 - Cultivos de arroz - CH4	321.93	233.10	0.05	0.50	0.50	0.003	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
4A - Disposición de desechos sólidos - CH4	1049.79	1507.80	0.25	0.25	0.35	0.68	0.02	0.04	0.002	0.014	0.00
4D - Tratamiento y descarga de aguas residuales: Domésticas - N2O	142.60	179.80	0.05	0.50	0.50	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4D - Tratamiento y descarga de aguas residuales: Domésticas - CH4	710.43	995.40	0.05	0.30	0.30	0.22	0.02	0.03	0.001	0.002	0.00
4D - Tratamiento y descarga de aguas residuales: Industriales - CH4	448.98	214.20	0.10	0.30	0.32	0.01	0.00	0.01	0.00	0.001	0.00
	38321.22	21113.43				0.36					0.06
					Porcentaje de incertidumbre en el inventario total	60.24				Tendencia de la incertidumbre	24.49

VII REFERENCIAS

1. Adam Rivas, Josefa Ramoni, Giampaolo Orlandoni (2013) "Evaluación del impacto del crecimiento de la actividad humana en el medio ambiente: Identidad de Kaya aplicada a Venezuela (1990-2006)". Revista Agroalimentaria. Vol. 19, No. 37. Pag. 127-145.
2. Alcántara, V., Padilla, E. y Roca, J. (2007) "Actividad económica y emisiones de CO₂ derivadas del consumo de energía en Cataluña, 1990-2005". Análisis mediante el uso de los balances energéticos desde una perspectiva input output. Barcelona (España): Universidad Autónoma de Barcelona, Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales.
3. Carrillo E., R. Manso, C. Sosa, Y. González, J. Bolufé, D. Boudet, A. León, A. V. Guevara, C. González, S. Pire, M. Amáral, R. Biart I. López, D. Pérez, H. Ricardo, A. Mercadet, A. Álvarez, Y. Rodríguez (2016) Inventario Nacional de Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2012. CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana.
4. Carrillo E. (2016) "Estimación de la eficiencia eléctrica en el sector residencial cubano y su contribución a la mitigación de dióxido de carbono aplicando modelos de frontera estocástica". Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Tutor: Dr. José Somoza Cabrera. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba.
5. Cutié, V., B. Lapinel, N. González, J. Perdigón, C. Fonseca e I. González (2013) Monografía Proyecto 1/OP-15/GEF. La Sequía en Cuba. Un texto de referencia. Instituto de Meteorología. La Habana. Cuba.
6. EEA (2001) EMEP- CORINAIR 2001. Emissions Inventory Guidebook – 3rd edition, Technical Report No. 3. UNECE/EME Task Force on Emissions Inventories and Projections. European Environment Agency, Copenhagen.
7. Duro, J y Padilla E. (2006) "Análisis de los factores determinantes de las desigualdades internacionales en las emisiones de CO₂ per cápita aplicando enfoque distributivo: una metodología de descomposición por factores de Kaya". Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona, Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales.
8. EEA (2007) EMEP – CORINAIR 2007. Emissions Inventory Guidebook – Update of the Third edition, Technical Report No. 16. UNECE/EME Task Force on Emissions Inventories and Projections. European Environment Agency, Copenhagen.
9. EEA (2009) Section Combustion in energy industries en EMEP/EEA Air Pollutant Emission FAO (2016): Base de Datos FAOSTAT. Disponible en: <http://www.fao.org/waicent/portal/statistics/>

10. Inventory Guidebook 2009. Copenhagen, European Environment Agency, 119 pp.
11. Instituto de Meteorología (1990-2014) Boletines de la Vigilancia del Clima. ISSN-1029-2047. Centro del Clima. INSMET. La Habana, Cuba.
12. IPCC-OECD-IEA (1997) 'Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories'. Volumes I, II, III. IPCC – PECD – IEA, Paris.
13. IPCC (2000) 'Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories'. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
14. IPCC (2002) Background Papers. IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Hayama, Japan, 544 pp.
15. IPCC (2003). Penman, J. *et al.*, (Eds). 'Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry' (edited by J. Penman et al). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan, 595 pp.
16. IPCC (2003a) Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (edited by J. Penman et al). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan, 595 pp.
17. IPCC (2003b) Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types (edited by J. Penman et al). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan, 32 pp.
18. IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumes I, II, III, IV, V. IPCC – NGGIP, Japan.
19. ISO (International Organization for Standardization) (1993) Guide to the expression of uncertainty in measurement. ISBN 92-67-10188-9, ISO, Geneva, Switzerland.
20. Kaya, Y. (1989, 1990) Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: Interpretation of proposed scenarios. Ponencia en el Energy and Industry Subgroup, Intergovernmental Panel on Climate Change (Paris, Francia).
21. Lecha, L., Paz, L. y Lapinel, B. (1994). El Clima de Cuba. Editorial Academia, La Habana.
22. ONEI (2015). Anuario Estadístico de Cuba. Disponible en: <http://www.onei.cu/>
23. ONEI (2016). Series Estadísticas 1985-2014. Disponible en: <http://www.onei.cu/>
24. ONEI (2016). Anuario Estadístico de Cuba. Disponible en: <http://www.onei.cu/>
25. Pérez, D., López et al (2015). Emisiones derivadas de la producción de electricidad en Cuba. Informe Científico Técnico. CUBAENERGÍA.

26. PNUD (2014) Informe sobre Desarrollo Humano. Sostener el Progreso Humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia. New York, USA.
27. UNFCCC (2005). Sexta Recopilación y Síntesis de las Comunicaciones Nacionales Iniciales de las Partes no Incluidas en el Anexo I de la Convención. FCCC/SBI/2005/18/Add. 2, 25 de octubre de 2005, 23 pp.
28. Pérez R., C. Fonseca, B. Lapinel, I. González, E. Planos, V. Cutié, M. Ballester, M. Limia y R. Vega (2009) Actualizaciones del conocimiento sobre variaciones, cambios y tendencias del clima en Cuba. Informe científico: Segunda Comunicación de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
29. Reporte de WEDD-IEA, 2014.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2014.html>
30. Somoza J. (2009) "Estimación de la demanda de energía. Cuba en el contexto de América Latina y el Caribe". Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Económicas. Facultad de Economía, Universidad de La Habana. Pag. 149.