

PROYECCION DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI), COLOMBIA 1998-2010

por

Fabio González B.* & Humberto Rodríguez M.**

Resumen

González B. F. & H. Rodríguez M.: Proyección de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), Colombia 1998-2010. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(89):497-505, 1999. ISSN 0370-3908.

El escenario base de las emisiones 1998-2010 fue generado a partir de las proyecciones de demanda de energía y del comportamiento del sector no-energía para el periodo. Los gases considerados fueron los mismos que se tomaron para el inventario de GEI de referencia de 1990. Una de las conclusiones más importantes es que las emisiones del sector energía que significaron el 31% de las emisiones totales en 1990, para el año 2010 representarán el 72%, mientras que las emisiones del sector no-energía decrecerán de 69% a 28% en el mismo periodo. El total de las emisiones crecerá en el periodo 1990-2010 un 4%, pasando de 167 Mton en 1990 a 174 Mton en el 2010.

Palabras clave: Emisiones Gases de efecto invernadero, Colombia, Proyección, Inventario.

Abstract

The Greenhouse Gas Emissions baseline scenario 1998-2010 was developed from the energy and no-energy sector projections. This study considered the same greenhouse gases as the 1990 inventory. One of the major findings is the increase in the participation share of the energy sector from 31% in 1990 up to 72% in 2010, while the non-energy sector decrease its share from 69% to 28% in the same period. The total emissions increase from 167 Mt/year in 1990 to 174 Mt/year in 2010, an increase of only 4%.

Key words: Greenhouse gas emissions, Colombia, Projections, Inventory

* Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., email: fgonzal@ciencias.ciencias.unal.edu.co

** Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., email: hrodrig@colciencias.gov.co

Introducción

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, en inglés: UNFCCC) suscrita por 155 países en Río de Janeiro, Brasil, en 1992, tiene como objetivo la “estabilización de las concentraciones de los Gases de Efecto de Invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel tal que se puedan evitar interferencias antropogénicas peligrosas para el sistema climático” (Artículo 2). Las directrices para alcanzar esta meta incluyen que todos los países que suscribieron el convenio “deberían proteger el sistema climático para el beneficio de las generaciones presentes y futuras de la humanidad sobre la base de la equidad y de acuerdo con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas, y su respectiva capacidad”, y que “las Partes deberían tomar medidas preventivas para anticipar, prevenir o minimizar las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos” (Art. 3).

Colombia adoptó la CMNUCC el 09 de Mayo de 1992 y el Congreso Nacional la aprobó por Ley 164 de 1995. La Corte Suprema de Justicia la consideró exequible y fue ratificada el 22 de Marzo 1995. Entró en vigencia para el país el 20 de Junio de 1995. Como país no perteneciente al Anexo I tiene los compromisos generales establecidos para todos las naciones que suscribieron las CMNUCC:

- Desarrollar, actualizar periódicamente, publicar y ofrecer a la conferencia de las Partes los Inventarios Nacionales de Emisiones antropogénicas de todos los GEI no controlados por el protocolo de Montreal.
- Emplear la metodología IPCC para su elaboración.
- Formular, implantar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático mediante el tratamiento de las emisiones antropogénicas.

Dentro de este contexto, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN), con el apoyo de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) y el aval del Ministerio de Medio Ambiente, realizó durante 1995 y 1996 el *Inventario de Gases de Efecto Invernadero - Colombia 1990*¹. Como continuación de este estudio, la ACCEFYN (nuevamente con el apoyo de la GTZ) realizó durante 1998 este estudio: *Opciones para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Colombia 1998-2010*. Este estudio se realizó siguiendo las guías metodológicas desarrolladas por la UNEP^{2 3} y el US Country Studies Programm⁴. El

propósito de adoptar metodologías internacionalmente aceptadas es facilitar la comparación de los resultados entre países.

Este artículo presenta los resultados de las proyecciones de emisiones de GEI para Colombia en el Caso Base y para el periodo 1998-2010.

Caso base 1998-2010

Los sectores que afectan las emisiones de GEI son los de energía y no-energía. El caso base describe la evolución esperada de estos sectores para el periodo en consideración, a partir de unas expectativas dadas de desarrollo del país.

Para el caso base del sector energía tomamos en cuenta las cifras y los análisis realizados por la Unidad de Planeamiento Minero Energético (UPME) que es la entidad del Ministerio de Minas y Energía encargada de generar los planes, programas y políticas energéticas, recopilar información histórica y hacer las proyecciones de demanda de energía para el corto, mediano y largo plazo. Mediante la utilización complementaria de modelos econométricos y analíticos, la UPME estimó la demanda a nivel de energía final, teniendo en cuenta las posibles sustituciones que pueden producirse en los sectores residencial, industrial y del transporte, ante la diversificación esperada de la canasta de energéticos en Colombia^{5 6 7}.

