

## PANORAMA DE LAS EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN CUBA PARA EL PERÍODO 1990-2010.

Autores: Carrillo E.<sup>1</sup>, R. Manso<sup>1</sup>, C. Sosa<sup>1</sup>, Y. González<sup>1</sup>, A. León<sup>1</sup>, V. Guevara<sup>1</sup>, C. González<sup>1</sup>, D. Boudet<sup>1</sup>, M. Amárala<sup>4</sup>, R. Biart<sup>4</sup>, I. López<sup>2</sup>, D. Pérez<sup>2</sup>, H. Ricardo<sup>2</sup>, A. Mercadet<sup>3</sup>, A. Álvarez<sup>3</sup>, Y. Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Meteorología

<sup>2</sup> Cubaenergía

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

E-mail: ernesto.carrillo@insmet.cu

Los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero son un compromiso común a todas las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Desempeñan un papel clave para el seguimiento de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global, regional y local, además de verificar el éxito o fracaso de las medidas implementadas para la mitigación de las emisiones. En este trabajo, se presentan las emisiones y remociones de GEI en Cuba para el período de años pares 1990-2010. Dichos gases pueden ser directos como el CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O o indirectos como el SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y COVDM<sup>1</sup>. Las metodologías utilizadas son las Guías Revisadas del IPCC de 1996 (*IPCC-OECD-IEA, 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*) y las Directrices del IPCC de 2006. Se trabajó fundamentalmente con dos métodos de estimación, el de nivel 1 y más general, donde se utilizan datos de producción y consumo del país y factores de emisión por defecto de las Guías del IPCC u otras metodologías reconocidas de países con condiciones similares a las nuestras, y el método de nivel 2 y más confiable, ya que utiliza los datos del país, pero, factores de emisión calculados a partir de datos, mediciones e investigaciones realizadas en el país. Se exponen las emisiones de las categorías claves o las que más emiten dentro de los seis módulos que recoge el inventario, como son, Energía, Procesos Industriales, Solventes y uso de otros productos, Agricultura, Cambio de uso de la tierra y Silvicultura y, por último, Desechos. El presente trabajo permitió identificar los sectores y categorías de fuentes que tienen un mayor peso en las emisiones y remociones (o en la incertidumbre de éstas) y que son a las que habrá que dedicar mayor esfuerzo y recursos.

Palabras claves: emisiones, remociones, gases de efecto invernadero, Cuba

---

<sup>1</sup> COVDM: Componentes Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano

## **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, utilizando metodologías comparables.

Además, los compromisos internacionales como el Protocolo de Kyoto requiere la estimación de las emisiones y absorciones como parte de asegurar que las Partes están de acuerdo con los límites de emisión, que tienen un sistema nacional para estimar las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, que presentar un inventario.

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. Por lo que este estudio se propone dar una panorámica de las emisiones y remociones de GEI en Cuba para el período 1990-2010 (Carrillo et al., 2015).

Desde hace 20 años, en Cuba, se le da seguimiento a las emisiones de GEI, y se han realizado hasta la actualidad 11 inventarios, los cuales abarcan el período 1990 hasta 2010, cada dos años. Para la preparación de estos reportes, se utiliza la capacidad creada a partir de la compilación del primer inventario, correspondiente al año 1990 y se basa en la labor de un equipo multidisciplinario (Equipo Técnico de Inventario Nacional de Emisiones y Remociones de GEI) con tres grupos de trabajo, coordinado por el Instituto de Meteorología, perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y donde participan y contribuyen diferentes instituciones y organismos del país.

El primer grupo, fundamentalmente constituido por expertos en contaminación, química atmosférica y clima, del Instituto de Meteorología, asume las actividades metodológicas, los cálculos de emisiones e incertidumbres, las determinaciones de categorías principales, el diseño y aplicación de los sistemas de control y aseguramiento de calidad, la preparación de base de dato, la redacción de los módulos del inventario y la preparación del reporte integrado del mismo.

El segundo grupo, constituido por expertos de la ONEI, asume la tarea de la captación de la mayor parte de los datos de actividad necesarios para la preparación del inventario. Participan en este grupo, expertos en estadísticas de los diferentes sectores que conforman el inventario.

El tercer grupo de trabajo está constituido por expertos de diferentes organismos e instituciones del país, vinculadas a los distintos módulos del inventario y que participan tanto brindando información especializada de sus sectores como asumiendo la estimación de las emisiones en varias categorías.

