

INVENTARIO PRELIMINAR DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN COLOMBIA. FUENTES Y SUMIDEROS

por

Fabio González B.¹, Ismael Concha P.², Jorge I. Vallejo M.³,
Humberto Rodríguez M.⁴

Resumen

González, F., I. Concha, J. Vallejo & H. Rodríguez: Inventario preliminar de gases de efecto invernadero en Colombia, fuentes y sumideros. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21(79): 107-117, 1997. ISSN 0370-3908

Se presenta un resumen de los resultados del proyecto Inventario Nacional de Emisiones de Gases que provocan Efecto de Invernadero, Fuentes y Sumideros, el cual ha sido desarrollado en el marco de los estudios nacionales de Cambio Global. El estudio lo inició un grupo de profesionales dentro de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en Julio de 1995, con el apoyo financiero de la organización de cooperación alemana GTZ y la asistencia técnica del grupo de trabajo que realizó el inventario en el caso Venezuela. El principal objetivo es realizar un inventario nacional de emisiones antropogénicas por fuentes y sumideros de todos los gases que provocan efecto de invernadero, de acuerdo con el convenio marco de las Naciones Unidas para el Cambio Global y la metodología IPCC/OECD para los inventarios nacionales.

Palabras claves: Gases, efecto, invernadero, inventario, Colombia.

Abstract

This document presents a summary of the results of the National Greenhouse Gas Emissions Inventory Sources Sinks and Reservoirs Project, which has been developed within the framework of the National Study to Address Climate Change. The study was initiated by a professionals group on behalf of the Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales in July

¹ Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., E.Mail: fgonzal@ciencias.ciencias.unal.edu.co

² Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Ministerio de Minas y Energía, Santafé de Bogotá, D.C.

³ Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, Santafé de Bogotá, D.C.

⁴ Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., E.Mail: hrodrig@colciencias.colciencias.gov.co

1995, with the financial support of the German Organization of Cooperation GTZ and the technical assistance of the Venezuelan Country-Study Greenhouse Gas Inventory Team.

The objective of the project is to carry out a national inventory of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of all greenhouse gases, according to the United Nations Framework Convention on Climate Change and the IPCC/OECD methodology for national inventories.

Key words: Greenhouse, gas emissions, gas inventory, Colombia.

Introducción

Se presenta en este artículo un resumen de los resultados del proyecto **Inventario Nacional de Emisiones de Gases que provocan Efecto de Invernadero**, el cual ha sido desarrollado en el marco de los estudios nacionales de Cambio Global. El estudio lo inició un grupo de profesionales dentro de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en julio de 1995, con el apoyo financiero de la organización de cooperación técnica alemana GTZ y la asesoría técnica del grupo de trabajo que realiza actualmente el estudio de país en el caso de Venezuela.

El objetivo del proyecto es efectuar un inventario nacional de emisiones antropogénicas por fuentes y sumideros de todos los gases que provocan efecto de invernadero, de acuerdo con el convenio marco de las Naciones Unidas para el Cambio Global y la metodología IPCC/OECD para los inventarios nacionales.

Los estándares internacionales propuestos para la realización de los inventarios nacionales están basados en una metodología común, que busca asegurar que todos los procedimientos y aproximaciones adoptados para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero sean consistentes y transparentes y sus resultados puedan ser comparados de una manera sistemática.

Los inventarios nacionales son una herramienta valiosa para predecir las emisiones de gases de efecto invernadero, bajo diferentes escenarios de desarrollo económico y para identificar las mejores estrategias de mitigación que el país puede llevar a cabo.

Métodos

Las estimaciones para todas las fuentes se realizaron con base en la metodología establecida por el IPCC para efectuar los inventarios nacionales de gases que provocan efecto invernadero (IPCC/OECD, 1995). En las cate-

gorías en donde se encontró información local se estimaron coeficientes de emisión mediante el uso de referencias bibliográficas, visitas técnicas y entrevistas con expertos. En el resto de los casos se tomaron los valores por defecto sugeridos por la metodología.

El informe final del estudio presenta los resultados del inventario nacional de gases que provocan efecto invernadero (INGEI), acompañados de los análisis y estimativos correspondientes, para las diferentes categorías de fuentes y sumideros. Tales resultados dan una visión global de las principales actividades antropogénicas responsables de las emisiones y, presentan una descripción de situaciones particulares que pueden introducir elementos adicionales en el proceso de inventario. También incluye discusiones específicas sobre metodología, datos y fuentes de información utilizados para la evaluación de cada categoría.

Resultados

Los gases incluidos en este inventario son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM). La tabla 1 presenta un resumen de las emisiones de gases de efecto invernadero para las distintas categorías.

La fuente antropogénica que mas genera emisiones de CO_2 en el país es el cambio de uso de la tierra y la silvicultura, responsable del 70% del total. Las actividades dentro del sector energía emiten apenas el 28%.