Para estimar las proyecciones de requerimientos de los energéticos del sistema nacional, la UPME empleó el modelo analítico ENPEP⁸, que es realimentado con las proyecciones econométricas. El modelo usa una aproximación no lineal de equilibrio general para determinar el balance de oferta y demanda de energía y toma en cuenta los procesos, programas o acciones encaminados a la sustitución y uso eficiente de energía y al uso de equipos eficientes.

Mediante la utilización complementaria de estos dos tipos de modelos es posible utilizar los datos históricos de la evolución de la demanda para determinar su tendencia histórica y modificarla a través, de la incorporación de los efectos esperados al aplicar diferentes acciones, tales como el diseño de programas de uso racional de energía, la sustitución de energéticos (por ejemplo, gas natural por electricidad para cocción), ó cambios tecnológicos en equipos, entre otros, lo cual hace que esta metodología esté muy acorde con los objetivos específicos del estudio de mitigación desarrollado a través del presente documento. Esta metodología permitió obtener

la demanda a nivel de energía final sin desagregar completamente subsectores económicos ni usos energéticos.

De las diferentes combinaciones de escenarios discutidas por la UPME (tarifarios, sustitución de combustibles etc.), la UPME tomó como escenario base lo que correspondería a un escenario de "no hacer nada en materia ambiental", es decir, la trayectoria energética del país si se mantienen las políticas actuales y las tendencias de demanda de energía. Este está construido bajo los siguientes supuestos:

- El escenario macroeconómico parte de la base del escenario oficial del Departamento Nacional de Planeación 1997-2000. A partir del año 2001, la tasa de crecimiento media del PIB se supone como de 4.5% anual, valor cercano al crecimiento medio histórico de largo plazo en el país (ver tabla 1):

Tabla 1. Tasa de crecimiento del PIB utilizado para los escenarios de proyección de la demanda de energía

1997	1998	1999	2000	2001-2010	Promedio
3.6%	3.8%	5.11%	4.7%	4.5%	4.44%

Fuente: Plan Energético Nacional 1997 - 2010, UPME, 1997

- El incremento tarifario en el Sector Residencial se rige por la Ley 287, según la cual la tarifa para el sector residencial alcanza el 86.4% del costo de referencia en el año 2000, y a partir de allí se mantiene constante en términos reales. Los precios del gas están ligados con los topes en boca de pozo establecidos por la resolución de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), y los costos de transporte y distribución del gas. Los incrementos reales de las tarifas en el sector residencial son los indicados en la tabla 2:

Tabla 2. Incremento tarifario utilizado en los escenarios para proyección de la demanda de energía

1997	1998	1999	2000	2001	2002-2010
1.9%	0.0%	12.3%	11.2%	5.3%	0.0%

Fuente: Plan Energético Nacional 1997 - 2010, UPME, 1997

- En el sector residencial urbano se supone que el costo del crédito es el IPC (inflación anual) más 4 puntos, y los tiempos de financiación son, para el primer escenario, de 5 años.

- En el alumbrado público, se dejan las proyecciones económicas para esta demanda.

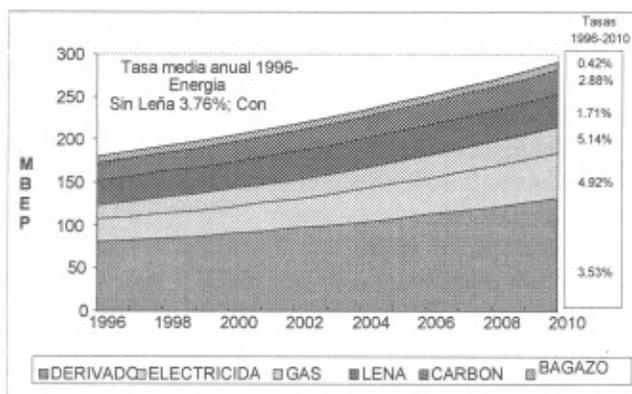
- No se considera incremento alguno en la capacidad de refinación.

- La estrategia de expansión del sector eléctrico escogida para el caso base es la LP-1⁹. En el corto plazo (1997-2000), se prevé la instalación de 1783 MW a gas, 150 MW a carbón y 732 MW hidráulicos. En el largo plazo (2001-2010) se instalarían adicionalmente 3607 MW a gas, 450 MW a carbón y 2531 MW hidráulicos.

Por lo tanto este es el escenario más realista y más probable, ya que la planeación en este sector se ha venido cumpliendo de manera estricta en los últimos años. Estos planes de desarrollo se están revisando y actualizando permanentemente. El crecimiento de la demanda esperado para los próximos años, hasta el 2010, se ilustra en la figura 1.