### **Metodología**

Metodologías comparables deben ser utilizadas al compilar el inventario 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-OECD-IEA, 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). 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 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.

Además de las guías para la preparación de inventarios mencionadas anteriormente, el IPCC en el año 2006 publicó unas nuevas metodologías para este objetivo, las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero (IPCC, 2006) que actualizan las guías previas sobre Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero, incluyen nuevas fuentes y gases y también actualizan los métodos previamente publicados (en los casos en que ha sido mejorado el conocimiento técnico y científico). Estas últimas guías aún no son de uso obligatorio en el marco de la CMNUCC.

En este reporte, se utilizan, fundamentalmente, las IPCC 1996 GL (IPCC-OECD-IEA, 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.

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 último reporte disponible para la metodología EMEP - CORINAIR 2007 (EEA, 2007).

### **Métodos utilizados**

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. Esas 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.

### **Gases abordados**

Sobre la base de diversos criterios se han seleccionado para estos reportes, los gases atmosféricos de mayor relevancia para el clima. Por conveniencia, todos son genéricamente referidos como GEI aunque algunos de ellos no lo son por lo que pueden subdividirse en:

- Gases de Efecto Invernadero Directo: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC<sub>s</sub>), Perfluorocarbonos (PFC<sub>s</sub>) y Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>)
- Gases de Efecto Invernadero Indirecto o Gases Precursores: Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

La importancia de los gases de efecto invernadero indirecto está dada por su papel como precursores de GEI, modificadores de sus concentraciones en la atmósfera o precursores de aerosoles (como es el caso del SO<sub>2</sub>).

Pero, para el caso de este estudio solo se contó con las estimaciones de los GEI directos, en el caso de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

### **Datos de actividad**

Los datos de actividad utilizados, fundamentalmente, son los proporcionados al ETGEI por la ONEI que asume su captación desde diferentes fuentes del país. En algunas categorías de fuentes que requerían de información más especializada, el ETGEI realizó algunas captaciones de datos directamente con las fuentes involucradas.

Con relación a los parámetros de emisión se utilizaron básicamente los proporcionados en las Guías del IPCC en sus diferentes versiones (especialmente en las IPCC-GPG 2000 y las IPCC 2006 GL) y también en la metodología EMEP - CORINAIR 2007 (EEA, 2007), esta última fundamentalmente para los gases precursores. Además en algunas categorías fueron utilizados parámetros de emisión calculados para las condiciones y circunstancias del país.

## **RESULTADOS**

### **Emisiones Brutas**

En las emisiones brutas no se incluyen las emisiones y remociones de GEI derivadas del sector Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura. Con relación a los GEI directos predominan de forma notable las emisiones de CO<sub>2</sub>, seguidas por el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O. Estas emisiones en su totalidad han disminuido en el período, producto de la crisis en la década de los 90, en la cual se vio afectada toda lo concerniente a la actividad de generación de energía e industria. (Figura 1)

Las emisiones brutas de CO<sub>2</sub> eran en el 2010 un 9,95 % menor que en el año base 1990 y las de N<sub>2</sub>O, 61,82 % menor. Por el contrario, las emisiones brutas de CH<sub>4</sub> eran en el 2010, un 6,43 % mayor que en 1990. (Figura 2)

Con relación a los sectores, predominan las emisiones derivadas de la Energía, especialmente con relación al CO<sub>2</sub>, mientras que para el CH<sub>4</sub> los mayores aportes provienen del sector Agricultura, seguido por los sectores Desechos y Energía. La mayor parte de las emisiones de N<sub>2</sub>O ocurren en el sector Agricultura. (Figuras 3, 4 y 5)