La tabla 2 presenta el efecto climático acumulado de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Colombia para el año base del inventario: 1990. En esta se resumen las emisiones por fuente y gas en peso molecular completo y su contribución relativa al "calor atrapado"+, basado en el concepto de Potencial de Calentamiento Global (GWP)*. El dióxido de carbono es el gas más importante (78.1%). El metano contribuye con

Tabla 1. Resultados Preliminares del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para Colombia, 1990.

RESUMEN DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO					
(Gg.)					
Categorías de fuentes y sumideros de GEI	CO2(*)	CH4	N2O	NOx	CO
Emisiones Nacionales Totales (Netas)	186472	2000	10	435	8818
1 Toda la energía (Quema de comb + fugitivas)	52383	198.25	1.19	352.91	5548.36
A Quema de combustibles (**)	52200	27.46	1.19	352.91	5548.36
Energía e industrias de transformación	12655	0.38	0.06	61.00	5.03
Industria	14895	0.33	0.16	68.73	80.86
Transporte	18706	5.99	0.22	170.23	1056.55
Comercio/Institucional	854	0.01	0.15	0.73	0.18
Residencial	3107	19.57	0.35	49.59	4331.85
Agricultura/Silvicultura y Otras	1985	1.19	0.25	2.62	73.89
Biomasa quemada para obtener energía (*)	35460	17.19	0.33	49.96	4372.28
B Emisiones fugitivas	182	170.79			
Sistemas de petróleo y gas natural	182	65.81			
Minería del carbón	104.99				
2 Procesos Industriales	3388				
A Minerales No metálicos (Cemento)	3388				
3 Agricultura		1407.97	7.35	24.01	1220.38
A Fermentación entérica	1123.94				
B Derechos Animales	37.29				
C Cultivo de arroz	198.90				
D Quema de sabanas	41.08	0.51	18.22	1078.36	
E Quema de desperdicios agrícolas	6.76	0.16	5.79	142.02	
F Suelos agrícolas	6.68				
4 Cambio del uso de la tierra y silvicultura	130702	234.25	1.61	57.73	2049.68
A Tala y quema in situ de bosques	113329	234.25	1.61	57.73	2049.68
B Conversión de tierras de pastos (***)	0				
C Abandono de tierras cultivadas					
D Manejo de Bosques	(-17373)				
5 Desperdicios		159.77			
A Vertederos subterráneos		159.04			
B Aguas Residuales		0.72			
C Otros					

(*) Las emisiones de CO2 generadas por la biomasa no están incluidas en el total. Su valor está solo para fines informativos.

(**) Estimaciones realizadas con la metodología "Bottom-Up"

(***) No se en el inventario, solo se reporta con fines informativos.

NOTA: Las diferencias en las sumas se deben al redondeo

Tabla 2. Efecto climático acumulativo de las emisiones de gases de invernadero para Colombia, 1990.

GASES	EMISIONES (Gg) PESO MOLECULAR TOTAL	GWP(1) HORIZONTE 100 AÑOS	CONTRIBUCION RELATIVA (%)
DIOXIDO DE CARBONO (CO₂)	186472	1	78.1
COMBUSTION	52200		21.9
FUGITIVAS	182		0.1
PROCESOS INDUSTRIALES	3388		1.4
CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	130702		54.8
METANO (CH₄)	2000	24.5	20.5
COMBUSTION	27		0.3
FUGITIVAS	171		1.8
AGRICULTURA	1408		14.5
CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	234		2.4
BASURAS	160		1.6
OXIDO NITROSO (N₂O)	10.15	320	1.4
COMBUSTION	1.19		0.2
AGRICULTURA	7.35		1.0

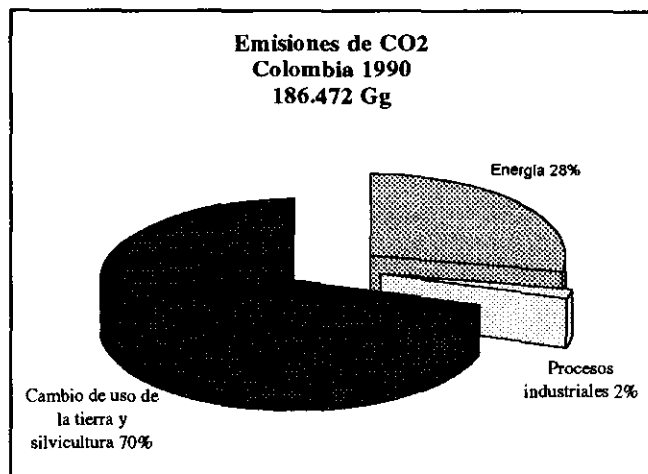
20.5% y sus emisiones son generadas principalmente por la fermentación entérica en el ganado vacuno y las actividades agrícolas.