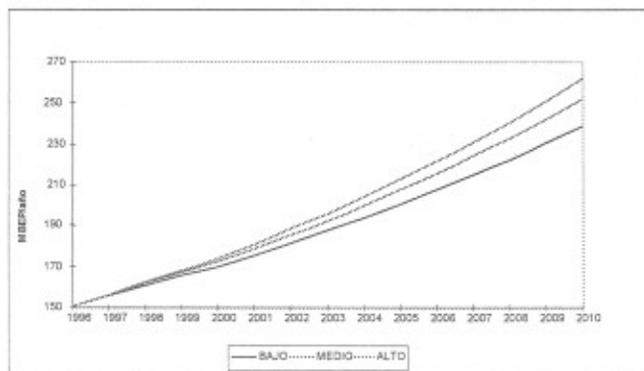
En el año 2010, el país estará consumiendo (sin considerar la leña) 252.6 MBEP, cerca de 100 millones más que en la actualidad. Cuando se suma la leña, el consumo parte de 180 MBEP y se incrementa hasta 290 MBEP. En la figura 2 se presenta la banda de proyección de demanda de energía final (sin leña) para el caso base ante cambios de escenarios del PIB. Para todo el período de estudio (1996-2010) se prevé un crecimiento máximo del 4.03% anual y uno mínimo del 3.35%.

En 1996, la UPME publicó una actualización del "Plan de Expansión de Generación - Transmisión" ³. Este plan presentó, a los distintos agentes, cuatro estrategias de desarrollo del sector eléctrico, diseñadas para el corto, mediano y largo plazo.



Fuente: Plan Energético Nacional 1997 - 2010, UPME, 1997

Figura 1 Demanda de energía final (MBEP)



Fuente: Plan Energético Nacional 1997 - 2010, UPME, 1997

Figura 2. Franja de Proyección de la demanda de Energía Final (MBEP/año)

El corto plazo se considera el periodo entre 1996 y el año 2000. En este periodo la UPME incluye únicamente los proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica que ya están definidos. Varios de estos proyectos se encontraban, para la fecha de publicación del Plan de Expansión Eléctrico, bajo diseño y algunos otros inclusive en construcción, por lo cual el corto plazo es igual para las cuatro estrategias.

Para el largo plazo (2001-2010) se toman en consideración distintas combinaciones de plantas a gas, carbón e hidroeléctricas. La UPME propuso cuatro estrategias distintas, identificadas con las siglas LP-1, LP-2, LP-3 y LP-4. La estrategia LP-4 es la que presenta la mayor componente térmica a carbón y es por lo tanto la que se considera para los diferentes análisis de reducción de emisiones realizados en este estudio, por ser el escenario con mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero.

El sector no-energía considerado en este estudio contempla los subsectores forestal y agropecuario. Los principales supuestos para el desarrollo del sector forestal son una tasa de deforestación de 200.000 ha por año, que se mantendrá hasta el año 2010. Durante 1995, el área aprovechada en los bosques naturales fue de aproximadamente 35.000 hectáreas, con un volumen estimado en 1'969.216 m³ de madera en bruto, de los cuales 1'386.772 m³ fueron registrados legalmente y alrededor de 582.444 m³ evadió el control estatal¹⁰. Se considera que esta tendencia de consumo nacional se mantendrá durante los próximos 10 años con una tasa de crecimiento anual del 4%.

El área reforestada acumulada hasta 1995 era de 270.000 hectáreas⁶. La reforestación con fines comerciales para los próximos 10 años se estima en 332.000 ha¹¹,

la cual será realizada en su totalidad por el sector privado. También se tiene previsto el establecimiento de 231.000 ha en reforestación de carácter protector, que serán plantadas por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible con el apoyo del Ministerio del Medio Ambiente, a través de los créditos BID y BIRF.

De otra parte se tiene previsto que la agroforestería (sistemas agroforestales y silvopastoriles) abarquen un área de 195.000 ha. Una gran parte de esta actividad se realizará en la zona cafetera donde se estima que 300.000 ha de café serán reconvertidas a otros usos, de las cuales alrededor de 175.000 ha se convertirán en sistemas agroforestales.

En cuanto se refiere al sector agropecuario se han hecho las siguientes suposiciones: Para el sector agrícola y en particular para los cultivos considerados en el inventario de GEI, tales como, arroz, maíz, caña de azúcar, palma africana, algodón, etc., se estima muy poca reactivación de las actividades productivas tanto en un lapso de tiempo corto (1996-2002), como a mediano plazo (2002-2008). Por ejemplo se supone que el área total cultivada en arroz no sufrirá cambios notorios, sino que presentará fluctuaciones - de máximo un 5% del total cultivado- alrededor de 400 mil hectáreas, y posiblemente ligeros cambios en la composición de la distribución de arroz continuamente inundado e intermitentemente inundado que podría variar de un 65-35%, (inventario GEI, 1990), a un valor cercano a 60-40%¹.