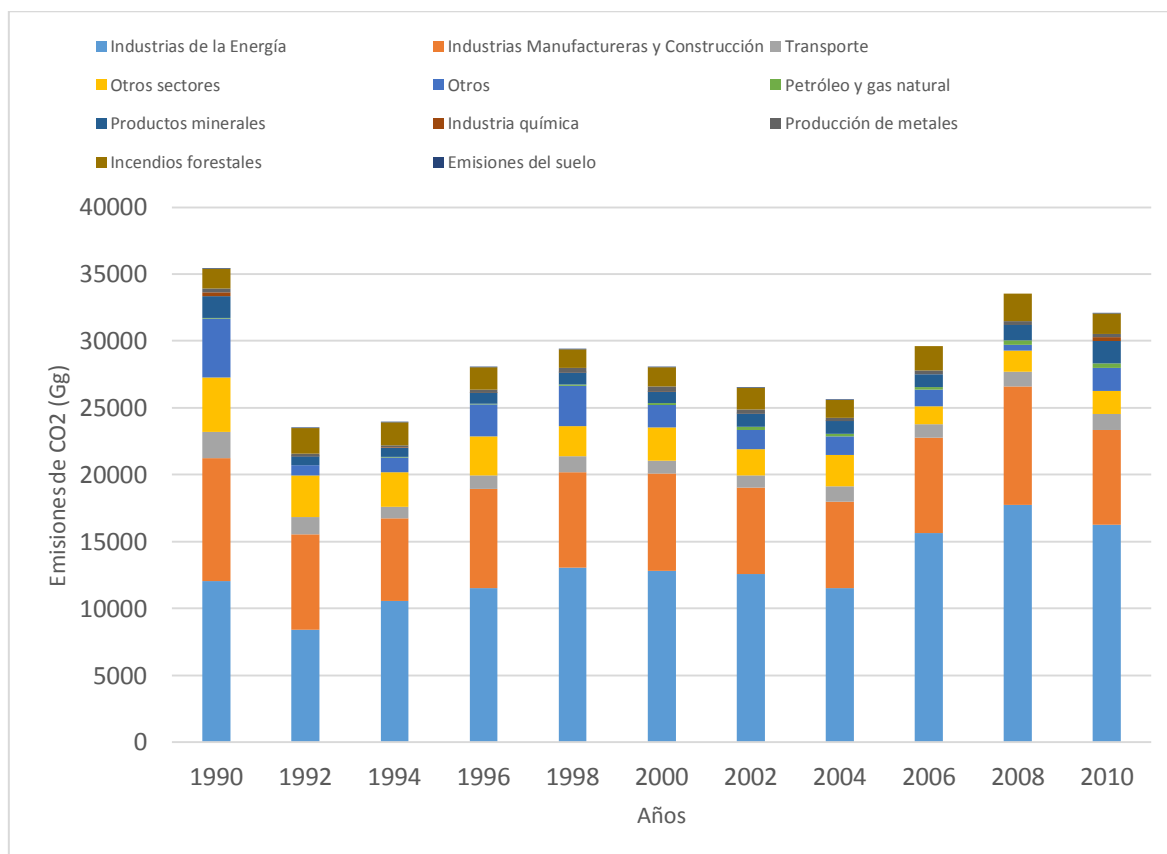


Figura 2. Comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por categorías de fuentes (Gg). Cuba, período 1990 – 2010.

Para el CO<sub>2</sub> (Figura 2) puede apreciarse el peso que tienen, en las emisiones, las industrias de la energía y la quema de combustibles para energía en las industrias manufactureras y la construcción.

En el caso del CH<sub>4</sub> (Figura 3), que es único de los GEI directo en el país que presenta una tendencia al incremento de sus emisiones, éstas son dominadas por las derivadas de la fermentación entérica en el ganado doméstico, aunque vienen incrementando su importancia las emisiones fugitivas de este gas derivadas de las actividades del petróleo y gas natural, producto de la importancia que tiene en la actualidad la explotación del gas acompañante del petróleo. También resultan de interés las emisiones derivadas de los vertederos de desechos sólidos y el tratamiento de las aguas residuales.