Las secciones siguientes presentan el resumen de las emisiones estimadas para cada gas y un análisis sobre la importancia relativa de cada categoría.

Emisiones de Dióxido de Carbono

El dióxido de carbono es responsable de cerca de un tercio del efecto invernadero natural. A nivel global se ha observado que, desde comienzos de la era industrial, se viene presentando un continuo incremento de su concentración en la atmósfera debido a las actividades antropogénicas. La concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre ha aumentado en más del 25%, debido principalmente al uso de combustibles fósiles.

El total de CO₂ emitido en Colombia en 1990 fue de 186.472 Gg, es decir una emisión nacional anual per capita de 5,8 ton/hab. Las principales fuentes fueron: Cambio de Uso de la Tierra, especialmente tala y quema del bosque, la silvicultura y el Sector Energía (quema de combustibles).



+ Radiative Forcing

* GWP, Global Warming Potencial

Sector Energía

Las emisiones en este sector ocurren durante el proceso de combustión, cuando el carbono contenido en el combustible se combina con el oxígeno. El contenido de carbono en los combustibles fósiles varía significativamente de uno a otro dependiendo del tipo de combustible. Así, el carbón contiene la mayor cantidad de carbono por unidad de energía mientras que el petróleo y el gas natural contienen el 25 y el 50% menos que el carbón, respectivamente.

En Colombia el sector energía emitió 52.383 Gg de CO₂, que representa el 28% de la emisión total nacional de este gas. La obtención de energía a partir de combustión generó 52.200 Gg y las emisiones fugitivas del petróleo y del gas 182 Gg que representan apenas el 0,35% de este sector.

El análisis realizado con base en la metodología Top-Down revela que la mayor cantidad de CO₂ es producida por la combustión del petróleo y sus derivados, contabilizando 30.507 Gg, seguida por el carbón con 13.470 Gg y el gas natural con 8.742 Gg.

Para las estimación de las emisiones en cada sector se siguió la metodología Bottom-Up. El sector transporte emitió el 36% del CO₂ generado por quema de combustibles, mientras el sector industrial el 29% y los centros de transformación de energía 25%. El sector residencial contribuye con el 6% únicamente, a pesar de consumir cerca de la tercera parte de la energía final en el país.

Las fuentes estacionarias emitieron 38.303 Gg de dióxido de carbono, debido principalmente a combustión de petróleo y carbón. La mayor contribución se debe al sector industrial con 14.895 Gg (39%) seguido por la generación termoeléctrica con 8.398 Gg (22%), la industria de transformación del gas y el petróleo con 4.257 Gg (11%) y el sector residencial con 3.107 Gg (8%). El resto es compartido por los sectores comercial, agrícola y de la construcción.

Las emisiones por tipo de combustible en el sector eléctrico son: gas natural 4.380 Gg, carbón 3.526 Gg, destilados del petróleo, gases industriales y petróleo crudo 492 Gg.

Las fuentes móviles emitieron 14.895 Gg, siendo la gasolina motor la mayor responsable de las emisiones con 12.162 Gg (81,7%) seguida por el diesel con 2.481 Gg (16,7%), el resto se distribuye entre el gas natural comprimido, el Fuel Oil y el carbón.

Industria del Cemento

Por concepto del proceso de calcinación del CaCO₃ durante la fabricación de cemento, se emitieron 3.388 Gg de CO₂ correspondiente al 1.8 % de las emisiones nacionales.

Cambio de uso de la tierra y manejo del bosque

Las actividades humanas que alteran la biosfera en el proceso de producción de comida, combustible y fibras han ido incrementando su contribución a la concentración de GEI en la atmósfera. El dióxido de carbono es considerado el gas más importante asociado con el cambio de uso de la tierra. Dos categorías son consideradas en el inventario nacional: Deforestación (tala y quema de bosques) y Manejo y Aprovechamiento Forestal (Bosques gestionados). La conversión de pastizales a tierra cultivada y el abandono de tierras manejadas no fueron consideradas como tercera y cuarta categorías, tal como sugiere la metodología, porque en Colombia estas son fuentes poco significativas y no existe suficiente información.

El cambio de uso de la tierra es el principal responsable de las emisiones de GEI en Colombia, 130.702 Gg, 70% del total nacional de emisiones de CO₂ en 1990. La principal fuente de estas emisiones es la deforestación y la quema in situ del bosque deforestado, práctica común de la expansión de la frontera agrícola en los últimos cuarenta años.

Deforestación

Las causas principales de la deforestación en Colombia son: colonización, desarrollo de la infraestructura, uso de energía, cultivos ilegales, quema y manejo no sostenible del bosque. Las cantidades exactas para cada uno de los factores citados son desconocidas debido a la falta de estudios y monitoreo forestal utilizando técnicas de sensores remotos. Existen diferentes estimativos para la tasa anual de deforestación en Colombia; sin embargo, la cifra oficial aceptada por el Ministerio del Medio Ambiente, para el período de 1980-1990, es la reportada por la FAO (1993) de 367.000 ha/año.

La cantidad emitida por deforestación se estimó en 113.329 Gg para el año base, que representa el 61% de las emisiones nacionales de CO₂.

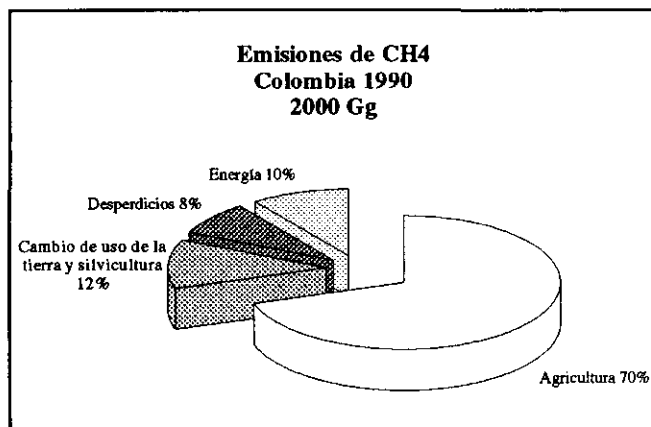
Manejo y Aprovechamiento Forestal

Este sector incluye el carbono secuestrado debido al crecimiento de los bosques plantados y a la regeneración

natural de los bosques naturales explotados. La suma total de CO₂ secuestrada por estas actividades en Colombia en el año de referencia fue de 7.744 Gg, los que equivalen al 4.2% de las emisiones totales por concepto de cambio de uso del suelo y silvicultura o al 6.8% de las emisiones debidas a deforestación. Aunque es importante como un sumidero de CO₂ puede no parecer relevante en el contexto de las emisiones de GEI en el país, pero su contribución potencial es muy grande. El área total de bosque natural manejado por las industrias de productos forestales durante el período 1970-90 fue de 310.000 ha. Por otra parte las plantaciones forestales han alcanzado, durante el mismo período, una cifra de 222.647 ha. El CO₂ liberado por este sector incluye los cambios debidos a la remoción de biomasa en cultivos comerciales y la quema tradicional de leña en el país. El total de emisiones anuales de CO₂ estimadas por este concepto fue 25.116 Gg. Restando de este valor el total anual de CO₂ removido de la atmósfera por las plantaciones, resulta un valor neto de CO₂ liberado de 17.373 Gg.

Emisiones de Metano

El metano es el segundo gas en importancia en cuanto se refiere al calentamiento global. Siendo responsable aproximadamente del 15% del "calor atrapado" en la atmósfera en la década de los 80 a nivel mundial. La concentración de metano está creciendo sustancialmente, se ha doblado en los últimos 300 años y continúa creciendo a un ritmo de cerca del 1% anual. Aunque las emisiones de CH₄ son significativamente menores que las del CO₂ estas contribuyen fuertemente al calentamiento global, puesto que considerando los efectos directos e indirectos su potencial de atrapar calor es 24,5 veces mayor que el del CO₂, sobre un horizonte de tiempo de 100 años.



Las emisiones de metano en Colombia fueron estimadas en 2.000 Gg para el año base. Las principales fuentes antropogénicas son las relacionadas con las actividades agrícolas, las cuales totalizan el 70%, seguidas por el sector energía con el 10% y el cambio de uso de la tierra con el 12%. Las emisiones de metano debidas al manejo de basuras apenas contabilizan el 8% del total nacional.

Sector Energía

Las emisiones de metano de este sector, fueron de 198 Gg. Las actividades de quema de combustibles contribuyeron con 27 Gg y las emisiones fugitivas de carbón, petróleo y manejo de gas produjeron el resto, 170,8. De este valor la minería de carbón produce 105 Gg, esto es el 60%, mientras que el petróleo y el gas industrial emiten 65,8 Gg, que representan el 40%.

Es importante anotar que el sector residencial emite 19,5 Gg (72% de la emisión debida a quema de combustibles) como consecuencia del uso de la leña.

Agricultura

Este sector se constituye en la fuente más importante de emisiones de metano, pues contribuye con el 70% del total nacional, 1.408 Gg. La ganadería es el factor más importante, puesto que contribuye con el 80% del CH₄ emitido en esta categoría. El cultivo del arroz y la quema de sabanas sólo representan el 14% y el 3%, respectivamente. La quema de residuos agrícolas en el campo es una fuente despreciable.

Fermentación Entérica

El total de emisiones fue estimado en 1.124 Gg, que representa el 56% del total nacional y aproximadamente el 80% de las emisiones debidas a las actividades agrícolas. El ganado lechero y de carne contribuye notablemente en este renglón, aproximadamente el 95,5% de las ocasionadas por fermentación entérica. El total de emisiones producidas por otros animales domésticos tales como ovejas, cerdos, caballos, mulas, asnos y cabras es únicamente el 4,5% del total. Para la realización de los cálculos correspondientes a fermentación entérica se utilizó el método simplificado conocido en la metodología IPCC como Tier 1.

Manejo de Estiércol

El manejo de estiércol no es una práctica corriente en el país, puesto que la mayor parte de la ganadería es ex-

tensiva. Casi todos los excrementos de animales domésticos se utilizan como abono sólido para los pastos o se dejan abandonados en el sitio. La cantidad total de CH_4 producida por estos excrementos se estima en 37,3 Gg, que representa el 1.9% de las emisiones nacionales y el 3,2% de las emisiones generadas por animales domésticos. Los emisores más importantes son: el ganado vacuno (58%), el ganado porcino (18,5%) y el sector avícola (11%).

Producción de Arroz

La cantidad emitida debido al cultivo del arroz fue estimada en 199 Gg, valor que representa aproximadamente el 10% de las emisiones nacionales y el 14% de las emisiones del sector agrícola. El cálculo fue realizado tomando en cuenta los datos reportados por el Censo Nacional Arrocerero realizado en 1990 y que arroja un porcentaje de 65% para los campos de arroz continuamente inundados y 35% para el régimen de secano (incluyendo el secano manual).

Quema de Sabanas

Tradicionalmente la sabana Colombiana de los Llanos Orientales se quema en dos épocas del año con el fin de eliminar malezas y plagas y también para renovar los pastos. Las tierras altas se queman al comienzo de las lluvias y las bajas, que están húmedas durante ésta estación, al comienzo de la estación seca.

Si bien en Colombia el área total de sabanas quemadas por año no es un dato bien conocido y presenta un alto grado de incertidumbre, debido a la carencia de estadísticas nacionales sobre la frecuencia y superficie de sabana quemada, como una primera aproximación, podemos considerar que el área total de sabanas es quemada completamente una vez cada tres años. Diferentes expertos colombianos han confirmado que la frecuencia de quema en el país está en la proporción citada y, en algunos casos, podría ser mayor.

El metano emitido por la quema de sabanas, se estimó en 41 Gg, el cual representa el 2% de las emisiones nacionales de este gas y el 3% de las producidas por el sector agrícola

Quema de Residuos Agrícolas

La quema de residuos agrícolas contribuye muy poco a las emisiones en Colombia, apenas 6.8 Gg. Los cultivos que se consideran para la realización de los cálculos son:

caña de azúcar, maíz, arroz, algodón y palma africana. Generalmente, los cultivos se queman por razones sanitarias.

Rellenos Sanitarios

Los rellenos sanitarios no configuran una fuente significativa de producción de metano en el país puesto que el 70% de los desperdicios sólidos se deposita a campo abierto. Los rellenos sanitarios generan 159 Gg, que son el 8% de las emisiones nacionales.

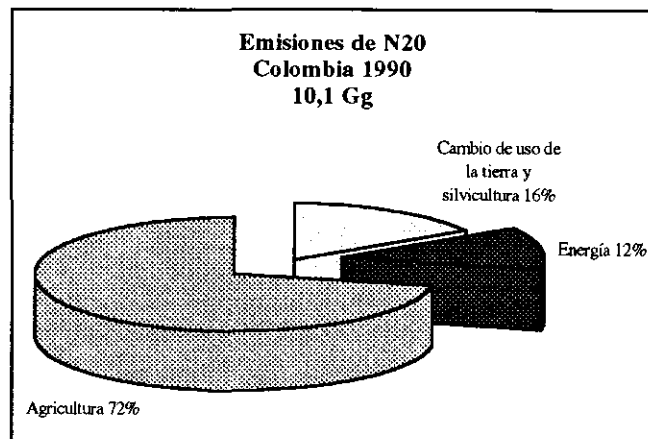
Otras Fuentes

Otras actividades generadoras de metano en el país son las relacionadas con el cambio de uso de la tierra y el manejo de aguas residuales. La quema de biomasa que se da en el proceso de deforestación ha sido incluida en el inventario nacional, y las emisiones provenientes de esta práctica fueron estimadas en 234 Gg 11.7% de las emisiones nacionales. Para efectos de la contabilidad de gases de invernadero el tratamiento de aguas residuales constituye una fuente despreciable 0,7 Gg.

Emisiones de Oxido Nitroso

El óxido nitroso es otro gas que contribuye a la absorción en infrarrojo y por tanto al efecto invernadero. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (WMO) la concentración atmosférica de N_2O es hoy un 8% mayor que la de la era pre-industrial. El óxido nitroso tiene una capacidad 320 veces superior que la del CO_2 para atrapar calor en la atmósfera en un horizonte de tiempo de 100 años y su tasa de acumulación atmosférica está entre 0,2 % y 0,3 % por año.

Estas emisiones fueron estimadas en 10 Gg para 1990. El sector agrícola aporta debido principalmente al uso de



fertilizantes en el manejo de suelos agrícolas, el mayor porcentaje 66%, seguido por el cambio de uso de la tierra 16% y el sector de la energía 12%. Además, se emite óxido nitroso debido al uso de la biomasa como combustible y a la quema de combustibles fósiles. Aunque los mecanismos que causan la formación de N_2O a partir de estas fuentes no son bien conocidos, su producción depende fuertemente de la temperatura.

Sector Energía

El sector energético colombiano emitió 1,19 Gg de N_2O . El sector residencial con 0,35 Gg (29% del total emitido por combustión) es el principal agente, debido al consumo de leña para cocción en el sector residencial. El sector transporte es responsable de 0,22 Gg (18%), el sector agrícola y otros 0,25 Gg (21%) y los sectores comercial/oficial e industrial emitieron cada uno 0,15 Gg (13%) y 0,16 Gg (14%) respectivamente. El sector de transformación energética contribuyó con un 5% del total.

Agricultura

El sector de la agricultura es la principal fuente de emisiones de óxido nitroso y aporta el 75% del total nacional. La contribución más importante proviene de los fertilizantes utilizados en el manejo de los suelos. Los fertilizantes químicos emiten 6,68 Gg, que representa el 91% del óxido nitroso producido por el sector agrícola. En las estimaciones realizadas no se han incluido los fertilizantes orgánicos puesto que no existe información certificada al respecto.

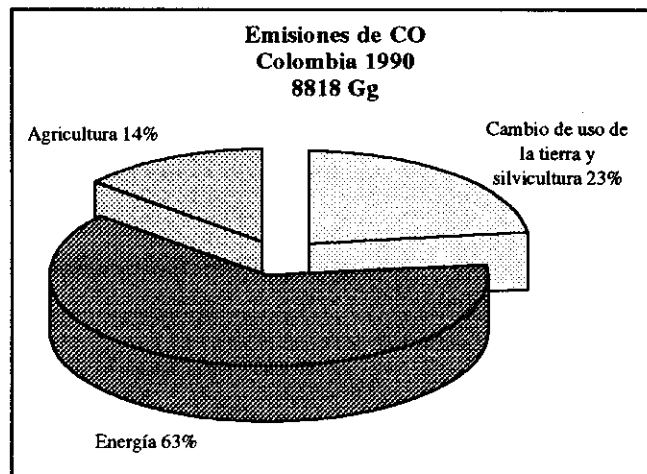
La quema de sabanas aporta 0,5 Gg, y la quema de residuos agrícolas en el campo produce 1.6% de las emisiones nacionales estimadas.

Otras Fuentes

La quema de biomasa es otra de las fuentes de óxido nitroso en el país, debido fundamentalmente a la quema del bosque in-situ producto de la deforestación. La cantidad total emitida por este concepto fue de 1,61Gg, que representa el 16% de las emisiones totales nacionales.

Emisiones de Monóxido de Carbono y COVDM

El monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) son compuestos gaseosos que son emitidos en pequeñas cantidades debido a la combustión incompleta. Su contribución a la formación del smog urbano ha sido objeto de políticas de



control de emisión en algunos países. El impacto de estos gases en el clima global es indirecto. Su papel como precursores del ozono troposférico es su efecto más importante. Así, ellos contribuyen a la formación de ozono y alteran los tiempos de vida media de otros gases de efecto invernadero.

Las emisiones de monóxido de carbono, fueron estimadas en 8.818 Gg. Las actividades agrícolas y el cambio de uso de la tierra contribuyen a este valor con el 37%, mientras que el sector energía es el responsable del 63% de las emisiones nacionales.

Sector Energía

La cantidad total emitida se estimó en 5.548 Gg, el consumo de leña en el sector residencial es responsable de 4332 Gg equivalente aproximadamente el 79% del total emitido por quema de combustibles o al 49% del total de CO emitido en el país.

Las emisiones nacionales totales de COVDM fueron de 135 Gg, y son producidas de manera exclusiva por el sector transporte.

Quema de Sabanas

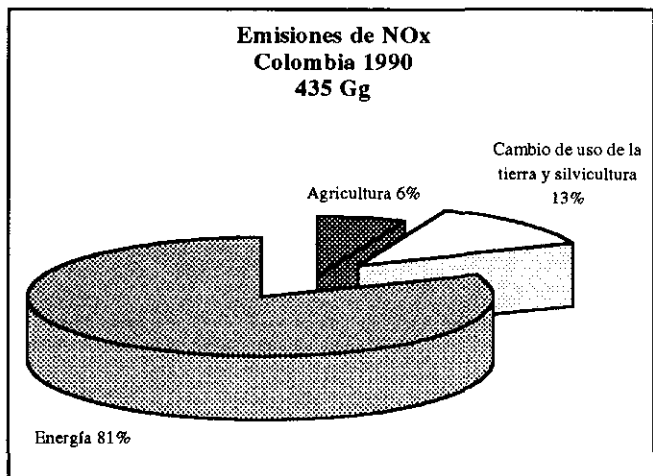
La quema de sabanas representa el 12% del total emitido a nivel nacional y suma 1.078 Gg.

Cambio de Uso de la Tierra

La quema de bosques, que acompaña el proceso de deforestación, es responsable del 23% del total de emisiones de CO, con aproximadamente 2.050 Gg.

Emisiones de Oxidos de Nitrógeno

Debido a los efectos directos de acidificación que producen en la atmósfera y al papel que desempeñan en la formación de ozono los óxidos de nitrógeno han sido de interés permanente en el diseño de políticas ambientales en la mayor parte de las naciones. Los NO_x, al igual que el monóxido de carbono se generan por combustión incompleta. Las emisiones fueron estimadas en el país para el año base en 435 Gg, originadas principalmente por quema de combustibles fósiles, los cuales representan 81% del total nacional. El restante 19% corresponde a la quema de biomasa en el sector no-energía.



Sector Energía

La fuente más importante es la quema de combustibles fósiles, con un total emitido de 353 Gg, 183 Gg aportados por fuentes estacionarias y 170 Gg por las móviles.

Otras fuentes

Como acontece con el óxido nitroso, la quema de biomasa asociada con el cambio de uso de la tierra y algunas prácticas agrícolas, constituye otra de las fuentes de óxidos de nitrógeno. La quema de bosques deforestados, de sabana y de residuos agrícolas en el campo contabiliza 82 Gg, es decir el 19% de las emisiones nacionales.

Incertidumbre

La incertidumbre es inevitable en cualquier estimación nacional de emisiones y remociones de gases atmosféricos.

Algunas causas importantes de la incertidumbre son:

1. Diferentes interpretaciones sobre las categorías en las fuentes y sumideros, en las definiciones y supuestos, en las unidades etc.
2. El uso de valores promediados, especialmente en los factores de emisión y supuestos sobre población.
3. Incertidumbre en los datos básicos de las actividades socioeconómicas relacionadas con los cálculos en cada categoría.
4. Incertidumbre en la comprensión científica de los procesos básicos conducentes a emisiones y remociones.

Con respecto a los numerales 2 y 3 hemos hecho el esfuerzo por conseguir rangos de incertidumbre en cada una de las categorías fuente, siguiendo la metodología IPCC que presenta los rangos de incertidumbre en forma separada tanto para los factores de emisión como para los datos en cada categoría. La tabla 3 relaciona estos porcentajes y el valor de la incertidumbre global.

En esta tabla en la columna correspondiente a los factores de emisión se evalúa la incertidumbre de la metodología y de los factores de emisión.

Como se puede observar, de las fuentes emisoras de CO₂ la categoría de Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura que es responsable del 70% de las emisiones totales de este gas en el país presenta una incertidumbre en los factores de emisión de 33% y en los datos tenidos en cuenta del 50% para una incertidumbre global del 60%. Esta categoría es la que merece mas atención en el futuro para reducir la incertidumbre del inventario colombiano.

A pesar de la debilidad y limitaciones que representa este amplio rango de incertidumbre, este inventario preliminar suministra un cuadro completo de las emisiones y remociones de los gases de efecto de invernadero en Colombia y constituye una herramienta poderosa para evaluar y planificar las estrategias de mitigación que el país debe emprender con el fin de reducir las emisiones de estos gases en el futuro.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud a diversas instituciones colombianas como: Ministerio del Medio ambiente, Ministerio de Relaciones Internacionales, Ministerio de Minas y energía, Departamento Administrativo de Planeación Nacional, entre otras, por la información suministrada y sus valiosos comentarios. El apoyo del Grupo

Tabla 3. Incertidumbres debido a los factores de emisión y a los datos

Gas	Categoría Fuente	Factor de Emisión	Datos	Incertidumbre Global
CO ₂	Energía	7%	5%	9%
CO ₂	Cementos	5%	1%	5%
CO ₂	Cambio de Uso de la Tierra	33%	50%	60%
CH ₄	Quema de biomasa	50%	50%	70%
CH ₄	Petróleo y Gas Natural	55%	5%	55%
CH ₄	Minería del Carbón	55%	5%	55%
CH ₄	Cultivos de arroz	¾	10%	100%
CH ₄	Basuras	2/3	30%	80%
CH ₄	Animales	25%	10%	30%
N ₂ O	Quema de Biomasa	> 60%	50%	100%
N ₂ O	Suelos agrícolas	> 60%	10%	2 órdenes de magnitud

del Estudio de País de Venezuela, suministrado a través de la GTZ (German Technical Cooperation Agency), fue fundamental para la realización de este trabajo.

Referencias

- ACOFOR. Bosques y Futuro, (trimestral), Santafé de Bogotá, D.C.
- Banco de la República. Revista del Banco de la República (mensual), 1988-1992, Santafé de Bogotá, D.C.
- Balcázar, A. 1992. "La ganadería bovina en Colombia, 1970-1991", Coyuntura Agropecuaria, Vol. 9, No. 2, p. 113-138.
- Cárdenas, H., Devia, J.R. 1989. "Residuos Agrícolas", en Situación Energética de la Costa Atlántica, Tomo X, Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica -PESENCA-, Barranquilla.
- CEGA-DNP. 1991, Misión de Estudios del Sector Agropecuario, "Caracterización y evaluación del sistema de producción bovina", Santafé de Bogotá.
- CIAT. 1995. Tropical Lowlands Program, Annual Report, Working Document, No. 148, Cali.
- COLCIENCIAS, DNP y otros. 1990. Perfil Ambiental de Colombia, 1989, Bogotá.
- DANE. 1988-1992. Boletín de Estadística (mensual), Santafé de Bogotá, D.C.
- DNP. 1990. Plan de Acción Forestal para Colombia en la Revolución Pacífica 1990-1994, Santafé de Bogotá, D.C.
- ECOPETROL. 1990. Estadísticas de la Industria Petrolera.
- FAO. 1994. Forest Resources Assessment 1990, No. 124, Global Synthesis.
- _____. 1982. Los recursos forestales tropicales. Estudio FAO Montes No. 30. Roma. 113 p.
- FEDEPALMA. 1994. "El cultivo de palma de aceite en Colombia y el mundo. Estadísticas 1989-1993". Santafé de Bogotá, D.C.
- FEDEARROZ. 1993. "Arroz en Colombia, 1980-1993". Santafé de Bogotá, D.C., Fedearroz, 88 p.
- FENAVI. 1995. Reseña Avícola 1993-Perspectivas 1994. Santafé de Bogotá, D.C.
- IGAC. 1986. "Situación y análisis del proceso colonizador en Colombia". Análisis Geográficos No. 10 Bogotá.
- _____. 1992. Atlas de Colombia, Bogotá.
- INDERENA. 1994. Lineamientos y Estrategias de Política para el Desarrollo Forestal Sustentable. Santafé de Bogotá.
- _____. 1991. Algunas cifras sobre la reforestación en Colombia. Subgerencia de Bosques, Aguas y Suelos. Santafé de Bogotá. 36p.101p.
- _____, IGAC y CONIF. 1984. Mapa de bosques de Colombia. Memoria Explicativa. Bogotá.
- INCORA. 1988. El proceso colonizador en Colombia. Ponencia presentada en el seminario taller sobre colonización. Paipa. 75 p.
- IPCC. 1994. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 3 vols, Bracknell.
- MME. 1994. Plan Energético Nacional. Unidad de Planeación Minero-Energética. Santafé de Bogotá: Tercer Mundo Editores. 338 p.
- _____, SIE. 1990. Balance Energético consolidado.
- _____, SIE, UIME. 1991. Encuesta Energética Industrial.

- Ministerio del Medio Ambiente, OIMT.** 1995. Cuarto Seminario Internacional de Formación en Estadística Tropical, Santafé de Bogotá, D.C.
- Motta, M. T.** 1992. Régimen de aprovechamiento del bosque natural y sistema de tasas forestales. Informe final. Contrato de consultoría PNUD-DNP. Departamento Nacional de Planeación. Santafé de Bogotá, D.C. 100 p.+ anexos. p. 6-7.
- Otavo, E.** 1994. Reservas Forestales creadas por la Ley 2a. de 1959. Documento de trabajo. INDERENA. División Administración Bosques. Santafé de Bogotá, D.C.
- . 1995. La deforestación en Colombia. Causas y consecuencias. Documento Preliminar. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General Forestal y de Vida Silvestre. Santafé de Bogotá, D.C.
- Preliminary National Greenhouse Gas Inventory: Venezuela.** 1995. Caracas.
- Rodríguez, J.L.** 1987. Cuantificación de la biomasa (fitomasa) e inventario de bioelementos del bosque pluvial (bp-T) de colinas bajas en su estado climático, Bajo Calima, Buenaventura, Costa Pacífica, Colombia. Tesis de Grado. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué. 229p + anexos.
- SAC.** 1988-1995. Revista Nacional de Agricultura (trimestral), Bogotá.
- Torres, J.E., Vallejo D.** 1988. Dendroenergía. Plan de Acción Forestal para Colombia. PAFC. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá. 283 p.