Para el sector pecuario se hicieron las siguientes consideraciones: el hato ganadero crecerá a un ritmo entre 2 y 2,5% anual. El sector avícola crecerá a un ritmo constante del 2,5% anual. El sector pecuario mantendrá la tasa de crecimiento observada en el periodo anterior (2,5% anual). Los demás animales considerados en el inventario se calcula crecerán a un ritmo que varía entre el 1 y el 2% anual.

La quema de residuos agrícolas en el campo se sigue considerando como una práctica poco frecuente en el país y, por lo tanto, es tomada como una fuente despreciable en la contabilidad de emisiones GEI. La quema de sabanas, como práctica tradicional que es, se estima que seguirá contribuyendo a la emisión de GEI prácticamente de la misma forma, puesto que la extensión de sabanas del país sometidas a este tipo de acción seguirá siendo la misma cantidad considerada en el inventario de GEI que toma como año base 1990. Esto significa que para la quema de sabanas no se considerará ninguna tasa de crecimiento.

Emisiones del caso base

Para calcular las emisiones del caso base se consideraron por separado las del sector energía y las del sector no-energía.

Emisiones del sector energía

Para el sector energía se parte de las proyecciones generadas por el modelo ENPEP y empleando el módulo IMPACTS se calculan las emisiones con los factores de emisión de acuerdo al tipo de tecnología. Estos factores fueron tomados de la metodología del IPCC¹² y de las normas AP-42¹³. Para el sector no-energía, las emisiones de CO₂ y CH₄ se han estimado con base en las suposiciones descritas y haciendo uso de la metodología del inventario.

CO₂: La Figura 3 muestran las emisiones totales de CO₂ para los diferentes sectores de la economía. Las emisiones totales fueron de 66.4 Mton en 1996. Existe una tendencia creciente en las emisiones y se espera que para el año 2010 estas superen los 120 Mton, es decir, para finales de la próxima década se tendrán el doble de las emisiones de CO₂ de las que se tuvieron en el año de 1990.

El mayor crecimiento en las emisiones se debe esperar en el sector eléctrico. Para 1996 este sector fue responsable del 8% de las emisiones de CO₂ totales, pero para el 2002 dicho porcentaje aumentará al 14% y para el 2008 alcanzará el 22%.

Aunque las emisiones de los sectores transporte e industrial aumentarán, se espera que su participación porcentual en las emisiones totales se reduzca debido al gran aumento del sector eléctrico. La participación de estos dos sectores fue del 32% y del 34% respectivamente durante 1996, pero para el 2008 estos descenderán hasta el 31 y el 25%, respectivamente. Es importante resaltar que la participación en las emisiones totales del sector industrial se reduce del 34 al 25% debido principalmente a la penetración del gas natural en este sector. El porcentaje de participación del sector residencial + comercial no varía mucho durante el periodo de estudio.

CH₄: Las emisiones de metano del sector energía tienen su origen en las emisiones fugitivas de este gas en la minería del carbón, la explotación del petróleo y el manejo del gas natural, y en los procesos de combustión que se dan en los diferentes sectores de la economía (denominados resto energía). La Figura 4 muestra la evolución esperada de estas emisiones dentro del caso base.

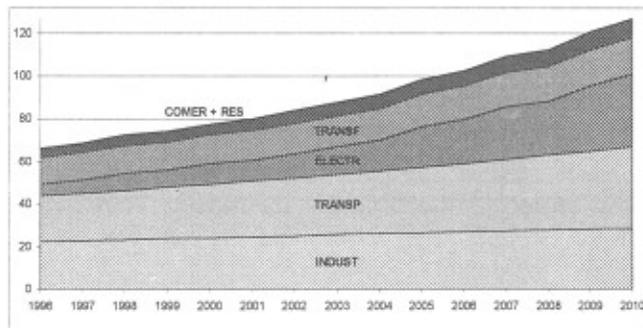


Figura 3. Emisiones de CO₂ por Sectores Económicos (Millones de toneladas anuales)

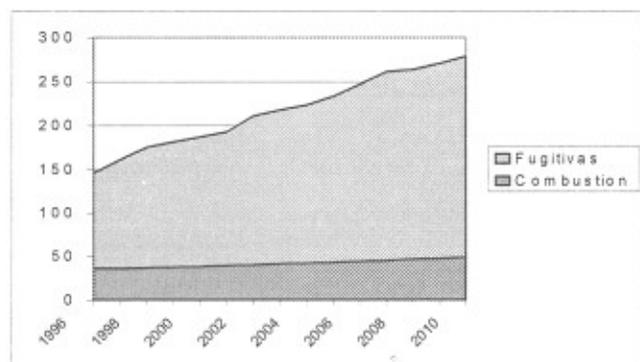


Figura 4. Emisiones de CH₄ del Sector Energía (Miles de toneladas anuales)

Como puede observarse en la figura 4, de las emisiones totales del año 1996, 146 kton, el 75% corresponden a las emisiones fugitivas mientras que en el año 2010 estas representarán el 82% de las mismas, debido al incremento en la minería del carbón y la explotación petrolera.