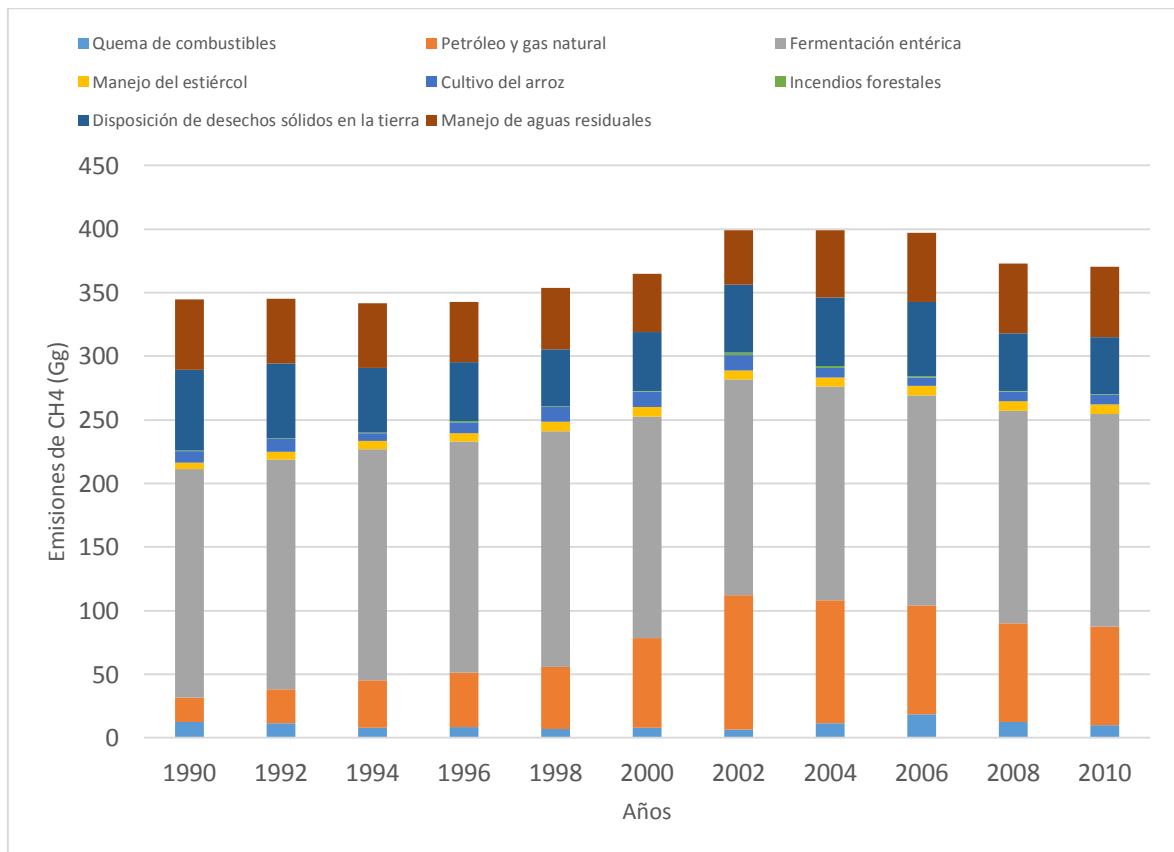


Figura 3. Comportamiento de las emisiones de CH<sub>4</sub> por categorías de fuentes (Gg). Cuba, período 1990 – 2010.