De las emisiones por combustión (resto energía), la mayor contribución es del sector residencial + comercial debido a las emisiones de metano provenientes del consumo de la leña. Sin embargo su participación tiende a disminuir, pues, pasarán del 67% del total por combustión en 1996 a 59% en el 2010.

NM VOC: Las emisiones de los sectores comercial, industrial y eléctrico son despreciables en comparación con las de los sectores residencial y de transporte, tal como se puede apreciar en la figura 5. Al igual que en los casos anteriores se presenta un aumento sostenido de las emisiones de estos dos sectores. Con respecto a la participación porcentual de estos dos sectores en las emisiones totales, el sector residencial/comercial disminuye del 43%

del total emitido en 1996 hasta el 38% en el 2008. Por otro lado, el porcentaje de participación del sector transporte aumenta del 57% en 1996 hasta el 62% en el 2008.

NOx: Los principales sectores emisores de NOx, en Colombia, son el transporte, con 136.443 toneladas en 1996, el industrial con 48.849 toneladas y el eléctrico con 20.736 durante el mismo año. De nuevo el sector eléctrico presentará el mayor crecimiento pues se espera que a finales de la próxima década las emisiones lleguen a 138.515 toneladas, casi siete veces las que se presentaron durante 1996. Las emisiones de NOx provenientes de los sectores urbano y comercial son despreciables en comparación con las de los demás sectores. Durante 1996 las emisiones de NOx fueron de alrededor de 250 kton para los siete sectores. Se espera que estas aumenten hasta niveles cercanos a las 500 kton en el 2010.

CO: Las emisiones de CO provienen principalmente de los sectores transporte y rural. Las cantidades espera-

das en los demás sectores son bastantes bajas en comparación con estos dos. En 1996 se emitieron un poco más de 2.9 Mton de CO, figura 7 y se espera que éstas aumenten hasta niveles cercanos a 4 Mton para el 2010. De nuevo los principales emisores de este gas serán los sectores transporte y residencial rural. Las emisiones del sector transporte pasan de 1.8 Mton en 1996 a 2.8 Mton en el 2010. Las del sector rural aumentan de 1.1 Mton hasta 1.4 Mton durante todo el periodo en cuestión.

Con respecto a la participación porcentual de estos dos sectores en el total, en 1996 el sector rural era responsable del 39% de las emisiones totales mientras el sector transporte lo era del 59%. La participación del sector rural disminuye hasta el 34% en el 2008 mientras que la del sector transporte aumenta hasta el 64%. Los sectores industrial y transformación contribuyen únicamente con el 2% del total emitido anualmente durante todo el período.

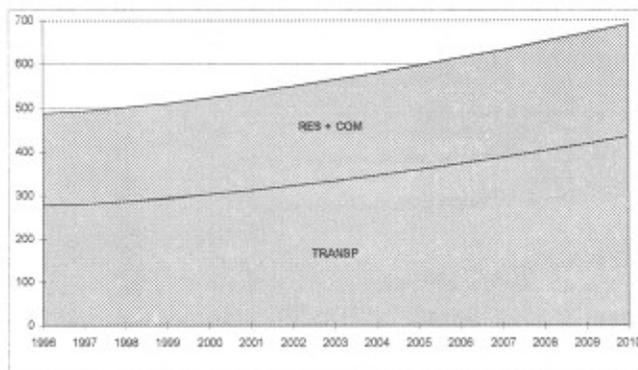


Figura 5. Emisiones de NMVOC por Sectores Económicos (Miles de toneladas anuales)

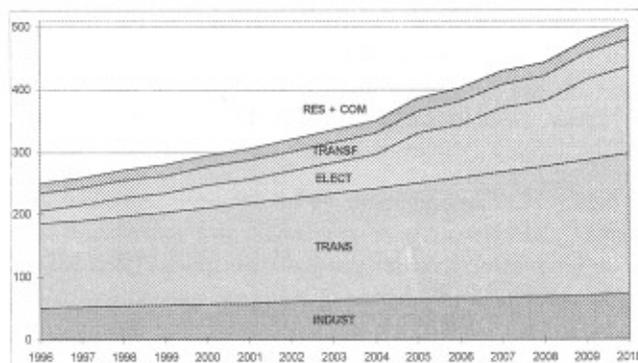


Figura 6. Emisiones de NOx por Sectores Económicos (Miles de toneladas anuales)