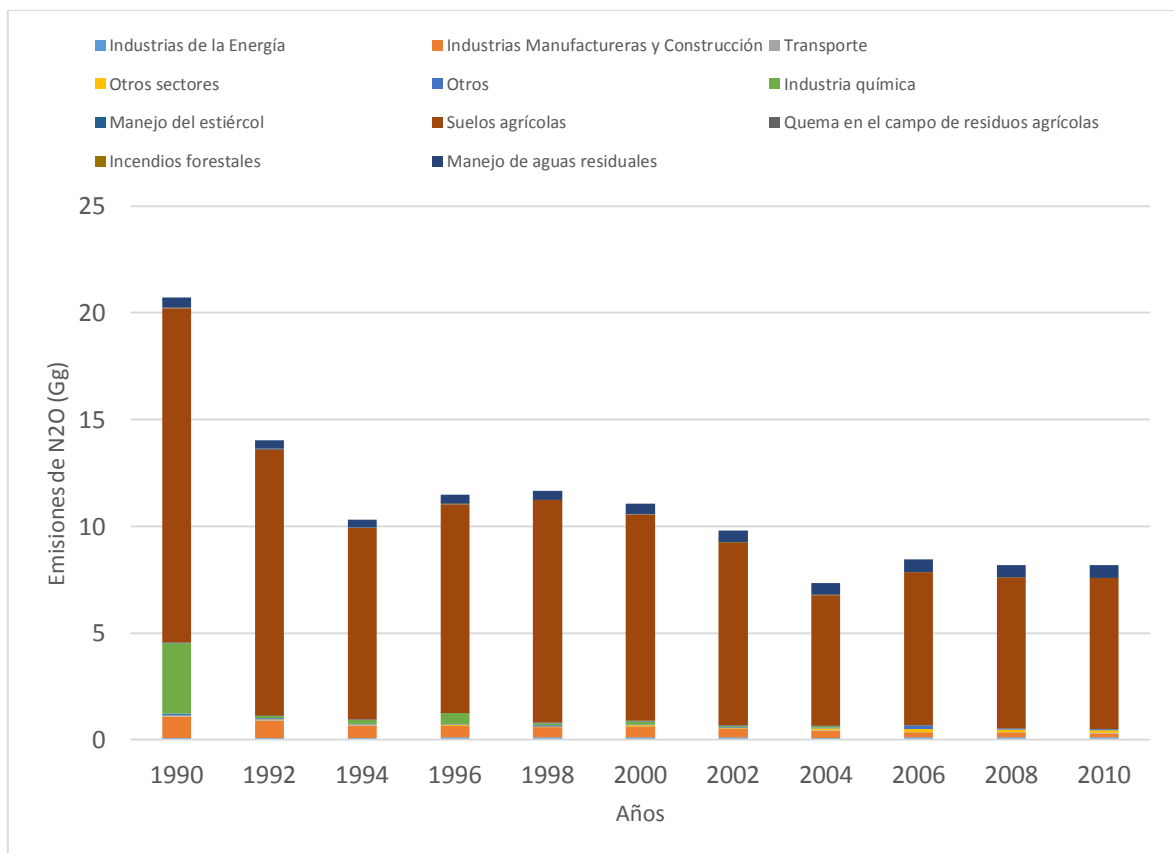


Figura 4. Comportamiento de las emisiones de N<sub>2</sub>O por categorías de fuentes (Gg). Cuba, período 1990 – 2010.

Con relación al N<sub>2</sub> O (Figura 4), las emisiones de este GEI son dominadas casi totalmente por las emisiones derivadas de los suelos agrícolas, básicamente por la utilización de fertilizantes sintéticos del nitrógeno, el cual ha visto como desde comienzos de la década del 90, ha mantenido una tendencia al menor uso de fertilizantes en la agricultura, producto de la crisis económica atravesada por el país, y últimamente, este fertilizante ha ido sustituyéndose, por productos orgánicos, más amigables con el medio ambiente. Otra categorías de fuentes, entre estas el transporte aportan emisiones menores.

### Emisiones Netas

A diferencia de las emisiones brutas, en la determinación de las emisiones netas, se incluyen las emisiones y remociones de GEI del sector Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura. En Cuba, las remociones de CO<sub>2</sub> por el crecimiento de la biomasa en los bosques superan, de forma notable, a las emisiones que se producen en estos por las extracciones de madera y otras causas. El efecto de estas remociones netas en ese sector, trae como consecuencia que en las emisiones netas de CO<sub>2</sub> aparezcan importantes reducciones al compararlas con las emisiones brutas presentadas en la Figura 1.

Las emisiones netas agregadas en equivalentes de CO<sub>2</sub>, tuvieron una importante disminución en el período como consecuencia tanto del incremento en las remociones de este GEI en el sector Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, como de las disminuciones en las emisiones brutas de GEI en otros sectores. En el año 2010 las emisiones netas agregadas en equivalentes de CO<sub>2</sub> eran 64,27% menor que en el año base 1990 (Figura 5).

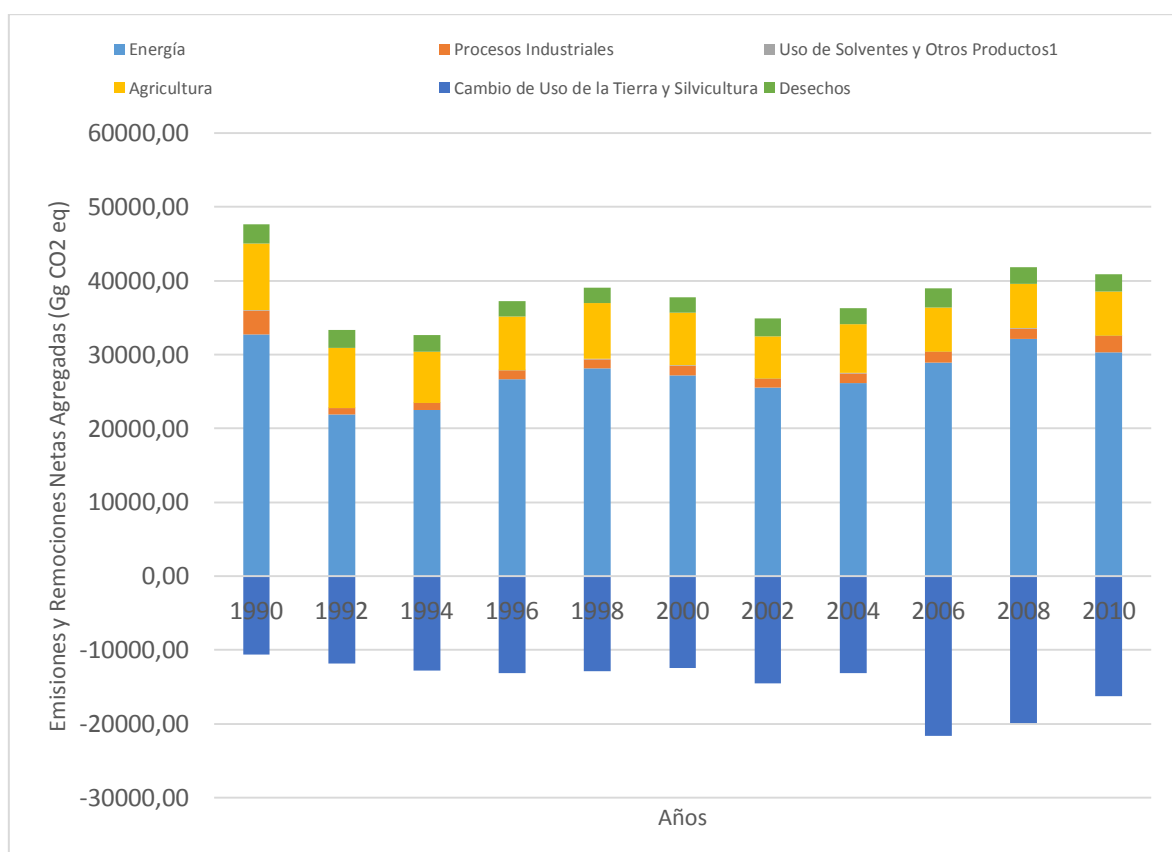


Figura 5. Emisiones y remociones netas agregadas anuales de GEI en Gg CO<sub>2</sub> eq. Cuba, años pares del período 1990 – 2010.

En la Figura 6, aparece la comparación entre las emisiones agregadas brutas y netas. Dado el peso que tienen las remociones de CO<sub>2</sub> por los bosques en Cuba y la ausencia del proceso de deforestación, hacen que cuando al análisis se incorporan las emisiones y remociones del sector

Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, las emisiones netas del país se reducen notablemente en comparación con las emisiones brutas.