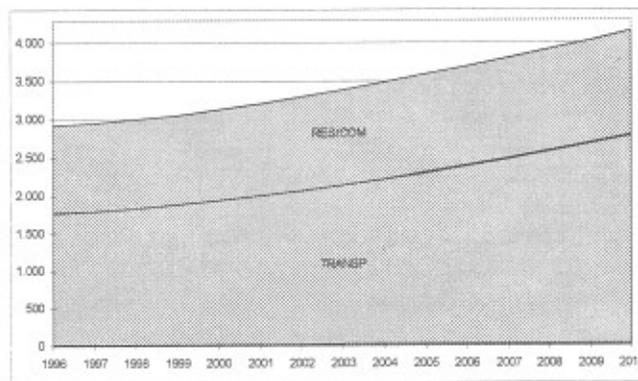


Figura 7. Emisiones de CO por Sectores Económicos (Miles de toneladas anuales)

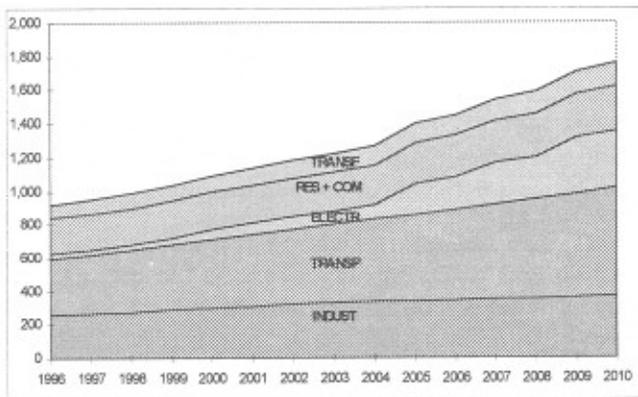


Figura 8. Emisiones de N₂O por Sectores Económicos (Toneladas Anuales)

N₂O: Los sectores comercial, industrial y transporte son las principales fuentes de N₂O. Las emisiones de N₂O ascendieron a casi 920 toneladas en 1996. A finales de la próxima década se espera que las emisiones de este gas se dupliquen y alcancen las 1.800 toneladas.

Se espera que la participación del sector eléctrico en las emisiones totales aumente de 3% en 1996 hasta 16% en el 2010. La participación porcentual del sector transporte permanece constante durante todo el periodo de análisis. Los demás sectores disminuyen su porcentaje del total; el sector residencial/comercial disminuye de 23% en 1996 hasta 17% en el 2008, y el sector industrial lo hace desde el 28% hasta el 22% a finales del periodo de análisis.

Emisiones del sector no-energía

Subsector Forestal

Las emisiones en este subsector provienen de la tala y quema de los bosques deforestados y de la utilización industrial de la madera proveniente en su mayoría de los bosques naturales. La figura 9 muestra la evolución esperada de las emisiones de CO₂ de acuerdo con las suposiciones del caso base.

La captura de CO₂ en este subsector se debe principalmente a la reforestación de protección y a la comercial, así como también la debida a la regeneración de los bosques naturales explotados bajo licencia. De acuerdo con los planes del gobierno mencionados como escenario base, se espera que a partir de 1998 la reforestación por estos conceptos sea de 76.000 ha por año. La figura 10 ilustra el comportamiento de la captura de CO₂ para los próximos 10 años.

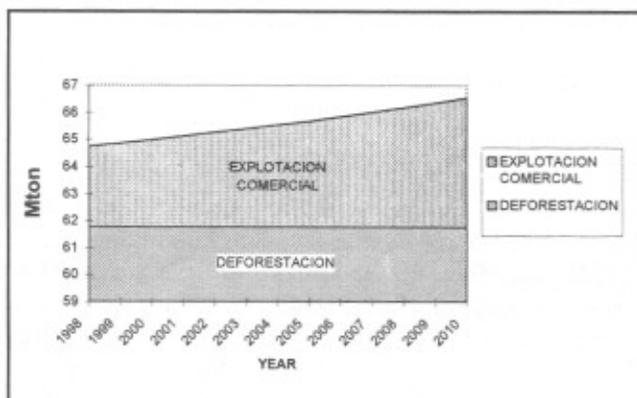


Figura 9. Emisiones de CO₂ para el Sector Forestal - Caso base

Como resultado de la captura de CO₂, las emisiones netas del subsector disminuirán de 60,2 a 48,2 Mton de CO₂ para el año 2010 (figura 11).

Subsector Agrícola

Las emisiones del subsector agropecuario son esencialmente CH₄ y N₂O, y en menor cantidad CO y NO_x. Las emisiones de CO₂ son nulas ya que la metodología IPCC considera que las emisiones de este gas por quema de biomasa están justamente equilibradas por la captura del mismo debido al recrecimiento natural de la vegetación.