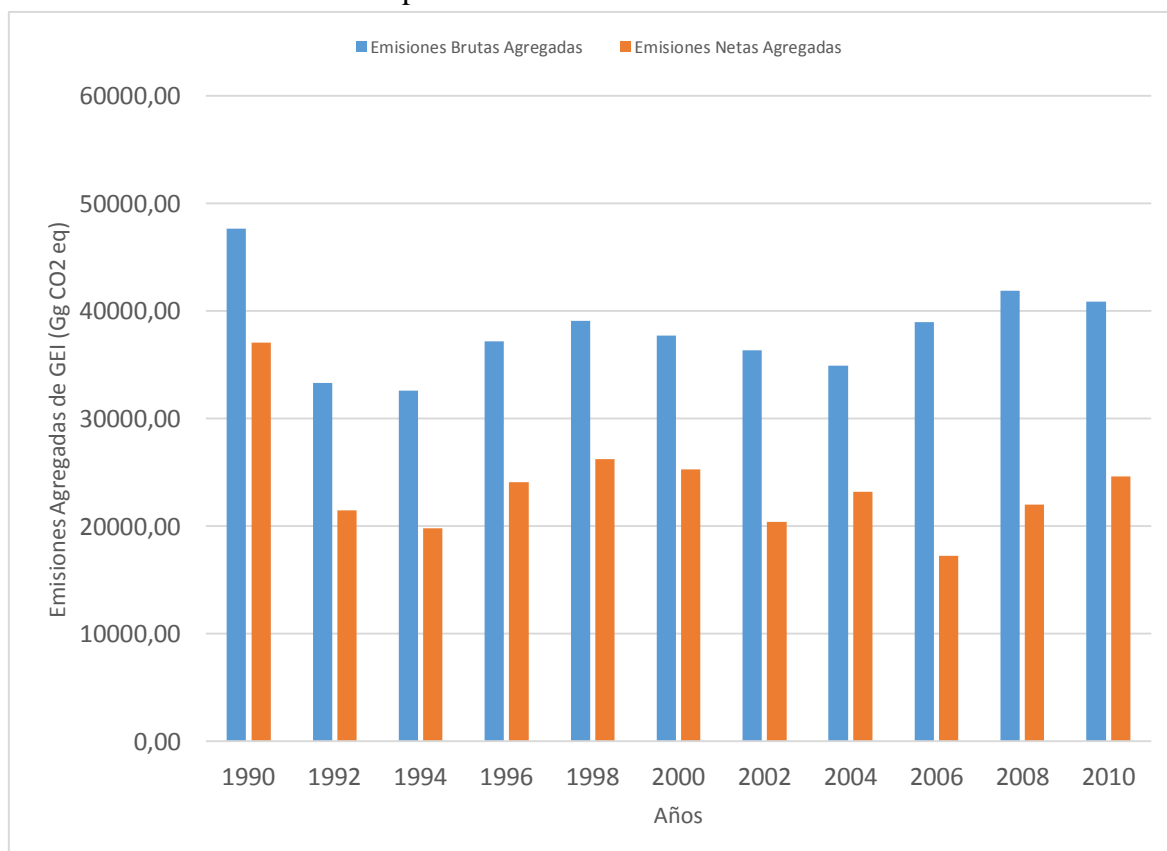


Figura 6. Comparación entre las emisiones brutas y netas agregadas (Gg CO<sub>2</sub> eq). Cuba, años pares del período 1990 – 2010.

### Emisiones per cápitas

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de las emisiones per cápitas anuales de CO<sub>2</sub> y GEI para los años evaluados en este reporte. Se utilizan para este cálculo, las emisiones brutas de CO<sub>2</sub> (en Gg de CO<sub>2</sub>) y las emisiones brutas agregadas de GEI (en Gg CO<sub>2</sub> eq) que son los índices que se utilizan, internacionalmente, con mayor frecuencia para este objetivo. Los datos de población utilizados para el cálculo corresponden a la serie oficial de población, para el período, proporcionada por la ONEI.