Las emisiones de CH₄ en este subsector se estiman, de acuerdo con las suposiciones hechas para el caso base en 1,6 Mton para 1996, 1,8 Mton para el 2002 y 2,0 Mton para el 2008. La fermentación entérica en el ganado lechero y de carne es la fuente principal de estas emisiones y representa el 84.5% del total en 1996 y 87.6% en el año 2008.

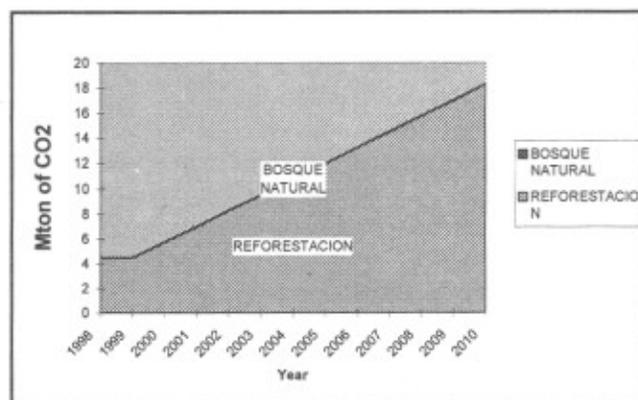


Figura 10. Captura de CO₂ en los bosques - Escenario Base (Mton/año)

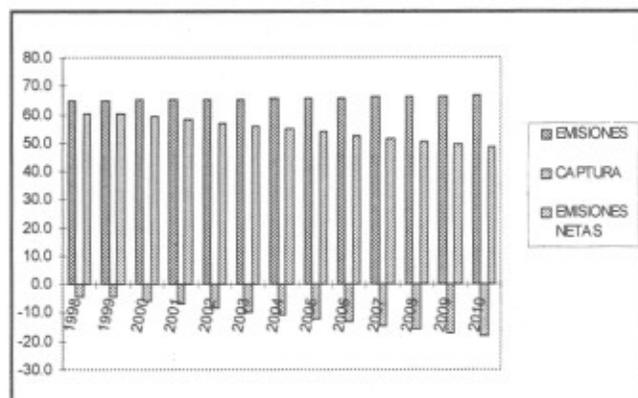


Figura 11. Evolución de las emisiones y captura (Mton/año)

Conclusiones

Emissiones Netas de CO₂

La Figura 12 muestra la evolución del total de las emisiones netas de CO₂ en Colombia para los sectores energía y no-energía (en este caso el sector forestal), y para el periodo 1997 - 2010.

Las emisiones de CO₂ en 1990 fueron de 167 Mton, de las cuales el sector energía fue responsable de aproximadamente el 31% (52.3 Mton) y el sector forestal (tala y quema del bosque) del resto (111.3 Mton). Desde 1990 a 1998 el sector energía ha venido creciendo y sus emisiones aumentando de 52 a 72 millones de ton, mientras que el sector forestal debido a los mayores controles y a los cambios de políticas a nivel nacional al respecto han venido disminuyendo las emisiones de CO₂ desde 111 en 1990 a 60 Mton en 1998. En el período mostrado en la figura 1998 - 2010 las emisiones de CO₂ seguirán disminuyendo en el sector forestal hasta 48 Mton y aumentando en el sector energía hasta 126 Mton en el 2010. El total de emisiones de 1990 (167 Mton) comparado con el total en el 2010 (174 Mton) presenta apenas un aumento de 8 Mton en 20 años. Este escenario podría parecer optimista, pero realmente no lo es, debido a que la cifra de deforestación tomada en el inventario de 1990 siguiendo las directrices de la metodología IPCC es un promedio del período 1970-1990, pero la realidad es que esta cifra desde 1970 viene disminuyendo al punto que en 1990 ya era mucho menor que el promedio. Por esta razón aparece un salto entre 1990 y los años posteriores. En 1998 la tasa de deforestación se asumió como 200.000 ha/año, muy reducida, comparada con 367.000 ha que fue la cifra tomada como el promedio para 1970-1990. Este hecho hace aparecer que las emisio-

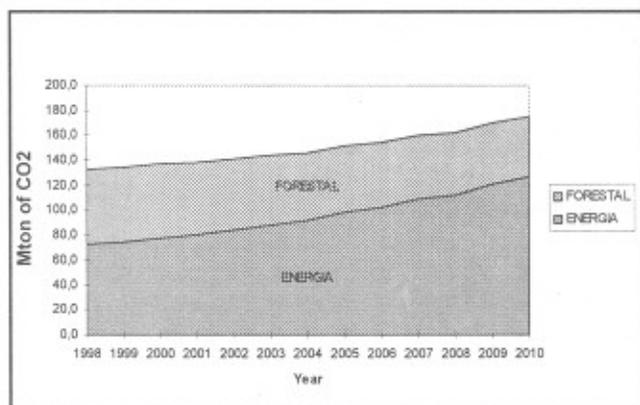


Figura 12. Emisiones Totales de CO₂ (Energía y no-energía) Período 1998 - 2010

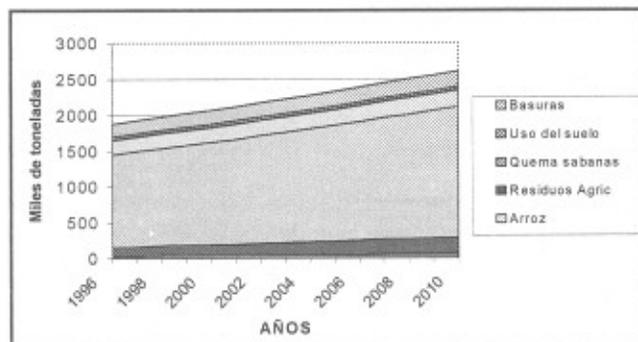


Figura 13. Emisiones Totales de CH₄ por fuente (1996 - 2010)

nes totales casi no aumentan en 20 años sin que se consideren medidas de mitigación diferentes al control sobre la tala del bosque. Las emisiones del sector energía van desde 52 Mton en 1990 a 126 Mton en 2010, aumento compensado con la reducción de la tasa de deforestación en el mismo periodo.

Emisiones Totales de Metano

La figura 13, muestra la evolución del total de las emisiones de CH₄ en Colombia, para todas las categorías fuente de las mismas y para el periodo 1996 - 2010.

La contribución principal proviene de la fermentación entérica, la cual mantendrá su participación porcentual 70% del total al año 2010. Al igual que en el inventario realizado para el año 1990, estas emisiones corresponden en un 95% a la digestión del ganado lechero y de carne. Las fuentes que le siguen en importancia son las emisiones fugitivas en el sector energía, las emisiones por descomposición anaeróbica de las basuras en los rellenos sanitarios y las emisiones causadas por el cultivo del arroz en régimen de inundación.

El crecimiento esperado del total de las emisiones de este gas dentro del escenario base es pequeño, aproximadamente 2.6% anual.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Medio Ambiente y a la Unidad de Planeamiento Minero Energético (UPME) del Ministerio de Minas y Energía, por la información y cooperación prestada. También expresan su gratitud a la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) (H. Liptow, B. Boessl, C. Maennling), por la cooperación, asistencia y soporte financiero. Esta gratitud también se hace extensiva a J. Fenhann y A.

Villavicencio del RisØ National Laboratory de Dinamarca, y a M. Cames del Öko Institut de Berlín, por la asistencia técnica prestada.

Referencias

1. **González, F.** 1998. Inventario de Gases de efecto invernadero, Colombia 1990. Academia Colombiana de Ciencias, Colección Jorge Alvarez Lleras 11. Bogotá.
1990; Fuentes y sumideros. Academia Colombiana de Ciencias. Colección Jorge Alvarez Lleras 11. Bogotá
2. **Halsnæs, K., J. Callaway & H. Meyer.** *The Economics of Greenhouse Gas Limitation - Technical Guidelines.* UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment. RisØ National Laboratory (February 1998) Roskilde, Denmark.
3. _____, **G. Mackenzie, J.M. Christensen, J. Swisher & A. Villavicencio.** *UNEP Greenhouse Abatement Costing Studies.* UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment. RisØ National Laboratory (February 1998) Roskilde, Denmark.
4. **Sathaye, J. & S. Meyers.** 1995. *Greenhouse Gas Mitigation Assessment: A Guidebook.* Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Holland
5. **UPME. PEN: Plan Energético Nacional 1997-2010. Autosuficiencia energética sostenible.** UPME (1997) Bogotá
6. **UPME. Plan de Expansión de Referencia 1996-2010. Revisión 1996** UPME (1996) Bogotá
7. **UPME. Balances Energéticos Consolidados 1975-1996. Revisión 1997.** UPME (1997) Bogotá
8. **IAEA-ANL. ENPEP: Energy and Power Evaluation Program**
9. **Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 1996 - 2010,** UPME, 1996.
10. **SIEF. Sistema de Información Estadística Forestal. (1998).** Ministerio del Medio Ambiente. Reporte de Trabajo. Bogotá
11. **MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.** Plan Estratégico para la Restauración y el Establecimiento de Bosques en Colombia (Plan Verde). Dirección General de Ecosistemas (1988) Bogotá.
12. **IPCC/OECD/IEA. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual - First Draft. Volume 1.** Bracknell. (1996) U.K.
13. **US - EPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. AP-42.** Fifth Edition. Washington (1996) USA.