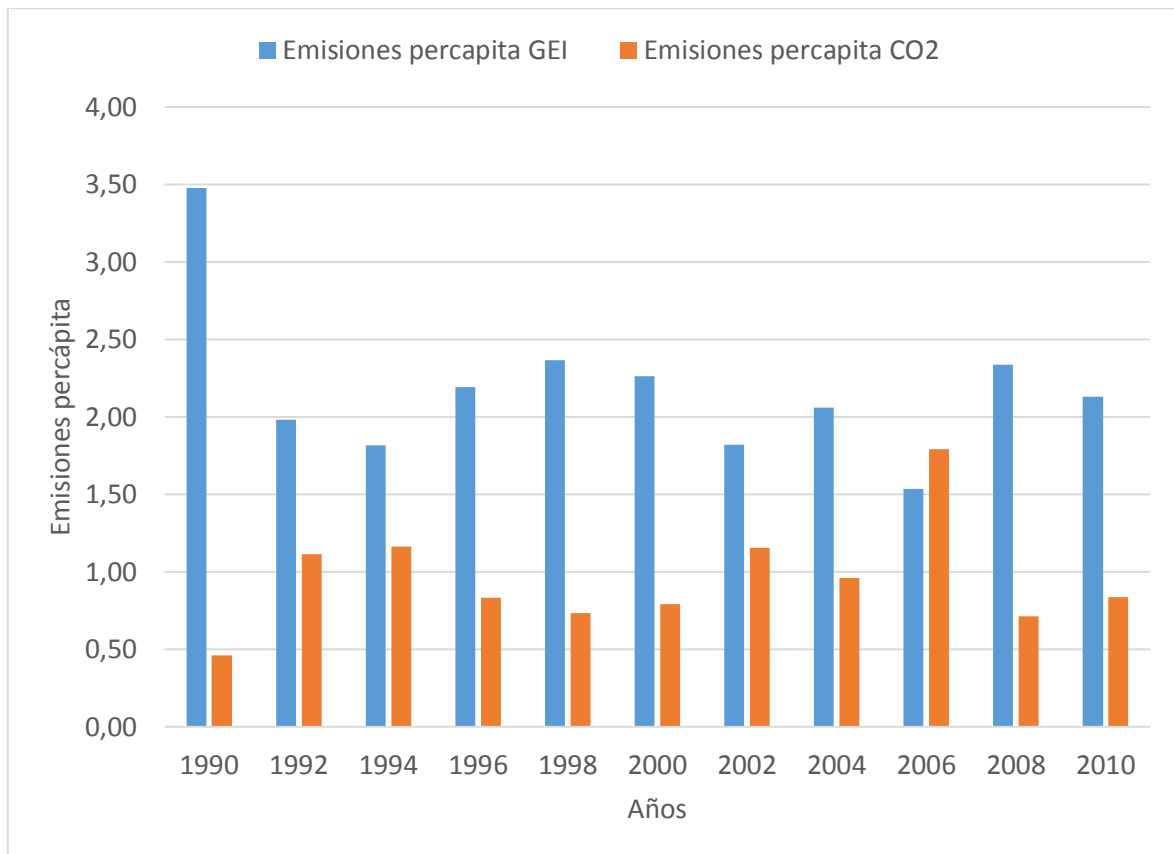


Figura 7. Emisiones per cápitas anuales de CO<sub>2</sub> (t CO<sub>2</sub>/persona), y GEI (t CO<sub>2</sub> – eq/persona). Cuba, años pares del período 1990 – 2010.

## **CONCLUSIONES**

La mayor parte de las emisiones de GEI en Cuba, se deben al uso de los combustibles fósiles en la generación de energía, tanto para la generación de electricidad, uso de transporte como las industrias. Siendo el sector de la Energía el responsable del 75% de las emisiones totales para el año 2010, siguiéndole el sector Agricultura con el 15%, Desechos 5% y Procesos Industriales y Uso de Solventes con menor peso dentro de las emisiones totales en equivalente de CO<sub>2</sub>.

En cuanto a los distintos gases abarcados en este estudio, el CO<sub>2</sub> es el que sobresale con 74%, siguiéndole en importancia el CH<sub>4</sub> con 20% dejando el resto al N<sub>2</sub>O. Dejando en clara evidencia que los mayores emisores son las actividades.

Los Inventarios de GEI son la base fundamental para las tareas de mitigación a llevar a cabo, pues en ellos se pueden observar los sectores fundamentales, a los cuales se les debe prestar mayor atención, sirviendo de referencia a la hora de constatar las cantidades a mitigar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CMNUCC, 2003: Decisión 17/CP.8. Directrices para la Preparación de las Comunicaciones Nacionales de las Partes no Incluidas en el Anexo I de la Convención. FCCC/CP/2002/7/Add.2, 28 de enero de 2003, 42 pp.

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.

IPCC (1996): Climate Change 1995: The Science of Climate Change (eds.) Houghton J. T., Meira Filho L. G., Callander B. A., Harris M., Kattenburg A. and Maskell K. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572 pp.

IPCC-OECD-IEA (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumes I, II, III.

IPCC (2000): Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.

IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumes I, II, III, IV, V. IPCC – NGGIP, Japan.

IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

López, C., P. V. Fernández, R. W. Manso, A. Valdés, A. León, A. V. Guevara, C. González, M. E. García, G. Legañoa, T. M. González, J. Dávalos, R. Biart, I. López, D. Pérez, H. Ricardo, S. F. Pire, J. M. Ameneiros, A. Mercadet, A. Álvarez (2009). Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2002, CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana, 338 pp.

López, C., A. Valdés, P. V. Fernández, R. W. Manso, A. León, A. V. Guevara, C. González, M. E. García, G. Legañoa, T. M. González, J. Dávalos, M. Amáralas, R. Biart, I. López, D. Pérez, S. F. Pire, J. M. Ameneiros, A. Mercadet, A. Álvarez (2012) Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero en Cuba. Reporte para el Año 2004 y Actualización para el Período 1990 – 2002, CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana.

Valdés A., R. Manso, R. Manrique, E. Carrillo, C. Sosa, A. León, A. V. Guevara, C. González, D. Boudet, M. Amáralas, R. Biart, I. López, D. Pérez, S. F. Pire, L. Cuesta, A. Mercadet, A. Álvarez (2013). Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2006, CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana.

Valdés A., R. Manso, R. Manrique, E. Carrillo, C. Sosa, A. León, A. V. Guevara, C. González, D. Boudet, M. Amáralas, R. Biart, I. López, D. Pérez, S. F. Pire, L. Cuesta, A. Mercadet, A. Álvarez (2014). Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2008, CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana.