

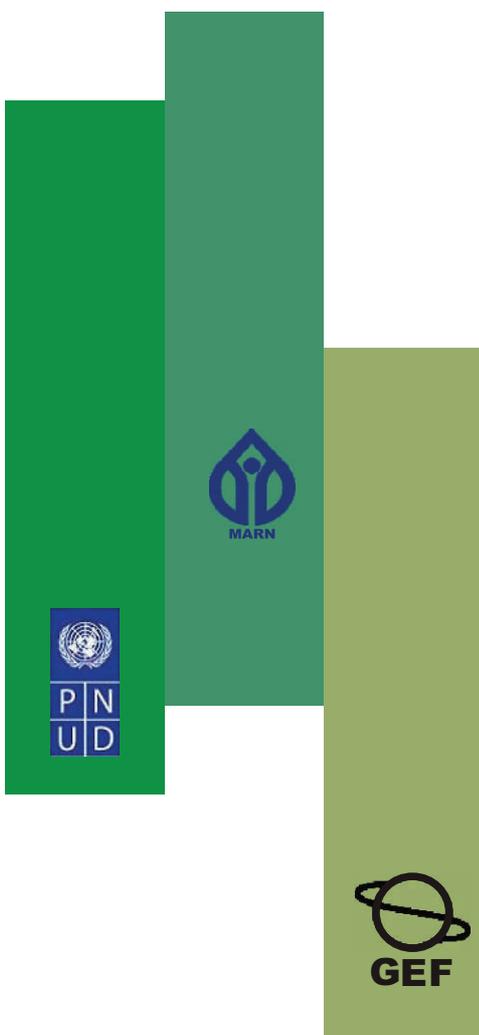
Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela



República Bolivariana de Venezuela



Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela



Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Fondo Mundial para el Medio Ambiente

2005
Caracas
República Bolivariana de Venezuela

Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela

AUTORES

Inventario GEI

Dr. Juan Carlos Sánchez M. Coordinador-Consultor
Biólogo José Manduca: HIDROIMPACTO, C.A.
Ing. Ángela Di Doménico: HIDROIMPACTO, C.A.
Químico Teotiste Muñoz: HIDROIMPACTO, C.A.
Dr. Helios Silvestre M.: CTI 3007, C.A.
Dr. Emmanuel Morett N.: CTI 3007, C.A.
Ing. Jacinto Artigas M.: CTI 3007, C.A.
Ing. Oscar González P.: CTI 3007, C.A.
Lic. Doris Valero A.: CTI 3007, C.A.
Dr. Manuel Briceño M.: IFLA
Ing. Ernesto Arends: IFLA
Ing. Jose Lozada: IFLA
Ing. MSc. Ángel Infante: IFLA
Ing. María Lourdes Rangel: IFLA
Ing. Félix Franquis: IFLA
Geog. Reinaldo Carrasquero: IFLA
Ing. Francisco Rivas: IFLA
TSU. Kenlis Salas: IFLA

Variabilidad climática en Venezuela

Dr. Pedro Cárdenas: Consultor
Ing. Carmelo Gil: EDELCA
Mt2 Rosa Alonso, TSU en Meteorología: Servicio Meteorología FAV
Matemático Edgar De Gryze: USB CESMA
Matemático Eduardo Lisboa: USB CESMA
Dr. Rigoberto Andressen: ULA Fac. de Ciencias

Impactos Socio-Económicos

Ing. Xavier Zuleta I.: OTEZU C.A.
Ing. David E. Zuleta I.: OTEZU C.A.
Socióloga MSc. Carmen A. Richard. OTEZU C.A.
Geógrafo MSc. Temístocles Rojas: OTEZU C.A.
Arquitecto Aurora Zapata: OTEZU C.A.
Economista Oliver Belisario: OTEZU C.A.
Antropólogo MSc. Egleé Neri: OTEZU C.A.
Médico MSc. Miriam Morales: OTEZU C.A.

Escenarios Climáticos y Vulnerabilidad ante el Cambio Climático

Ing. MSc. María Teresa Martelo: MARN DGCH
Dra. Marelía Puche: UCV Fac. de Agronomía
Ing. MSc. Oscar Silva: UCV Fac. de Agronomía
Dra. Rosemary Warcnok: UCV Fac. de Agronomía
Ing. Víctor García: MARN DGPOA
Ing. MSc. Roberto Duque: CIDIAT
Dra. Ángela Henao: CIDIAT
Dr. Hervé Jegat: CIDIAT
Geógrafo MSc. Esneira Quiñones: CIDIAT
Ing. MSc. José Gregorio Rosales: CIDIAT
Biólogo José Manduca Consultor

Medidas de Adaptación en el Sector Agrícola

Dr. Francisco Ovalles: INIA
Dra. Evelín Cabrera-Bisbal: INIA
Dra. Adriana Cortéz: INIA
Dra. María F. Rodríguez: INIA
Dr. Juan Carlos Rey: INIA
Dr. Juan Comerma: PDVSA
Dra. Marelía Puche (Consultor): UCV Fac. de Agronomía
Ing. MSc María C. Núñez (colaborador): INIA
Ing. MSc Antonio Sánchez (colaborador): Consultor

Jacqueline Faría Pineda
MINISTRA DEL AMBIENTE

EQUIPO COORDINADOR
Director Nacional del Proyecto
Ing. Rodolfo Roa D.
MARN

Director Técnico
Lic. José Díaz D.
MARN

Oficial de Proyecto
Ing. Lila Gil
PNUD

Asistente Técnico-Administrativo
Hidromet. Aleida Aiffil
MARN PNUD

Compilador
Héctor Bracho

2005
Caracas
República Bolivariana de Venezuela

Los trámites ante los organismos internacionales para organizar el proyecto *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela* fueron realizados por la Oficina Sectorial de Gestión y Cooperación Internacional, del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. La coordinación para la elaboración de la Primera Comunicación estuvo a cargo de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente. A través de este Documento se pretende recopilar la experiencia nacional en el tema del Cambio Climático, expresada en numerosas investigaciones y trabajos realizados en diferentes áreas con la participación de representantes de los sectores: ministeriales, empresas del Estado, empresas privadas, educativo, académico y de investigación.

El proyecto *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela* (MARNPNUDGEV VEN/00/G31) ha sido posible gracias al apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), administrados por la Oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en Caracas.

CESMA : Centro de Estadística y Modelos Matemáticos
CIDIAT : Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial
DGCH : Dirección General de Cuencas Hidrográficas
DGPOA : Dirección General de Planificación y Ordenamiento Ambiental
EDELCA : Electrificación del Caroní
FAV : Fuerza Aérea de Venezuela
IFLA : Instituto Forestal Latinoamericano
INIA : Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
MARN : Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales
PDVSA : Petróleos de Venezuela
PNUD : Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
UCV : Universidad Central de Venezuela
ULA : Universidad de los Andes
USB : Universidad Simón Bolívar

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	
SUMMARY	
INTRODUCCIÓN	1
CIRCUNSTANCIAS NACIONALES	3
1.1. Ubicación geográfica	3
1.2. Regiones naturales	4
1.3. Clima	5
1.4. Población	6
1.5. Recursos hídricos	7
1.6. Biodiversidad	9
1.7. Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE)	10
1.8. Recursos forestales	12
1.9. Suelos y tierras	12
1.10. Agricultura	14
1.11. Recursos energéticos	14
1.12. Economía	14
1.13. Industria	18
1.14. Transporte	19
1.15. Desechos	19
1.16. Retos ambientales	19
1.17. Estructura de Gobierno	20
1.18. El modelo venezolano	20
1.19. Participación en organizaciones internacionales	20
1.20. Acuerdos ambientales internacionales	21
2. INVENTARIO GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	23
2.1. Contribución de Venezuela a las emisiones globales del CO ₂	24
2.2. Emisiones totales de GEI en Venezuela	24
2.3. El sector energético	24
2.3.1. Características del sector	
2.3.2. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
2.4. Los procesos industriales	31
2.4.1. Características	
2.4.2. Producción de cemento	
2.4.3. Producción de cal	
2.4.4. Uso de piedra caliza y dolomita	
2.4.5. Producción y utilización de carbonato sódico	
2.4.6. Producción de amoníaco	
2.4.7. Producción de ácido nítrico	
2.4.8. Producción de carburo de silicio	
2.4.9. Otros productos químicos	
2.4.10. Producción de hierro y acero	
2.4.11. Producción de ferro-silicio	
2.4.12. Producción de aluminio	
2.4.13. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	

2.5. El sector agrícola	35
2.5.1. Descripción del sector	
2.5.2. El ganado doméstico	
2.5.3. Los cultivos de arroz	
2.5.4. La quema prescrita de sabanas	
2.5.5. La quema en el campo de residuos agrícolas	
2.5.6. Los suelos agrícolas	
2.5.7. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
2.5.8. Emisiones del ganado doméstico	
2.5.9. Emisiones de las plantaciones de arroz	
2.5.10 Emisiones por la quema prescrita de sabanas	
2.5.11. Emisiones por la quema en el campo de residuos agrícolas	
2.5.12. Emisiones de los suelos agrícolas	
2.6. Cambio de usos de la tierra y silvicultura	44
2.6.1. Cambios de biomasa en bosques y otro tipo de vegetación leñosa	
2.6.2. Conversión de bosques	
2.6.3. Absorción de carbono por tierras abandonadas en proceso de regeneración en los últimos 20 años	
2.6.4. Emisiones o absorción de CO ₂ en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra	
2.6.5. Abonado con cal en tierras dedicadas a la agricultura	
2.6.6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
2.7. El manejo de desechos	48
2.7.1. La Disposición de los residuos sólidos en Venezuela	
2.7.2. El tratamiento de las aguas residuales en Venezuela	
2.7.3. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
3. PROGRAMAS, POLÍTICAS Y MEDIDAS SECTORIALES. PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO GENERAL	51
3.1. Introducción	51
3.2. Líneas estratégicas	53
3.3. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), Protocolo de Kyoto y Mecanismo de Desarrollo Limpio	55
3.4. Marco legal	55
3.5. Marco institucional	56
3.6. Programas y proyectos actualmente en marcha directamente aprovechables para la estrategia general para el Cambio Climático	57
4. VARIABILIDAD CLIMÁTICA NATURAL Y VULNERABILIDAD	59
4.1. Introducción	59
4.2. Factores que influyen la variabilidad climática en Venezuela. Impactos	59
4.3. Variabilidad climática observada en Venezuela en el siglo XX	60
4.3.1. Tasas de cambio de las temperaturas media y extremas	
4.3.2. Tasa de cambio de la precipitación	
4.3.3. Cambios en la ocurrencia de lluvias extremas	
4.4. Conocimiento sobre Paleoclimatología de Venezuela	63
4.5. Vulnerabilidad y capacidad actual de adaptación a la variabilidad climática	64
5. IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. POSIBLES MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	67
5.1. Introducción	67
5.2. Escenarios y modelos utilizados en la Primera Comunicación Nacional	67
5.3. Cambios ambientales generales	69
5.3.1. Cambios en los patrones de temperatura	
5.3.2. Cambios en los patrones de precipitación	
5.3.3. Cambios en los patrones de tipos climáticos según Thornthwaite	
5.3.4. Cambios en los patrones del número de meses húmedos	
5.3.5. Cambios en los patrones de excesos de agua	
5.3.6. Medidas posibles de adaptación	
5.4. Impactos en el sector agrícola	82
5.4.1. Características de la agricultura y los agro-ecosistemas de Venezuela	
5.4.2. Cambios en los rendimientos	

5.4.3. Cambios en el uso de agua	
5.4.4. Cambios los periodos de crecimiento de cultivos prioritarios en zonas afectadas por el cambio climático	
5.4.5. Cambios en algunos de los principales sistemas productivos	
5.4.6. Medidas posibles de adaptación	
5.5. Impactos en el sector recursos hídricos	92
5.5.1. Cambios en la escorrentía en 7 cuencas prioritarias	
5.5.2. Cambios en la recarga en 2 acuíferos prioritarios	
5.5.3. Efecto en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento	
5.5.4. Medidas posibles de adaptación	
5.6. Impactos por el ascenso del nivel del mar	97
5.6.1. Medidas posibles de adaptación	
5.7. Impactos socioeconómicos	98
5.7.1. Sobre la producción petrolera	
5.7.2. Dimensión económica	
5.7.3. Dimensión social	
5.7.4. Jerarquización de los requerimientos de adaptación	
6. OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	109
6.1. Distribución sectorial de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero	109
6.2. Características del sector energético	110
6.3. Opciones de mitigación de emisiones del sector energía	115
6.4. Opciones de mitigación de emisiones en el subsector transporte	118
6.5. Opciones de mitigación de emisiones por manejo de desechos sólidos	119
6.6. Opciones de mitigación de emisiones del sector forestal	120
7. REQUERIMIENTOS NACIONALES PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO	121
7.1. Incremento de capacidades técnicas, personales e institucionales	121
7.2. Reforzamiento de capacidades interinstitucionales para el manejo integrado del cambio climático	122
7.3. Transferencia de tecnología	123
7.3.1. Los requerimientos de tecnología en Venezuela	
7.3.2. Necesidad de mejora de capacitación	
7.3.3. Barreras identificadas en la transferencia de tecnología	
7.3.4. Elementos clave para la transferencia de tecnología	
8. INVESTIGACIÓN Y OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA	127
8.1. La organización de las mediciones climáticas en Venezuela	127
8.2. La capacidad de medición sistemática de Venezuela	128
8.3. La investigación en las áreas relacionadas con el Cambio Climático en Venezuela	129
9. DIVULGACIÓN Y CONCIENCIACIÓN	131
9.1. Plan Nacional de Difusión de Información sobre Cambio Climático	131



INVENTARIO GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El Efecto Invernadero es un fenómeno natural que se produce cuando la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre, es absorbida por los gases atmosféricos. Los gases que absorben parte de esta energía son denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI), y son principalmente: vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono. Los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y algunos gases tales como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles distintos al metano, contribuyen también al Efecto Invernadero.

Se piensa que el incremento de estos gases altera la distribución de energía de la atmósfera y, en consecuencia, tiene la potencialidad de afectar el clima, incidiendo sobre algunos fenómenos naturales, como la temperatura media global, la frecuencia y distribución de la precipitación, los patrones de clima, el ciclo hidrológico, entre otros. El resultado podría ser un aumento en la temperatura de 1,4 a 5,8 grados centígrados en los próximos 100 años y la consecuente afectación de los ecosistemas naturales, cultivos agrícolas y el incremento del nivel del mar.

No todos los gases tienen la misma incidencia sobre el Efecto Invernadero. Se han establecido efectos directos e indirectos para distinguir entre un Gas de Efecto Invernadero propiamente dicho, y un gas que origina o tiene influencia en la producción del primero de los mencionados, en la atmósfera. Para determinar

esto último, se calculó un índice que permite comparar sobre una misma base los efectos de estos gases mediante el Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés), el cual mide la relación de la fuerza radiativa directa e indirecta de una unidad de Gas de Efecto Invernadero, y una unidad de CO₂, como gas de referencia, en un período determinado, normalmente de 20 y 100 años.

El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, a través de su Dirección General de Cuencas Hidrográficas, completó el **Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Año 1999**, con la asistencia financiera del Fondo Ambiental Global (GEF) a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Los datos requeridos por el inventario se recopilaron mediante una búsqueda de referencias bibliográficas, consultas a instituciones y empresas y entrevistas con expertos. En el caso de la industria petrolera, se contó con un inventario completado de manera voluntaria por Petróleos de Venezuela, S.A., empresa estatal, a través de su filial de investigación y desarrollo INTEVEP. La información está organizada en cinco módulos, correspondientes a las distintas categorías de fuentes que generan emisiones de GEI. Estos son:

- Energía
- Procesos industriales
- Agricultura
- Cambio del uso de la tierra y silvicultura
- Desechos

Los cálculos de cada uno de los sectores se realizaron siguiendo la metodología sugerida por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos, en las "Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada de 1996". Los gases incluidos en este inventario nacional fueron el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

Este inventario de emisiones, además de ofrecer una información cuantitativa acerca de los Gases de Efecto Invernadero que se emiten por las actividades humanas en Venezuela y de sus fuentes y sumideros, permitirá identificar aquellas categorías de fuentes que por su importancia, pueden ofrecer oportunidades para la eventual realización en el país de proyectos de reducción de emisiones con inversiones externas, que han de aportar beneficios ambientales y sociales, tales con la reducción de las formas de contaminación local y creación de riqueza y empleos.

2.1 Contribución de Venezuela a las Emisiones Globales del CO₂

En el Cuadro 2.1 se muestra el inventario general de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, GEI, expresadas en Gigagramos (Gg), para cada uno de los gases en las distintas categorías de fuentes, así como la absorción de dióxido de carbono por cada uno de los sumideros. Las emisiones totales de CO₂ en Venezuela, para 1999, alcanzan 114.147 Gg, a la vez que el sector cambio de uso de la tierra y silvicultura absorbe 14.360 Gg, lo cual significa que la emisión neta del país es 99.787 Gg de CO₂. Así mismo, en 1999 se emitieron 2.950 Gg de CH₄, 52 Gg de N₂O y 396 Gg de NO_x.

Las emisiones de CO₂ provienen en mayor proporción de la combustión de combustibles fósiles del sector energético, las cuales representan un 89,9% del total, mientras que las emisiones provenientes de procesos industriales alcanzan el 7,9% y las emisiones fugitivas el 2,2%.

Las emisiones de metano provienen en mayor proporción de fugas y venteos de gas natural que se producen en las actividades de extracción, almacenamiento y transporte de petróleo y gas natural de la industria nacional de hidrocarburos. Estas emisiones representan un 61,4% del total de emisiones de metano, mientras que las emisiones del sector agrícola totalizan 28,3% y la descomposición de desechos orgánicos aporta un 9,7%.

En cuanto a las emisiones de óxido nitroso, el 96,1% del total se producen por las actividades del sector agrícola, mientras que el 97,7% de las emisiones de óxidos de nitrógeno tienen su origen en la combustión de combustibles fósiles.

2.2 Emisiones totales de GEI en Venezuela

Las emisiones totales de CO₂ de Venezuela, estimadas en 31.131 Gg de C (114.147 Gg de CO₂), representan el 0,48% de las emisiones globales del planeta, estimadas en 6.492.000 Gg de C por el Carbon Dioxide Analysis Center del Departamento de Energía de USA. Es por ello, que Venezuela se ubica entre los países con pocas emisiones.

En la región latinoamericana, Venezuela ocupa el cuarto lugar en emisiones de CO₂, después de México, Brasil y Argentina (Figura 2.1).

En tal sentido, Venezuela, a pesar de ser uno de los principales países productores y exportadores de petróleo del mundo, genera relativamente pocas emisiones de CO₂. En ello incide el significativo aprovechamiento que hace Venezuela de sus recursos hídricos como fuente de energía (cerca del 70% del total nacional) y la extensa utilización del gas natural, en lugar de fuel oil, tanto para la generación eléctrica como para uso doméstico e industrial.

En cuanto a la emisión de CO₂ per cápita, la cifra estimada para Venezuela es de 1,3 toneladas de carbón. Ello representa una cifra menor a la observada en países desarrollados, y similar a otros países en vías de desarrollo de Latinoamérica. La emisión per cápita de Venezuela coincide con el valor promedio mundial (Figura 2.2).

Haciendo uso del Potencial de Calentamiento Global PCG (GWP por sus siglas en inglés) de los gases considerados (Cuadro N° 2.2) se realizó la comparación de las emisiones de todos los sectores categorías de emisión de gases, expresadas éstas sobre la misma base de unidades equivalentes de CO₂ (Figura 2.3).

En total, en Venezuela se produjo una emisión neta de 177.836 Gg de CO₂ equivalente y la absorción de 14.297 Gg por el sector cambio de uso y silvicultura. Correspondió al sector energético la mayor proporción de las emisiones con un 74,8% del total, mientras que el sector agrícola contribuyó con el 17,2%.

2.3. El sector energético

2.3.1. Características del sector

Los recursos energéticos que posee Venezuela son cuantiosos y diversificados: petróleo, gas, carbón, bitúmenes, hidroenergía y el potencial no explotado de fuentes alternas de energías renovables que incluyen las energías solar, eólica, biomasa y geotérmica. Según el balance energético del Ministerio de Energía y Minas las reservas petroleras totales ascienden a 221 mil millones de barriles. Las reservas probadas alcanzan a 77.000 millones de barriles para el año 2002. Las reservas de gas se estiman en 147 billones de pies cúbicos, de las cuales 91% se

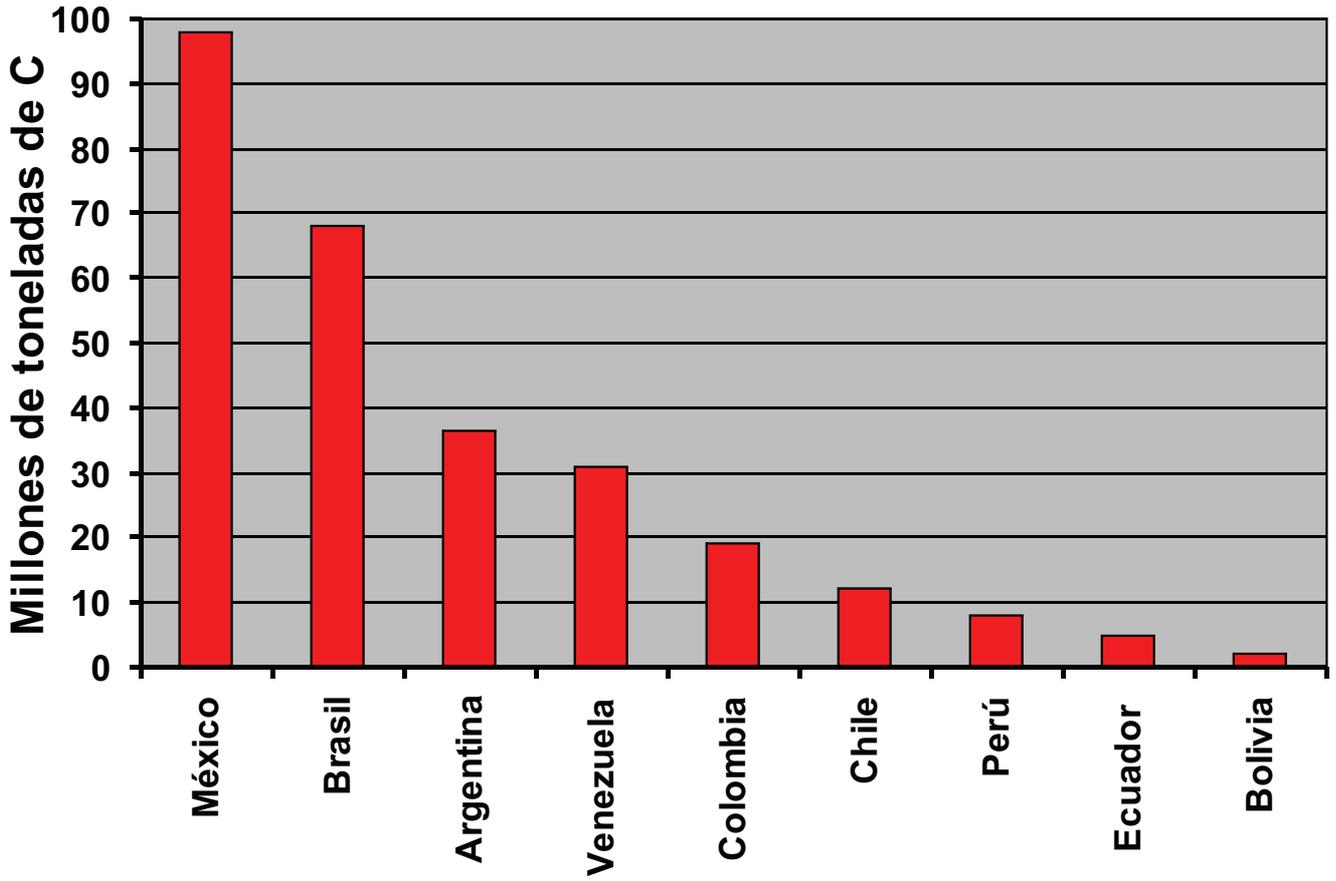


Fig. 2.1 Emisiones de CO₂ en Países Latinoamericanos

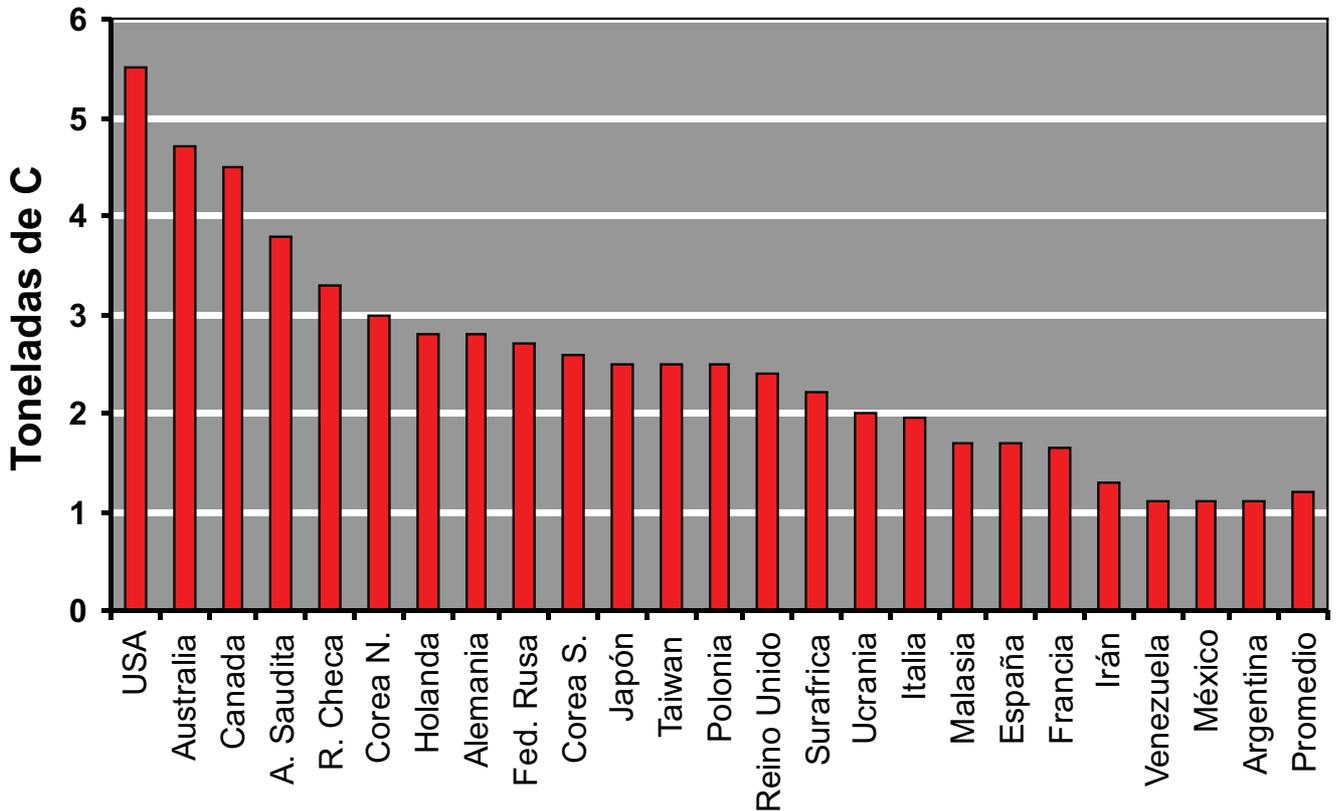


Figura 2.2. Emisiones de CO₂ per cápita por países

Cuadro N° 2.1
Resumen del Inventario de Emisión y Absorción de Gases de Efecto Invernadero de Venezuela para el año 1999

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gg (en miles de toneladas)				
	CO ₂ Emisiones	CO ₂ Absorción	CH ₄	N ₂ O	NO _x
Emisiones y absorción total de GEI	114.147	-14.360	2.950	52,00	360
1. Energía	105.117	0	1.821	0,72	388
A. Quema de combustible (Enfoque Usos Finales)	102.564		11	0,66	387
1. Industrias generadoras de energía	46.908		1	0,31	91
2. Industrias manufactureras y de la construcción	14.856		1	0,04	13
3. Transporte	33.730		8	0,3	279
4. Otros sectores	7.070		1	0,01	3
B. Emisiones fugitivas	2.533	0	1.810	0,06	1
1. Combustibles sólidos	0		4	0	0
2. Petróleo y gas natural	2.533		1.806	0,06	1
2. Procesos industriales	9.030	0	5	0,26	0
A. Productos minerales	6.748		0	0	0
B. Industria química	1.143		5	0	0
C. Producción de metales	1.139		0	0	0
3. Agricultura	0	0	835	49,73	7,79
A. Fermentación entérica			757,2	0	0
B. Manejo de estiércol			33,2	1,52	0
C. Cultivo de arroz			29,3	0	0
D. Suelos agrícolas			0	47,99	6,47
E. Quema prescrita de sabanas			14,5	0,18	1,32
F. Quema en campo de residuos agrícolas			1,2	0,04	1,00
4. Cambio de uso de la tierra y silvicultura	0	-14.360	3,0	0,02	1
A. Cambios de biomasa a bosques y otros tipo de vegetación		-40.306			
B. Conversión de bosques a sabanas	10.107		3,0	0,02	1
C. Abandono de tierras cultivadas		-9.832			
D. Emisiones y absorción de CO ₂ de los suelos	25.673	0			
5. Desechos			285	1,0	0
A. Desechos sólidos dispuestos en tierra			279	0	0
B. Tratamiento de aguas residuales			7	1,0	0
Rubros informativos:					
Bunkers internacionales	4.542	0	0	0	0
Aviación	418	0	0	0	0
Marina	4.124	0	0	0	0
Emisiones de CO₂ de la biomasa	0				

Cuadro N° 2.2
Potencial de Calentamiento Global (PCG) de los GEI

Gas	Símbolo	PCG
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido nitroso	N ₂ O	310

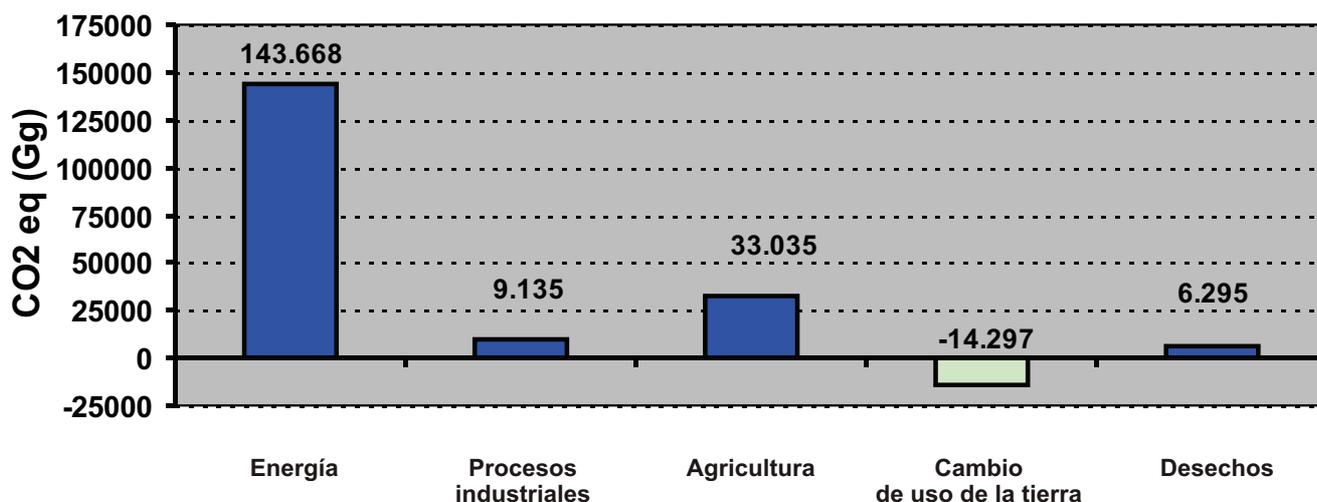


Figura 2.3 Balance de Emisiones y Absorción de GEI en Venezuela para el año 1999, expresadas como CO₂ equivalente

Cuadro N° 2.3
Producción total de energía primaria en 1999

Recursos	Producción (10 ⁶ bep)	%
Petróleo	1.157,54	70,53
Gas natural	288,32	17,57
Carbón mineral	35,66	2,17
Hidroenergía	136,07	8,29
Leña	0,44	0,03
Orimulsión	23,21	1,41
Total:	1.641,24	100,00

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2000. Balance Energético 1996-2000. Caracas

encuentra asociado a los yacimientos petroleros y 7% en yacimientos de gas libre. Las reservas de carbón mineral son 1.309 millones de toneladas y el potencial hidroeléctrico alcanza a 54.700 MW.

La producción de energía primaria en 1999 se situó en 1.641 millones de barriles equivalentes de petróleo (Cuadro N° 2.3); 70,53% correspondió al petróleo, 17,57% gas natural y 8,29% la hidroenergía.

En 1999, se exportaron 754,72 millones de bep, representando 64,55% de la producción petrolera total, mientras que 414,41 bep (barriles equivalentes de petróleo) (35,45%) fueron refinados, consumiéndose en el país 120,01 bep de productos refinados (ver Cuadro N° 2.4) y destinándose el resto a la exportación (Cuadro N° 2.5).

En cuanto al gas natural, el 34% del gas extraído se reinyectó a los yacimientos petroleros, para mantener

la presión de los mismos y por ello, la producción neta nacional de gas fue 288,32 millones de bep. El uso de gas se distribuyó de la manera siguiente:

- 44% consumido por el propio sector petrolero
- 32% destinado al consumo directo final
- 15% destinado a la generación eléctrica
- 9% como energía no aprovechada

El sistema de generación hidroeléctrica nacional cuenta con nueve plantas y un total de 51 unidades de generación, con una capacidad nominal de 13.224 MW. El total de generación hidroeléctrica en 1999 fue de 48,51 millones de bep, de los cuales 75,14% correspondió a hidroelectricidad y 24,86% a termoelectricidad.

La totalidad de la producción de Orimulsión y el 97,8% de la producción de carbón mineral se destinó a la exportación.

Cuadro N° 2.4
Consumo total de energía en 1999

Recursos	Consumo total de energía (bep)	%
Gas natural	89,79	36,46
Electricidad	35,58	14,45
Carbón mineral	0,77	0,31
Leña	0,03	0,01
Carbón vegetal	0,06	0,02
GLP	15,83	6,43
Gasolina de motor	66,13	26,86
Gasolina de aviación	0,11	0,04
Kerosén	0,47	0,19
Turbo kerosén	1,92	0,78
Diesel oil	25,58	0,39
Fuel oil	2,85	1,16
No-energéticos	7,12	2,89
Total productos refinados	120,01	48,74
Total:	246,24	100,00

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2000. Balance Energético 1996-2000. Caracas

Cuadro N° 2.5
Exportaciones totales de energía en 1999

Recursos	Exportación (10⁶ bep)	%
Petróleo	754,72	68,67
Carbón mineral	34,89	3,17
Orimulsión	24,00	2,18
GLP	20,77	1,89
Gasolina de motor y naftas	81,00	7,37
Gasolina de aviación	0,08	0,01
Turbo kerosén	9,17	2,65
Diesel oil	79,01	7,19
Fuel oil	65,66	5,97
No-energéticos	9,81	0,89
Total:	1.099,11	100,00

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2000. Balance Energético 1996-2000. Caracas

En cuanto a la distribución sectorial del consumo de energía en Venezuela, predomina el consumo de sub-sector industrial, con casi el 50% del consumo total, mientras que el sub-sector transporte consume el 33%, el residencial 10% y el sector servicios 7%.

En el sector industrial se consumieron 123 millones de barriles equivalentes de petróleo en 1999. Las actividades que tuvieron la mayor participación en esta demanda fueron: la industria petroquímica con 33%, siderúrgica 19%, aluminio 9% y cemento 7%. El 32% restante se repartió entre numerosas otras industrias. La estructura del consumo estuvo conformada por un 63% de gas natural, 13% de electricidad, 9% diesel oil, 7% GLP, 5% de derivados no energéticos y 3% otros derivados de petróleo.

El consumo del sector transporte fue de 82 millones de bep, siendo los principales combustibles usados: las gasolinas de motor con 80% y el diesel con 16%.

El sector residencial consumió 25 millones de bep y su estructura por fuente energética quedó conformada con 37% de electricidad, 33% de gas natural, y 30% de GLP.

Finalmente, el sector servicios consumió 14 millones de bep, con una estructura de consumo constituida por 74% de electricidad, 24% de gas natural y 2% de diesel oil.

2.3.2 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El sector energético representa la fuente emisora más importante de Gases de Efecto Invernadero en Venezuela. Las emisiones dentro de este sector se agrupan en aquellas que se generan por combustión de combustibles fósiles y las que ocurren por fugas o liberación de gases a la atmósfera. El inventario de emisiones por combustión incluye los sub-sectores: industria de la energía, industrias manufactureras y de la construcción, transporte y otros sub-sectores (comercial, residencial, agrícola).

El gas emitido en mayor cantidad en el año 1999, entre los distintos subsectores del sector energía fue el dióxido de carbono, según se puede apreciar en el Cuadro N° 2.6. Las emisiones más significativas provienen de las industrias energéticas, principalmente derivadas del consumo de gas natural por la industria petrolera y las plantas termoeléctricas. En segundo lugar están las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles del sector transporte, y a éstas le siguen las emisiones por consumo de energía de la industria manufacturera y de la construcción. La industria petrolera es también una fuente importante de emisiones de metano, como resultado de la liberación o venteo de gas natural en los procesos de extracción, producción, transporte y

Cuadro N° 2.6
Emisiones de GEI del sector energía en 1999

CATEGORÍAS DE FUENTES	Emisiones			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x
Emisiones totales. Método de Referencia	108.095			
Emisiones totales. Enfoque de Usos Finales	105.117	1.822	0,72	388
A. Quema de combustibles (Enfoque Usos Finales)	102.564	11	0,66	387
1. Industrias de energía	46.908	1	0,31	91
2. Industrias manufactureras y de la construcción	14.856	1	0,04	13
3. Transporte	33.730	8	0,30	279
4. Otros sectores	7.070	1	0,01	3
B. Emisiones fugitivas	2.553	1.810	0,06	1
1. Combustibles sólidos		4		
2. Petróleo y gas natural	2.553	1.806	0,06	1

Fuentes:

Cálculos HIDROIMPACTO, C.A.

INTEVEP, S.A. (2000): Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Industria Petrolera, Los Teques.

Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación Energética (1999): Balance Energético de Venezuela.

Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación y Economía de Hidrocarburos (2001).

Petróleo y Otros Datos Estadísticos (PODE 2000)

Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica CAVEINEL 2000: Estadísticas Consolidadas del Sector Energético.

almacenamiento de petróleo y gas.

Las emisiones totales de dióxido de carbono se calcularon mediante el uso de dos métodos: el primero, el llamado método de referencia, que parte de un balance total de combustibles primarios producidos en el país, más los importados, menos las exportaciones y las variaciones de las existencias, para obtener el consumo aparente de cada combustible.

A partir del consumo aparente se determinan las emisiones de CO₂ haciendo uso de factores de conversión y de emisión. El segundo método es el enfoque de Usos Finales de la energía, que requiere de los consumos de combustible de cada uno de los usos finales de los combustibles. Las emisiones de dióxido de carbono calculadas por el enfoque de usos finales arrojan un valor de 105.117 Gg de CO₂, el cual es ligeramente inferior al valor obtenido por el método de referencia, que resultó ser 108.095 Gg. La diferencia de 2,75% pudiera ser atribuida a que el enfoque de Usos Finales no considera el consumo correspondiente a la energía no aprovechada de combustibles primarios.

La distribución de las emisiones de CO₂ entre los distintos sub-sectores se muestra en Cuadro N° 2.7. Se puede observar que los sub-sectores industria petrolera y transporte terrestre son los que generan mayores emisiones de dióxido de carbono, siguiendo en importancia la generación de electricidad en plantas termoeléctricas, las emisiones del hierro y del

acero, y el consumo residencial de combustibles fósiles. La participación del resto de los sub-sectores es minoritaria e inferior o igual al 2% del total de emisiones en cada caso.

Las emisiones de metano del sector energético totalizan 1.822 Gg. Estas son de dos tipos: emisiones por combustión incompleta y fugas y venteos de CH₄ y otros gases volátiles de los sistemas de extracción, producción, transporte y almacenamiento de combustibles. En el Cuadro N° 2.6 se puede observar que casi la totalidad de las emisiones de metano en Venezuela se generan en las instalaciones de petróleo y gas. Estas ascienden a 1.810 Gg de metano y se distribuyen de la siguiente manera:

- Venteos en separadores petróleo-gas, Tanques de almacenamiento y en sistemas neumáticos: 1.388,34 Gg
- Venteos en pozos: 385,64 Gg
- Quemadores (mechurrios) de gas: 25,28 Gg
- Fugas en tuberías de transporte: 6,83 Gg

Las emisiones de óxido nitroso (N₂O) del sector energía totalizan 0,73 Gg. El Cuadro N° 2.8 presenta la distribución de estas emisiones por sub-sectores, donde se aprecia que los sub-sectores transporte vehicular e industria petrolera son los máximos emisores con 39% y 36% del total respectivamente.

Las emisiones de óxidos nitrosos (NO_x) sumaron 388 Gg y de nuevo las fuentes emisoras más importantes fueron el sub-sector transporte por carretera, con una emisión de 279 Gg (72%) y la industria petrolera (21%).

Cuadro N° 2.7
Distribución de las emisiones de CO₂ del sector energía

Producción y refinación de petróleo	32%
Transporte por carretera	32%
Generación de electricidad y calor	14%
Industrias del hierro y del acero	7%
Sector residencial	5%
Industrias de metales no ferrosos	1%
Industria química	2%
Industria de pulpa y papel	1%
Alimentos, bebidas y tabaco	2%
Aviación civil	1%
Sectores comercial e institucional	1%
Sectores agricultura/forestal/pesca	0%
Venteo y quema de hidrocarburos	2%

Cuadro N° 2.8
Distribución de las emisiones de N₂O del sector energía

Transporte por carretera	39%
Producción y refinación de petróleo	36%
Venteo y quema de hidrocarburos	8%
Generación de electricidad y calor	7%
Industria química	6%
Aviación civil	3%
Residencial	1%

2.4 Los procesos industriales

2.4.1 Características

Para este inventario nacional, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de los procesos de producción se agruparon en tres categorías:

Productos minerales	Cemento Cal Uso de piedra caliza y dolomita Producción y utilización de carbonato sódico
Industria química	Amoníaco Ácido nítrico Carburo de silíceo Otros productos químicos
Producción de metales	Hierro y acero Ferro-silíceo Aluminio

2.4.2 Producción de cemento

Para la estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de clinker y de cemento en Venezuela, se utilizaron factores de emisión expresados en toneladas de CO₂ liberado por tonelada de clinker o de cemento producido.

El cálculo se realizó de dos maneras: la primera fue en forma segregada, para las distintas plantas de cemento del país, a partir de los siguientes datos:

- Producción de clinker
- Fracción de cal en el clinker
- Producción de cemento
- Fracción de cal en el cemento
- Cantidades de piedra caliza y dolomita utilizadas en la producción de cemento

El segundo cálculo se hizo de manera consolidada, utilizando la producción nacional de cemento y un factor de emisión prorrateado.

Empresa	Planta	Producción de clinker (t)	Fracción de cal en clinker (f) (% de CaO)	Producción de cemento (t)	Fracción de cal en cemento (f) (% de CaO)	Cantidad de piedra caliza utilizada (t)	Cantidad de dolomita utilizada
CEMEX	Pertigalete	3.118.740	65,77	2.523.056	64,13	2.227.973	ND
	Mara	648.870	67,00	628.727	64,53	ND	No se usa
	Lara	521.520	66,84	499.153	65,45	850.000	No se usa
LAFARGE	Ocumare	644.102	66,55	756.149	64,45	809.395	No se usa
	Táchira	103.943	67,55	119.809	65,66	155.313	No se usa
HOLCIM	S.Sebastián	972.288	ND	ND	ND	1.213.000	No se usa
	Cumarebo	988.752	ND	ND	ND	1.315.149	No se usa
Cementos Catatumbo		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cemento Andino		389.268	66,5	310.239	65,17	679.182	No se usa
Total		7.387.483	Varía por empresa	4.837.133	Varía por empresa	7.250.012	No se usa

ND: Información no disponible

Fuente: Información suministrada por CEMEX Venezuela, LAFARGE Venezuela, HOLCIM de Venezuela y CEMENTO ANDINO (reportada a la Dirección Estatal Ambiental Trujillo MARN)

2.4.3 Producción de cal

La producción de cal involucra una serie de pasos: la extracción, trituración y clasificación volumétrica de la materia prima; la calcinación de la materia prima para producir la cal, la hidratación de la cal en hidróxido de calcio, seguida de varias operaciones de transferencia, almacenamiento y manipulación.

Para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de cal, se utilizó un factor de emisión en función de la producción anual de cal viva, cuando el

horno es alimentado con calcita, o un factor de emisión en función de la producción anual de cal dolomítica, si el horno de cal es alimentado con dolomita.

Es de hacer notar, que para el cálculo de las emisiones los factores de emisión están basados en la cal pura, pero la pureza de la cal utilizada no siempre es 100% (suele variar entre 85% y 95%), por lo que se hizo necesario hacer el ajuste correspondiente, tomando en cuenta la pureza de la cal.

Empresa	Supracal	Calidrat	Maprinca	Maxical	Promiven	Productora Venezolana de Cal	Planta de Cal de SIDOR	Total
Producción cal viva	15.769 t	8.390 t	ND	4.331 m ³ (11.347,22 t)	7.241 t	838, 57 t	139.810 t	183.395,8 t
Producción cal dolomítica	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	103.468 t	103.468 t
% pureza cal viva	96,8% 98,8% (97,8%)	90%	ND	95,39% CaO aprovechable	96,5% CaCO ₃	No se dispone de este dato	92,51% CaO	Varía por empresa
% pureza cal dolomítica	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	52,3% CaO y 40,89% MgO	Varía por empresa
Cantidad piedra caliza utilizada	1.316 t	11.075 t	ND	32.490 m ³ (95.195,70 t)	12.980 t	3.935 m ³ (11.529,55 t)	268.899,4 t	401.090,3 t
Cantidad dolomita utilizada	20.760 t	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	228.004 t	248.764 t

ND: Información no disponible

Fuente: Información suministrada por SUPRACAL, C.A. (reportada a la Dirección Estatal Ambiental Yaracuy MARN); CALIDRAT, Materias Primas Industriales C.A.; MAXICAL, C.A., Productos Minerales Venezolanos "El Empedrado" C.A. (PROMIVEN C.A.); Productora Venezolana de Cal (actualmente Productora Cal Charallave C.A.); Planta de Cal de la Empresa Siderúrgica del Orinoco (SIDOR).

2.4.4 Uso de piedra caliza y dolomita

El consumo de piedra caliza y de dolomita se calculó a partir de los datos de producción, importación y exportación.

De este consumo total se excluyeron las cantidades

de piedra caliza y de dolomita en la producción de cemento y cal, obteniéndose así un valor de consumo el cual fue identificado como consumo real de piedra caliza y de dolomita.

De esta forma se obtuvo lo siguiente:

Material	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo total (t)	Cantidad utilizada en producción de cemento (t)	Cantidad utilizada en producción de cal (t)	Consumo real (t)
Piedra caliza	13.791.308	140,3	0,80	13.791.447,5	7.250.012	401.090,3	6.140.345,2
Dolomita	0	142.190	403,9	141.786,1	No se utiliza	248.764 t	-106.977,9

2.4.5 Producción y utilización de carbonato sódico

Como en Venezuela no se produce carbonato de sodio, se asumió que la cantidad consumida en 1999 es igual a las importaciones realizadas ese año, publicada en el Anuario de Comercio Exterior de Venezuela 1999, por la Oficina Central de Estadísticas e Informática OCEI (ahora INE). Se verificó también que en 1999, Venezuela no exportó carbonato de sodio.

Cantidad importada de carbonato de sodio: 162.295,8 t

2.4.6 Producción de amoníaco

Durante la fabricación de amoníaco se genera emisiones de CO₂, las cuales se pueden estimar por dos métodos: (a) Estimación según el consumo de gas natural como materia prima (CH₄); (b) Estimación basada en la producción de amoníaco.

Se seleccionó el método (b) en virtud de la disponibilidad de la información sobre producción. Se utilizó un factor de emisión de 1,5 toneladas de CO₂ por tonelada de amoníaco producido.

Producción de amoníaco:

Complejo Zulia:	433.000 toneladas
Complejo Morón:	204.000 toneladas
Producción total:	637.000 toneladas

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación y Economía de Hidrocarburos (2001). Petróleo y otros datos estadísticos (PODE 2000). Cuadragésima tercera edición, Cuadro N° 57. Instituto Nacional de Estadísticas INE. Producción consolidada de la Industria Petroquímica según productos y por complejo, 1996 2000.

2.4.7 Producción de ácido nítrico

En la producción de ácido nítrico se genera óxido nitroso (N₂O) como subproducto de la oxidación catalítica del amoníaco a elevadas temperaturas.

Las emisiones de N₂O se calcularon a partir de los datos de producción de ácido nítrico en el país. El factor de emisión utilizado fue 6 kg de N₂O por tonelada de ácido nítrico producido, debido a que la planta productora opera a una presión de 8 kg/cm².

Producción de ácido nítrico:

Diluido al 57%:	75 t/día
Concentrado 98%:	36 t/día

La producción se considera la suma de ambos valores, a saber:

75 t/día + 36 t/día = 111 t/día x 365 días/año = 40.515 t/año

Fuente: Información suministrada por CAVIM, C.A. Venezolana de Industrias Militares a la Dirección Estatal Ambiental Carabobo del MARN

2.4.8 Producción de carburo de silicio

En la producción de carburo de silicio se genera CO₂ como producto de la reacción entre el cuarzo y el carbono. Como fuente de carbono se utiliza coque de petróleo. Las emisiones de CO₂ se calcularon utilizando un factor de emisión basado en la cantidad de coque empleado. También se consideró en el cálculo el contenido de carbono en el coque y el aporte de carbono secuestrado en el producto.

Por otra parte, el coque de petróleo utilizado en la producción de carburo de silicio puede contener compuestos orgánicos que forman CH₄, el cual puede ser emitido a la atmósfera y su cálculo se puede realizar mediante dos métodos:

(a) Estimación basada en el consumo de coque de petróleo;

(b) Estimación basada en los datos de producción de carburo de silicio.

En este inventario se hicieron los cálculos mediante la aplicación de ambas metodologías y se tomó como resultado el valor más elevado.

Empresa	Cantidad de coque de petróleo utilizada como materia prima (t)	Contenido de carbono en el coque (%)	Aporte de carbono secuestrado en el producto (%)	Producción de carburo de silicio (t)
Saint Gobain Materiales Cerámicos de Venezuela	24.000	85 – 86	0,5% máximo %C (98% SIC)	18.500
Carburo de Silicio de Venezuela (Actualmente Carburo del Caroní)	36.000	85 – 86	0,5% máximo %C (98% SIC)	27.500
Total	60.000	85 – 86	0,5% máximo %C (98% SIC)	46.000

Fuente: Información suministrada por Saint Gobain Materiales Cerámicos de Venezuela y Carburo del Caroní a la Dirección Estatal Ambiental Bolívar del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

2.4.9 Otros productos químicos

La producción de otros productos químicos (negro humo, etileno, dicloroetileno, metanol y coque) pueden dar origen a emisiones de CH₄ y N₂O.

En cuanto a la estimación de las emisiones de N₂O, tal como lo establecen las Directrices del IPCC, son necesarios estudios adicionales para determinar si representan fuentes significativas, por lo que no se realizó el cálculo de estas emisiones:

Producción de negro de humo:	59.000 toneladas
Producción de etileno (bruta):	479.000 toneladas
Producción de dicloroetileno (bruta):	93.000 toneladas
Producción de metanol: Metor:	844.000 toneladas
Supermetanol:	568.000 toneladas
Producción total de metanol:	1.412.000 toneladas
Producción de coque:	7.860 barriles/día

Fuente: Información suministrada por la Empresa NEGROVEN S.A. a la Dirección Estatal Ambiental Carabobo del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN).

Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación y Economía de Hidrocarburos (2001). Petróleo y Otros Datos Estadísticos (PODE 2000), Cuadragésima Tercera Edición N° 57.

2.4.10 Producción de hierro y acero

Venezuela produce 3,26 millones de toneladas de acero a partir de hierro de reducción directa (HRD), el cual se fabrica utilizando 21.563 toneladas de coque como agente reductor; el consumo de este coque genera las emisiones de dióxido de carbono.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Anuario Estadístico Minero Año 2000. Septiembre 2001. Capítulo 2, Pág. 2 y 3.

2.4.11 Producción de ferro-silicio

Producción nacional de ferrosilicio 75%: 55.505 toneladas

Fuente: Ferroatlántica de Venezuela S.A. (FERROVEN) Informe Anual 2000.

2.4.12 Producción de aluminio

Producción nacional de aluminio: 570.321 toneladas

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Anuario Estadístico Minero Año 2000. Septiembre 2001. Capítulo 5, Pág. 25.

Instituto Nacional de Estadística INE. Anuario Estadístico de Venezuela 2000. Cuadro 314-01.

2.4.13 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El gas emitido en mayor cantidad en el año 1999, como producto de los procesos industriales, fue el dióxido de carbono, totalizando 9.030 Gg, seguido del metano con 4,6 Gg y el óxido nitroso con 0,26 Gg, según se puede observar en el Cuadro N° 2.9. Las emisiones más significativas de dióxido de carbono corresponden a los procesos de manufactura de productos minerales, mientras que las emisiones de metano y óxido nitroso provienen de los procesos de la industria química.

El proceso de fabricación de cemento es que el genera mayores emisiones de dióxido de carbono, representando 43% del total, seguido por el uso de piedra caliza y dolomita, con un 29%. La producción de amoníaco y aluminio de contribuye con 11% y 9%, respectivamente, según se lista a continuación:

Producción de cemento	43%
Uso de piedra caliza y dolomita	29%
Producción de amoníaco	11%
Producción de aluminio	9%
Producción de cal	2%
Producción de carburo de silicio	2%
Producción de ferro-silicio	2%
Producción y uso de carbonato de sodio	1%
Producción de hierro y acero	1%

En cuanto a las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de los procesos industriales, éstas arrojaron valores pequeños y poco significativos con respecto al inventario global de emisiones.

Cuadro N° 2.9
Emisiones de GEI provenientes de los procesos industriales en 1999 (Gg)

CATEGORÍAS DE FUENTES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Emisiones totales de los procesos industriales (Gg)	9.030	4,6	0,26
A. Productos minerales	6.748	0,0	0,00
1. Producción de cemento	3.814	0,0	0,00
2. Producción de cal	216	0,0	0,00
3. Uso de piedra caliza y de dolomita	2.651	0,0	0,00
4. Producción y uso de carbonato de sodio	67	0,0	0,00
B. Industria química	1.143	4,6	0,26
1. Producción de amoníaco	956	0,0	0,00
2. Producción de ácido nítrico			0,24
3. Producción de carburo de silicio	187	0,6	0,00
4. Otros (negro de humo, etileno, dicloroetileno, metanol y coque)	0,00	4,0	0,02
C. Producción de metales	1.139	0,0	0,00
1. Producción de hierro y acero	67	0,0	0,00
2. Producción de ferro-silicio	216	0,0	0,00
3. Producción de aluminio	855	0,0	0,00

Fuente: Cálculos HIDROIMPACTO, C.A.

2.5 El sector agrícola

2.5.1 Descripción del sector

En este sector se consideraron las emisiones de metano, óxido nitroso, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes de cinco (5) fuentes:

- Ganado doméstico (fermentación entérica y manejo de estiércol)
- Cultivo de arroz (arrozales anegados)
- Quema prescrita de sabanas
- Quema en el campo de residuos agrícolas
- Suelos agrícolas

La información utilizada para realizar los cálculos de las emisiones se obtuvo de estadísticas nacionales de la producción agrícola animal y vegetal, estudios e investigaciones específicas, datos e informaciones suministradas por especialistas e investigadores en diferentes disciplinas y pertenecientes a distintas instituciones públicas y privadas, además de la generada a través del análisis de imágenes de satélites, del procesamiento de la información básica recabada, y de la comprobación de las cifras obtenidas a través de entrevistas y consultas a expertos.

2.5.2 El ganado doméstico

El rebaño nacional corresponde a un mosaico bovino, producto de un proceso empírico de mestización de diversas razas, principalmente: Criollo, Brahman, Nellore, Indu-Brasil, Santa Gertrudis, Jersey, Gyr, Charolais, Holstein y Pardo Suizo con tendencia en los últimos años a la cebuización. La alimentación del rebaño está sustentada principalmente en el pastoreo de pastos naturales y algunos cultivados, con muy bajos niveles de utilización de alimentos balanceados y significativas deficiencias en los controles sanitarios, en el manejo de pastizal y el rebaño, que dan lugar a una baja eficiencia reproductiva y productiva. Los procesos administrativos son deficientes, hay un bajo uso de recursos tecnológicos y alta utilización de mano de obra.

Para el año 1999, el rebaño nacional bovino estaba conformado por unas 13.773.376 cabezas, y se puede dividir en dos grandes grupos: uno de ganadería de leche o rebaño de ordeño, que representa el 33,8% del total y está constituido en un 90% por un rebaño de doble propósito y apenas un 10% con animales puros o mestizos de alta participación de razas lecheras; el comportamiento productivo de este rebaño presenta

Cuadro N° 2.10. Cifras de población animal para 1999 (N° de cabezas)

ESPECIE	VI CENSO AGRO PECUARIO 1997/98	CIFRAS DE LA DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS (MAT)			
		1998	1999	2000	PROMEDIO TRIENAL
Total bovino	13.056.023	13.458.668	13.777.935	14.083.526	13.773.376
Ganado de leche ¹		4.495.995	4.602.650	4.858.816	4.652.487
Ganado de carne		8.962.673	9.175.285	9.224.710	9.120.889
Búfalos	58.783 ⁵				58.783 ⁵
Ovinos	766.554	695.606	705.461	814.612	738.560
Caprinos	1.129.933	2.744.164	3.391.625	4.015.167	3.383.652
Mulas y asnos				579.321 ²	
Equinos				560.086 ³	
Cerdos	1.702.922	5.055.876	5.355.422	5.654.968	5.355.422
Aves de corral ⁴	95.129.143				
Producción anual de leche (l)		1.440.230.423	1.311.204.936	1.372.071.000	1.374.502.119
Prod.de leche vaca/año (l)		892	794	787	823

(1) El 33,4% del rebaño nacional está orientado a la producción de leche (90% con animales de doble propósito y 10% especializado lechero)

(2) Cifra obtenida aplicando a la población de asnos reportadas en el informe MARN 1996, la tasa de crecimiento que experimentaron los equinos entre 1996 y 2000.

(3) Cifra del Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA).

(4) La producción mensual de pollo es de 28,5 millones de unidades. Multiplicador para determinar existencia = 3, es decir, pollos beneficiados / mes x 3 = existencia de pollos. Gallinas en producción x 1,5 = gallinas totales

(5) Se tomó la cifra del VI Censo Agropecuario.

una eficiencia reproductiva del 73% (500 días de intervalo entre partos, mortalidad del 25% del nacimiento, a servicio o a sacrificio), una tasa de reemplazo de vacas del 14%, un promedio de lactancia de 284 días y una tasa de extracción de animales a sacrificio en el orden de 12,4%.

En el Cuadro N° 2.10 se presenta la población animal para las distintas especies de la ganadería nacional para el año 1999, con base en cifras publicadas por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT); se tomó un promedio de tres años (1998-2000) en aquellos casos donde las cifras estuvieron disponibles, de manera de tener un promedio centrado en 1999.

En el Cuadro N° 2.11 se presenta la distribución por entidad federal del rebaño nacional bovino. La principal región ganadera es la de los Llanos, donde se concentra el 60% del rebaño nacional bovino en las sabanas de los estados Apure, Barinas, Guárico, Anzoátegui, Monagas, Portuguesa y Cojedes.

La depresión del Lago de Maracaibo es la más importante individualmente, porque en ella se encuentra el 17,2% del rebaño nacional; en la región andina se ubica el 8% (estados Táchira, Mérida y Trujillo); en los valles y serranías de Lara, Falcón y Yaracuy se encuentra el 7,3%, y, al sur del Orinoco, en el estado Bolívar, se ubica el 4,1% del rebaño bovino.

Puesto que el consumo diario de alimentos y su tipo (% de fibra) son los factores más importantes en la emisión de metano, se buscó la información disponible de mediciones directas de las emisiones de metano procedentes de la fermentación ruminal y entérica que se hayan realizado en el país en las diferentes especies, pero no se identificaron investigaciones en este campo de trabajo.

Se identificaron algunos trabajos y ensayos realizados por diferentes instituciones universitarias y de investigación sobre composición, digestibilidad de los alimentos y determinaciones energéticas de la ingesta de alimentos, ganancia de peso y otros parámetros de interés para la determinación de los factores de emisión de gases. Sin embargo, poco uso se pudo hacer de los resultados, ya que no han sido sistematizados para este propósito. Dadas las grandes deficiencias en la información estadística sobre la composición del rebaño nacional y la falta de discriminación entre ganadería de leche y de carne, así como la falta de información confiable en cuanto a las raciones alimenticias, superficie de los diferentes tipos de pastos utilizados y grado de digestibilidad de los pastos en las diferentes zonas, entre otros parámetros, no se pudieron establecer factores de emisión nacionales sobre la base de la información experimental.

Cuadro N° 2.11
Distribución porcentual de las existencias de bovinos según entidad federal 1999

Entidad Federal	%
Zulia	17,20
Apure	15,20
Barinas	14,80
Guárico	11,70
Anzoátegui	5,70
Falcón	4,70
Monagas	4,30
Bolívar	4,24
Portuguesa	4,18
Cojedes	4,10
Táchira	3,90
Mérida	2,25
Trujillo	1,90
Yaracuy	1,70
Otros	4,13
Venezuela	100,00

Fuente: Ministerio de Agricultura y Tierras. Dirección de Estadísticas Agropecuarias
Cálculos CTI 3007

De lo anterior se deriva que existen grandes vacíos de información que impiden hacer cálculos de factores nacionales sobre las emisiones de metano y óxido nitroso por las diferentes especies animales. Ello determina la conveniencia de impulsar investigaciones sobre estos aspectos para disponer de la suficiente información específica para el caso de Venezuela; por este motivo, para efectuar los cálculos se hizo uso de los factores por defecto suministrados por el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático.

En cuanto al estiércol no se dispone de información cuantitativa específica de su producción, ni sobre las prácticas de su manejo en los sistemas de producción de las diferentes especies de animales; tampoco sobre su composición, por lo cual, para realizar las estimaciones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de esta fuente, se utilizaron los factores por defecto aportados por la metodología del IPCC. A la vez, se identifica la necesidad de hacer investigaciones sobre los desechos y los sistemas utilizados para la disposición de los excrementos de las distintas especies animales, como en su composición, de manera de poder hacer estimaciones con valores confiables de las condiciones nacionales de la producción de estiércol y su manejo.

Cabe destacar, que para utilizar los valores por defecto de los factores de emisión para el manejo de estiércol en el caso de Venezuela, se consideró que el 75% del rebaño vacuno se encuentra en zonas cuya temperatura promedio anual es superior a 25 °C y clasificada como zona cálida, y que el 25% de este rebaño está en zonas templadas, es decir, aquellas donde la temperatura media anual es inferior a 24 °C. En el caso de ovinos, mulas y asnos y porcinos un 95% se encuentra en zonas cálidas; las aves en un 90%, mientras que los búfalos, caballos y caprinos están en su totalidad en zonas cálidas.

2.5.3 Los cultivos de arroz

La superficie cosechada anualmente, según cifras de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT), está en el orden de las 146.350 ha para el trienio 1998 a 2000 con una producción anual promedio de 699.380 t, es decir, un rendimiento de 4.779 kg/ha, oscilando entre los 3.500 y 6.500 kg/ha para los diferentes tipos de productores.

En el país no se han efectuado mediciones relativas a las emisiones de metano de los arrozales anegados. Normalmente se utilizan factores de emisión reportados por el IRRI en la estación de Los Baños en Filipinas y recientemente estudios realizados en Brasil; por lo tanto, para el cálculo de los aportes de metano provenientes de la superficie nacional de arroz, se hará uso del factor por defecto suministrado por la metodología del IPCC.

En el Cuadro N° 2.12 se presenta la superficie cosechada y la producción de los cultivos de interés para el inventario de Gases de Efecto Invernadero, entre ellos el arroz.

2.5.4 La quema prescrita de sabanas

Más del 20% del territorio nacional está cubierto por formaciones vegetales de Sabanas, es decir, tipos de vegetación abierta donde el estrato herbáceo está dominado por gramíneas. La mayor parte de las sabanas ocupan suelos fuertemente lixiviados, no inundables, ricos en concreciones de hierro o suelos arenosos muy pobres en nutrientes; el estrato herbáceo varía ampliamente en altura (desde 10 cm a 2 m). En la zona sur de los estados Barinas, Portuguesa, Guárico y Apure, así como en las colinas premontanas del Escudo de Guayana y en la penillanura del río Casiquiare en el alto Orinoco se encuentran grandes áreas de sabanas inundables que constituyen el 30,5% de la superficie bajo sabanas.

Cuadro N° 2.12
Superficie cosechada y producción de cultivos de interés para el cálculo del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

CULTIVO	Superficie cosechada (ha)				Producción (toneladas)			
	AÑO				AÑO			
	1998	1999	2000	Promedio	1998	1999	2000	Promedio
Arroz	151.875	148.971	138.202	146.349	701.168	720.193	676.775	699.379
Caña de Azúcar	130.848	127.183	128.605	128.879	8.111.023	8.501.109	8.831.523	8.481.218
Leguminosas								
- Soya	2.020	1.893	1.691	1.868	5.680	5.207	4.495	5.127
- Caraota	22.545	17.083	17.218	18.949	17.454	13.891	14.758	15.368
- Arveja	54	55	25	45	54	56	32	47
- Frijol	18.964	17.905	13.965	16.945	13.687	13.338	10.663	12.563
- Quinchoncho	2.319	2.359	2.494	2.391	2.405	1.939	1.990	2.111

Fuente: Ministerio de Agricultura y Tierras. Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Cálculos CTI 3007

Las sabanas están sujetas a un clima fuertemente bi-estacional, con una marcada alternancia entre una severa estación de sequía de 4 a 6 meses de duración, y una época de lluvias que en las zonas bajas ocasiona inundaciones tanto por excesos de agua en el suelo, como por el desborde de los ríos.

Entremezcladas en el estrato herbáceo se encuentran frecuentemente varias especies leñosas arbustivas o arbóreas bajas, principalmente de las familias Dilleniaceae tales como el Chaparro (*Curatella americana*), Malvaceae y Leguminosae. También pueden encontrarse islas boscosas (matas) de diferente tamaño con una flora similar a la de los bosques secos. La parte leñosa puede estar representada por palmas, tales como la Palma Llanera (*Copernicia tectorum*) o Palma Moriche (*Mauritia flexuosa*).

De acuerdo con la forma y densidad del estrato leñoso en la sabana, se pueden distinguir entre una sabana arbustiva con chaparras, arbolada con matas, arbolada con palmas o simplemente, sabana abierta por ausencia de elementos leñosos.

Si bien el régimen hídrico en el suelo es uno de los

factores ecológicos importantes en estos ecosistemas, el otro es el fuego, que naturalmente o provocado como una práctica cultural, afecta anualmente parte importante de estas formaciones vegetales.

Cierto tipo de sabanas presentan una capacidad de recuperación vigorosa después de sufrir los impactos causados por la quema. Por otra parte, en la actualidad ocurre un proceso progresivo de eliminación física de sabanas para dar lugar a potreros o áreas cultivables.

El Cuadro N° 2.13 presenta las categorías de sabanas por sub-región y la superficie ocupada.

Para determinar la superficie de sabana que se quema anualmente, se realizó una revisión visual de 39 imágenes Landsat 7 TM+ tomadas sobre el territorio nacional en varios meses de un mismo año o para diferentes años, durante el período 1999 a 2003. Se contó con un mínimo de una vista y un máximo de cuatro para las imágenes que corresponden a zonas del país que tienen áreas importantes de sabana. Sobre la base del examen visual de esta información se determinó la proporción de sabana quemada en cada imagen.

Cuadro N° 2.13
Superficie de sabanas por sub-región en Venezuela (hectáreas)

Sub-región	Abierta no inundable	Arbolada con matas	Con Chaparro	Abierta inundable	Con Palmas	Total	(%)
Llanos	2.686.401	3.903.654	0	4.899.525	86.410	11.575.990	62,77
Sistemas de colinas Lara-Falcón	0	0	0	0	0	0	0,00
Cordillera de Los Andes	0	0	0	0	0	0	0,00
Cordillera de la Costa Central	0	408.259	0	0	0	408.259	2,21
Planicie deltaica y cenagosa costera	0	779.275	0	0	220.000	999.275	5,42
Colinas piemontanas Escudo de Guayana	129.860	85.243	3.094.667	171.332	0	3.481.102	18,87
Plenillanura Casiquiare Alto Orinoco	0	95.706	0	466.023	0	561.729	3,05
Macizo Guayanés	864.252	58.410	0	87.848	406.385	1.416.895	7,68
Total (ha)	3.680.513	5.330.547	3.094.667	5.624.728	712.795	18.443.250	100,00

Fuente: Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar. IGVS. Mapa de vegetación (Hüber y Alarcón, 1988).
Resultados preliminares de la digitalización y estimaciones de CTI 3007.

La evaluación visual permitió identificar que en algunos de los sectores de sabanas del país, la proporción quemada puede ser igual al 40% de la superficie de la sabana presente en ese sector; así mismo, se observó que algunos sectores no se queman. El resultado final es que, en promedio, el 16,3% del territorio nacional ocupado por sabanas se quema anualmente, lo que representa una superficie de 3.015.456 hectáreas.

La mayoría de los investigadores utiliza una clasificación de sabanas en tres grandes categorías: sabanas cubiertas de paja saeta (*Trachypogon*), sabanas de banco, bajío y estero, y sabanas de *Paspalum fasciculatum* o, sabanas bien drenadas, sabanas mal drenadas y sabanas de inundación.

Las sabanas de *Trachypogon* (conocida como paja saeta o paja peluda), es característica de suelos pobres bien drenados como los que se presentan en los llanos orientales, a menudo asociadas con chaparro (*Curatella americana*), y en el sur de Apure.

Las sabanas de banco, bajío y estero tienen una mayor diversidad de especies, las cuales varían según la posición geomorfológica, las características de los suelos y la duración de las inundaciones asociadas a ésta. Se encuentran en estas sabanas especies de los géneros *Panicum*, *Mesoselum*, *Paspalum*, *Leersia* e *Hymenachne*. Son características del Alto Apure y los estados Cojedes, Portuguesa y Barinas.

Las sabanas de *Paspalum fasciculatum* se presentan en los llanos bajos, en los cuales la inundación es de mayor duración y tiene como origen tanto la lluvia como el desborde de los ríos. Corresponden al bajo Apure, el sur de los estados Barinas, Cojedes y Portuguesa, las vegas y el delta del río Orinoco. La

especie predominante es la chigüirera (*Paspalum fasciculatum*) y en ellos el estrato arbóreo es menos frecuente o inexistente.

Con base en el mapa de vegetación del 1988, se aproximó la superficie de cada uno de estos tipos de sabana, cuyos resultados son:

Sabanas de <i>Trachypogon</i> :	7.434.991 ha
Sabanas de banco, bajío y estero:	5.831.201 ha
Sabanas de <i>Paspalum</i> :	5.177.058 ha
Total:	18.443.250 ha

Estos tipos de sabana tienen diferentes rendimientos anuales de biomasa; sobre la base de la revisión de literatura y consultas con expertos, se establecieron los siguientes rangos en materia seca (MS):

Sabanas de *Trachypogon*:
3 a 8 tMS/ha/año. Promedio = 4,64

Sabanas de banco, bajío y estero:
5 a 12 tMS/ha/año. Promedio = 7,25

Sabanas de *Paspalum*:
8 a 14 tMS/ha/año. Promedio = 9,61

Se estimó que para el momento de la quema las superficies afectadas por este fenómeno tendrían una biomasa equivalente al 40% del rendimiento anual.

Los resultados para cada una de las categorías de sabanas se presentan en el Cuadro N° 2.14, incluyendo la superficie anual quemada, su porcentaje, los valores de biomasa presente al momento de ocurrir las quemadas y la cuantificación de la biomasa quemada.

Cabe destacar que cuando se menciona biomasa quemada, se refiere a la biomasa presente en las áreas en el momento en que suceden las quemadas.

Cuadro N° 2.14
Estimación de la superficie y biomasa quemadas según tipo de sabana. Año 1999

CONCEPTO	TOTAL	SABANAS		
		TRACHYPOGON	BANCO-BAJIO-ESTERO	PASPALUM
Superficie (ha)	18.443.250,10	7.434.990,40	5.831.201,20	5.177.058,50
Proporción área quemada (%)	16,35	10,73	23,80	16,03
Área quemada (ha)	3.015.456,11	797.627,11	1.387.731,38	830.097,62
Rango tMS/ha (total anual)		3 a 8	5 a 12	8 a 14
tMS/ha (producción promedio anual)	6,86	4,64	7,25	9,61
tMS/ha (al momento de la quema)	2,78	1,84	2,66	3,87
Biomasa total anual (t)	126.528.275,63	34.492.238,40	42.304.687,98	49.731.349,25
Biomasa al momento de la quema (t)	50.611.310,25	13.796.895,36	16.921.875,19	19.892.539,70
Biomasa quemada (t)	8.369.038,44	1.469.453,46	3.691.049,94	3.208.535,05

Fuente: Estimaciones CTI 3007

2.5.5 La quema en el campo de residuos agrícolas

En años pasados la quema de desperdicios agrícolas era una recomendación fitosanitaria, a fin de evitar la propagación de inóculos, plagas y enfermedades, pero con el desarrollo de agroquímicos desecantes, herbicidas y la aplicación de los mismos por parte de los agricultores, esta práctica ya no se utiliza.

La caña de azúcar es el único cultivo que es sometido a la quema, la cual es realizada antes de la cosecha, para eliminar las hojas y malezas a fin de hacerla más eficiente y segura, puesto que permite, a la vez, combatir las serpientes que viven entre el cultivo y eliminar las hojas para evitar daños al personal que realiza la cosecha.

Para realizar las estimaciones de Gases de Efecto Invernadero provenientes de la quema precosecha de los cultivos de caña de azúcar es necesario conocer la producción de caña de azúcar que es llevada a los centrales azucareros, la composición de la planta y los factores de emisión correspondientes.

Las cifras sobre superficie cosechada y producción de caña de azúcar para los años 1998 a 2000 se tomaron de los anuarios estadísticos elaborados por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Tierras, de manera de determinar el promedio trienal como cifra representativa del año 1999.

De acuerdo a consultas con personal técnico de los centrales azucareros, ingenieros agrónomos asesores de Asociaciones de Cultivadores de Caña de Azúcar y revisión bibliográfica, se determinó que los residuos quemados en el campo constituyen una biomasa adicional a la producción de caña que es llevada a los centrales, equivalente a un 20% y conformada por hojas secas e inflorescencia presentes y 55% de hojas verdes.

Puesto que para 1999 el rendimiento promedio anual fue de 65,8 t/ha, el 20% adicional representa 13,16 toneladas que se producen por hectárea, de los cuales, 11,75 t/ha se queman durante el proceso de aplicación de esta práctica antes de la cosecha. La biomasa que se quema está compuesta por 10,1 t/ha de hojas e inflorescencia secas más 1,65 t/ha provenientes del 55% de las hojas verdes, las cuales en promedio pesan 3 t/ha, es decir, que de los residuos producidos por hectárea de cultivo en el campo se quema un 89,3%.

El contenido de materia seca de los residuos quemados está en el orden del 30%, según información suministrada por los especialistas en el cultivo. No se identificaron investigaciones en el país sobre determinación de las emisiones de gases durante la quema de caña de azúcar antes de la cosecha; por tanto, no se dispone de información nacional de los factores de emisión, por ello se utilizaron los valores por defecto suministrados por el IPCC.

2.5.6 Los suelos agrícolas

Para calcular las emisiones de N_2O procedentes de los sistemas agrícolas, incluidas las emisiones directas de N_2O de los suelos agrícolas y de los suelos dedicados a la producción animal y las emisiones indirectas de N_2O procedentes del nitrógeno utilizado en la agricultura, se precedió a recabar la siguiente información:

A) Total de fertilizantes sintéticos utilizados en el país. A partir de cifras del Ministerio de Energía y Minas se pudo conocer las ventas de los principales productos utilizados en el país como fertilizantes inorgánicos durante el período 1998 a 2000, de manera de determinar el promedio trienal, centrado en 1999.

B) Población animal. De la información recabada sobre ganadería se tomaron las cifras de la población animal para las diferentes especies explotadas en el país, a los efectos de conocer la producción de estiércol y calcular el nitrógeno procedente del estiércol.

C) Cultivos de leguminosas de grano y soya producida en el país. En el Cuadro N° 2.12 se incluyó la superficie cosechada y producción de estos cultivos durante el período 1998 a 2000, según cifras del Ministerio de Agricultura y Tierras, de manera de calcular el promedio trienal como representativo del año 1999.

D) Producción seca de otros cultivos del país. Se tomaron las cifras sobre superficie cosechada y producción correspondientes a los años 1998 al 2000, para aquellos cultivos cuyos residuos se incorporan al suelo, de manera de conocer el aporte de nitrógeno procedente de los residuos de las cosechas. En tal sentido, en el Cuadro N° 2.15 se presenta la estimación de la materia seca contenida por la producción que se comercializa de los cultivos cuyos residuos se incorporan al suelo.

2.5.7 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

La principal fuente de emisión de metano en el sector agrícola la constituye el ganado doméstico, a través de la fermentación entérica en los herbívoros y la descomposición del estiércol en condiciones anaerobias, lo cual aportó el 94,6% del total de sector. Le siguen en orden de importancia el cultivo de arroz (3,5%), la quema de sabanas (1,7%) y la quema en el campo de residuos agrícolas (0,1%), respectivamente. Las dos fuentes responsables de las emisiones de monóxido de carbono en la agricultura, la constituyen la quema de sabanas que aporta el 93,7% del total y la quema de residuos agrícolas en el campo, representada por la quema precosecha del cultivo de caña de azúcar que aporta el 6,3% restante, para un total de 405,6 Gg de monóxido de carbono emitido por el sector agrícola.

En cuanto el óxido nitroso, cuatro (4) fuentes son las responsables de los 46 Gg que de este gas se generan en la agricultura; ellas son: los suelos agrícolas, donde se genera el 96,5% de estas emisiones a través de

Cuadro N° 2.15
Estimación de la producción de materia seca de cultivos no fijadores de nitrógeno
considerados en la producción de residuos agrícolas

CULTIVO	PRODUCCIÓN 1999 (t)	CONTENIDO DE MATERIA SECA (%)	PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA kgMS/año
Arroz	699.379	88	615.453.520
Maíz	1.274.041	88	1.121.156.080
Ajonjolí	30.391	88	26.744.080
Algodón	32.478	85	27.606.300
Papa	365.675	40	146.270.000
Yuca	561.201	35	196.420.350
Pimentón	5.867	7	410.690
Plátano y cambur	1.477.596	50	738.798.000
Tomate	35.967	6	2.158.020
TOTAL			2.901.761.120

Fuente: MAT. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Cálculos CTI 3007.

emanaciones directas de los campos agrícolas por los aportes de nitrógeno que hacen los fertilizantes sintéticos, el estiércol aplicado, los cultivos fijadores del nitrógeno (leguminosas) y la descomposición de residuos agrícolas, además del procedente del pastoreo de animales, la lixiviación y las emisiones indirectas de N₂O procedente de la deposición atmosférica de NH₃ y NO_x. Las otras fuentes son el ganado doméstico (3,1%), quema de sabanas (0,36%) y quema de residuos agrícolas (0,08%), respectivamente. El Cuadro N° 2.16 presenta un resumen del inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de las actividades agrícolas en 1999 (Gg).

2.5.8 Emisiones del ganado doméstico

En este sub-sector se consideran las emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de la fermentación entérica en los herbívoros y del manejo del estiércol en las unidades de producción.

En el Cuadro N° 2.17 se presentan los resultados de las emisiones calculadas. La fermentación entérica aporta 757 Gg de metano, es decir, 95,8% del metano emitido por el ganado doméstico, mientras que el resto procede del manejo del estiércol. La principal fuente de producción de metano en las actividades agrícolas la representa la producción bovina (carne y leche), la cual aportó el 92,3% del total emitido en

1999. Las emisiones de óxido nitroso son producidas totalmente por el manejo del estiércol y totalizan 1,5 Gg.

2.5.9 Emisiones de las plantaciones de arroz

El cultivo de arroz tiene un bajo nivel de emisión de metano, no obstante, constituyó para el año 1999 la segunda fuente en importancia en el aporte de metano a la atmósfera con 29,3 Gg. En el Cuadro 2.18 se resume el inventario de emisiones de gas metano proveniente de arrozales anegados.

2.5.10 Emisiones por la quema prescrita de sabanas

En el Cuadro N° 2.19 se presentan las estimaciones de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema de sabanas.

2.5.11 Emisiones por la quema en el campo de residuos agrícolas

En el Cuadro N° 2.20 se presenta las emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema de residuos agrícolas en el campo.

2.5.12 Emisiones de los suelos agrícolas

La actividad realizada en los suelos agrícolas del país durante 1999, generó emisiones de 48 Gg de óxido nitroso. La distribución de estas emisiones entre las fuentes se presenta en el Cuadro N° 2.21.

Cuadro N° 2.16
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de las actividades agrícolas en 1999 (Gg)

CATEGORÍAS DE FUENTES	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	NO _x (Gg)	CO (Gg)
Agricultura	835,4	49,73	7,79	406
a. Fermentación entérica	757,2			
b. Manejo de estiércol	33,2	1,52		
c. Cultivo de arroz	29,3			
d. Suelos Agrícolas		47,99		
e. Quema prescrita de sabanas	14,5	0,18	6,47	380
f. Quema en campo de residuos agrícolas	1,2	0,04	1,32	26

Fuente: CTI 3007, C.A. cálculos propios, a partir de la aplicación de la metodología del IPCC y haciendo uso de la información disponible sobre el sector agrícola venezolano.

Cuadro N° 2.17
Emisiones del ganado doméstico (Gg)

GASES DE EFECTO INVERNADERO	CH ₄	N ₂ O
Emisiones totales del ganado	790	1,5
A. Fermentación entérica	757	
1. Ganado vacuno	712	
2. Búfalos	3	
3. Ovejas	4	
4. Cabras	17	
5. Camellos y llamas	0	
6. Caballos	10	
7. Mulas y asnos	6	
8. Cerdos	5	
9. Aves del corral	0	
B. Manejo de estiércol	33	1,5
1. Ganado vacuno	18	
2. Búfalos	0	
3. Ovejas	0	
4. Cabras	1	
5. Caballos	1	
6. Mulas y asnos	1	
7. Cerdos	10	
8. Aves del corral	2	
9. Lagunas anaerobias		0,1
10. Sistemas líquidos		0,0
11. Almacenamiento sólido y parcelas secas		1,2
12. Otro		0,3

Cuadro N° 2.18
Emisiones de metano procedentes de arrozales anegados (Gg). Año 1999

RÉGIMEN DE GESTIÓN DE AGUA	Superficie cultivada (m ² x 10 ⁻⁹)	Factor de escala para emisiones de CH ₄	Factor de emisión integrado para tomar en cuenta las variables estacionales para el arroz anegado continuamente sin fertilizantes orgánicos (g/m ²)	Emisiones de metano (CH ₄)
Campos de regadío anegados continuamente	1,463	1,0	20	29,26

Fuente: MAT. Dirección de Estadísticas Agropecuarias.
 IPCC. Grupos de Expertos, Factores de emisión.
 Cálculos CTI. 3007.

Cuadro N° 2.19
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema prescrita de sabanas. Año 1999

FUENTE	EMISIONES PROCEDENTES DE LA QUEMA DE SABANAS (Gg)			
	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x
Quema de sabanas	14,5	379,8	0,18	6,5

Fuente: CTI 3007. Cálculos aplicando metodología IPCC.

Cuadro N° 2.20
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema de residuos agrícolas en el campo. Año 1999

FUENTE	EMISIONES PROCEDENTES DE LA QUEMA RESIDUOS AGRÍCOLAS EN EL CAMPO (Gg)			
	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x
Quema de residuos agrícolas	1,2	25,8	0,04	1,3

Fuente: CTI 3007

Cuadro N° 2.21
Emisiones de óxido nítrico procedente de los suelos agrícolas

COMPONENTES	Gg
Emisiones directas de los campos agrícolas (Uso de fertilizante sintético, estiércol como fertilizante, producción de cultivos fijadores de nitrógeno y residuos de cosecha)	15,26
Emisiones directas del cultivo de Histosoles	0,00
Emisiones de los suelos procedentes del pastoreo animal	18,84
Emisiones indirectas de la disposición atmosférica de NH ₃ y NO _x	1,86
Emisiones Indirectas procedentes de lixiviación y escorrentía	12,04
Total emisiones de N₂O de suelos agrícolas	48,00

Fuente: CTI 3007

2.6 Cambio de usos de la tierra y silvicultura

Los bosques, las sabanas y los suelos juegan un importante rol en el ciclo del carbono, tanto como fuente emisora como de sumidero de CO₂. En este inventario se calcula la emisión o la absorción de CO₂ en los siguientes cambios de uso de la tierra:

- Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa
- Conversión de bosques
- Emisiones o absorción de CO₂ en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra
- Absorción de carbono por tierras abandonadas.

El sector cambio de uso de la tierra y silvicultura es particularmente relevante para Venezuela, por ser un país que cuenta con una superficie boscosa de aproximadamente 49 millones de hectáreas, que representan cerca del 54% del territorio nacional. Casi el 70% de las tierras forestales se localizan al sur del río Orinoco, en la Amazonía venezolana. Los bosques de esta región no han cambiado significativamente

cuando se les compara a los ubicados al norte del río Orinoco, donde se concentra la población del país. La alta densidad de población de la parte norte hace que sea allí donde se practican los cambios de uso de la tierra.

2.6.1 Cambios de biomasa en bosques y otro tipo de vegetación leñosa

La superficie de bosques plantados, bosques naturales y vegetación arbustiva en el país, a 1999, conforme a los estimados del Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA) totaliza 57.662.515 hectáreas, cifra muy cercana al valor estimado del MARN en el año 2002, de 57.139.508 hectáreas. El Cuadro N° 2.22 presenta el área boscosa y tasa de crecimiento de plantaciones y bosques de Venezuela. Las estimaciones de biomasa cosechada utilizadas corresponden a las estadísticas de producción nacional de madera establecidas por el MARN (2002) para el año 1999, las cuales se presentan en el Cuadro N° 2.23.

Cuadro N° 2.22
Área boscosa y tasa de crecimiento de plantaciones y bosques de Venezuela

		Superficie de Bosques/Biomasa (kha)	Tasa anual de Crecimiento (t ms/ha)
Plantaciones	<i>Cedrela odorata</i>	9,26	4,33
	<i>Cordia alliodora</i>	0,41	5,89
	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,42	2,26
	<i>Tabebuia rosea</i>	0,06	6,16
	<i>Cupressus Lusitanica</i>	0,01	10,62
	<i>Eucaliptos Grandis</i>	8,06	8,32
	<i>Gmelina arborea</i>	0,16	15,39
	<i>Pinus caribaea</i>	25,23	5,6
	<i>Pinus oocarpa</i>	0,07	4,45
	<i>Pinus patula</i>	11,20	12,92
	<i>Tectona grandis</i>	1,89	13,92
	<i>E. urograndis (híbrido)</i>	3,25	30,98
	<i>E. pellita Morada nova</i>	0,01	14,6
	<i>E. urophylla Anhembi</i>	1,26	13,57
	<i>Hymenaea courbaril</i>	0,62	0,72
Bosque Espinoso		20,41	0,18
Bosque Muy Seco		177,55	0,71
Bosque Seco		508,16	1,41
Bosque Húmedo		6.534,69	2,83
Bosque Húmedo Premontano		677,55	2,47
Bosque Húmedo Montano Bajo		12,24	1,41

Fuentes: Estimados IFLA, 2000

Veillon, J.P. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. En Revista Forestal Venezolana, año 19, N° 29. Mérida. Venezuela.

La relación de conversión / expansión de la biomasa utilizada fue la sugerida en las directrices del IPCC para bosques explotados.

En cuanto a los estimados de consumo de leña, se utilizaron las cifras establecidas por Encinas y Pacheco (2001), tanto para las reservas forestales de Ticoporo, Caparo y otras reservas, que totalizan 84.187 toneladas/año, como para el consumo rural y urbano que alcanzan 328.500 y 13.000 toneladas/año, respectivamente. La demanda de leña de la industria forestal, industria siderúrgica y de los restaurantes, también es significativa, considerándose las cifras siguientes establecidas por el MARN (2001):

Industria forestal:	800 m ³ /año
Industria siderúrgica:	180.000 m ³ /año
Restaurantes:	12.000 m ³ /año

2.6.2 Conversión de bosques

El Cuadro N° 2.24 muestra la superficie boscosa talada y convertida anualmente en Venezuela a tierras de cultivo o pastos, estimadas por el IFLA. En el mismo cuadro se presenta la cantidad de biomasa presente en estas áreas después de conversión establecida por el IFLA (2000), mientras que para el contenido de biomasa antes de la conversión, se utilizaron los valores sugeridos en las Directrices del IPCC.

La fracción de biomasa quemada in-situ, estimada por el IFLA para los bosques venezolanos fue la siguiente:

Bosques húmedos:	0,09
Bosques húmedos con estación seca corta:	0,05
Bosques húmedos con estación seca larga:	0,14
Bosques secos:	0,02
Bosques húmedos montanos:	0,06
Bosques secos montanos:	0,07

Cuadro N° 2.23
Producción nacional de madera y relación de conversión-expansión de la biomasa. Año 1999

Categorías de cosechas	Cosecha comercial (1000 m ³ madera rolliza)	Relación conversión/expansión de la biomasa (t ms/m ³)
Permiso anual	286,33	0,95
Manejo forestal	274,90	0,95
Plantaciones de pino caribe	904,77	0,95

Cuadro N° 2.24

Área boscosa convertida anualmente y biomasa presente antes y después de la conversión de bosques en Venezuela

Tipo de suelos		Área Boscosa Convertida Anual (kha)	Biomasa antes de la Conversión (t ms/ha)	Biomasa después de la Conversión (t ms/ha)
Tropical	Muy húmedos	2,09	295,00	1,55
	Húmedos, estación seca corta	4,00	156,75	1,28
	Húmedos, estación seca larga	32,14	90,00	29,24
	Secos	7,79	105,00	3,95
	Húmedos Montanos	7,10	150,00	4,43
	Secos Montanos	3,21	50,00	1,54

2.6.3 Absorción de carbono por tierras abandonadas en proceso de regeneración en los últimos 20 años

Para la absorción de carbono en las tierras abandonadas y en proceso de regeneración en los últimos 20 años, se utilizaron las cifras que se indican en el Cuadro N° 2.25, por tipo de suelo, y la tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea en estas tierras, establecidas ambas por el IFLA.

Así mismo, para la absorción de carbono en las tierras abandonadas y en proceso de regeneración por más de 20 años, se utilizaron las cifras que se indican en el Cuadro N° 2.26 por tipo de vegetación, y la tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea en estas tierras, establecidas ambas por el IFLA.

2.6.4 Emisiones o absorción de CO₂ en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra

Para el cálculo de las emisiones o absorción de CO₂ de los suelos minerales, se contabilizan los cambios en las existencias de carbono en los suelos (y en la cubierta muerta) como función de los cambios de uso de la

tierra y las prácticas agrícolas.

El cálculo requiere de una estimación de la distribución de los sistemas de uso de la tierra por tipo de suelo, en el año del inventario y para veinte años atrás. Estas estimaciones fueron hechas por el IFLA y se presentan en el Cuadro N° 2.27.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ procedente de los suelos orgánicos, se tomaron en cuenta los Cultivos de altura, y Pastizales y Bosques como usos de la tierra. Las superficies ocupadas por tales usos se muestran en el Cuadro N° 2.28. La tasa de pérdida anual de carbono utilizada para estos suelos es la sugerida por las Directrices del IPCC.

2.6.5 Abonado con cal en tierras dedicadas a la agricultura

El Cuadro N° 2.29 presenta las superficies de tierras agrícolas abonadas con cal, por tipo de cultivo, la cantidad de cal utilizada por hectárea en cada caso, y la masa total de cal empleada. En la práctica, en Venezuela no se utiliza dolomita sino carbonato de calcio.

Cuadro N° 2.25

Superficie de tierras abandonadas en los últimos 20 años y tasa de crecimiento de la biomasa aérea en Venezuela

Tipos de tierras		Superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos 20 años (kha)	Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea (t ms/ha)
Tropical	Muy húmedo	520,29	5,0
	Húmedo, estación seca corta	70,85	3,5
	Húmedo, estación seca larga	40,80	2,0
	Seco		
	Húmedo Montano	40,06	2,5
	Seco Montano	2,91	0,9

Cuadro N° 2.26

Superficie de tierras abandonadas por más de 20 años y tasa de crecimiento de la biomasa aérea en Venezuela

Tipos de tierras		Superficie total abandonada por más de 20 años (kha)	Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea (t ms/ha)
Tropical	Muy húmedo	393,93	5,0
	Húmedo, estación seca corta	31,67	3,5
	Húmedo, estación seca larga	70,43	2,0
	Seco		
	Húmedo Montano	33,44	2,5
	Seco Montano	27,02	0,9

Cuadro N° 2.27
Superficie y contenido de carbón de suelos minerales en Venezuela para distintos sistemas agrícolas

Sistemas	Tipo de suelo	(t) (Mg C/ha)	(t-20) (Mha)	(t) (Mha)
Cultivos asociados	Suelos muy activos	140,00	0,84787	0,782
Cultivos anuales mecanizados	Suelos muy activos	60,00	0,10403	0,021
Plantaciones piso alto	Suelos poco activos	40,00	0,00010	0,024
Plantaciones (tropicales)	Arenosos	4,00	0,21331	0,320
Horticultura (piso alto)	Suelos muy activos	60,00	0,05140	0,019
Fruticultura y Horticultura (piso alto)	Suelos poco activos	40,00	0,17971	0,211

Cuadro N° 2.28.
Superficie destinada al uso agrícola de suelos orgánicos y Tasa de Pérdida Anual de Carbono

Uso de suelos orgánicos en la agricultura	Superficie de las tierras (ha)	Tasa anual de pérdida (Mg C/ha/año) (por defecto)
Tropical		
Cultivos de altura	120.112,00	20
Pastizales/bosques	740.000,00	5

Cuadro N° 2.29
Uso agrícola de cal

	Superficie cultivada (ha)	Cal empleada (kg/ha)	Total kg
Cereales, granos, textiles y oleaginosas	991.787	780	773.593.860
Frutas	211.301	260	54.938.260
Raíces, tubérculos, hortalizas, café, cacao	115.593	3.000	346.779.000
Tabaco, Caña de azúcar	354.246	2.000	708.492.000
Total			1.883.803.120

Fuente: Rojas, I.L. 1983. Requerimientos de cal en suelos de Venezuela. Agronomía Tropical. Vol. 33 (1-3): pp. 83-102. Maracay. Venezuela.

2.6.6 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El Cuadro N° 2.30 resume la emisión de CO₂ y otros Gases de Efecto Invernadero, así como la absorción de CO₂ correspondiente al sector cambio de uso de la tierra y silvicultura en Venezuela, para el año 1999. Conforme a este Cuadro, el sector es un sumidero de CO₂, por cuanto el balance indica que la absorción es mayor que la emisión, resultando en una remoción

neta de 14.360 Gg de CO₂.

Este resultado obedece a la capacidad de absorción derivada de los cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, que alcanza a 40.308 Gg de CO₂.

La quema in-situ de biomasa en bosques ocasiona emisiones de 3 Gg de metano, 0,02 Gg de óxido nitroso y 1 Gg de óxidos de nitrógeno.

Cuadro N° 2.30

Emisiones y absorción de Gases de Efecto Invernadero del sector cambio de uso de la tierra y silvicultura (Gg)

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS	CO ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x
	Emisiones	Absorción			
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación		-40.308			
Conversión de bosques	10.107		3	0,02	1
Abandono de tierras cultivadas		-9.832			
Emisiones y absorción de CO ₂ de los suelos	25.673	0			
Emisiones totales por cambio de uso de la tierra y silvicultura		-14.360	3	0,02	1

Fuente: Cálculos Instituto Forestal Latinoamericano IFLA

2.7. El manejo de desechos

2.7.1 La Disposición de los residuos sólidos en Venezuela

Según nuestra Carta Magna y la Ley Orgánica de Régimen Municipal, son competencia de los municipios las actividades vinculadas a los residuos sólidos, protección del ambiente y la cooperación con el saneamiento ambiental, el aseo urbano domiciliario, comprendidos los servicios de limpieza, de recogida y tratamiento de residuos.

Es por ello, que se analizó e interpretó la información disponible sobre generación, recolección, composición y disposición de residuos sólidos a nivel municipal, de manera de estimar promedios nacionales para efectuar los cálculos exigidos por el inventario nacional de emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Puesto que en las zonas rurales del país no está organizada la disposición de los desperdicios, para realizar la estimación, sólo se consideró la población urbana del total estimado por la Oficina Central de Estadística e Informática (hoy Instituto Nacional de Estadísticas) para Venezuela en el año 1999, que fue de 23.712.078 habitantes. Debido a que para ese año no se discriminó la población entre urbana y rural por entidad federal, se tomó como referencia la del año 2000, para estimar la correspondiente a 1999.

En cuanto a la generación de desperdicios en el país, se hizo uso de las tasas de generación contenidas en los estudios: "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Venezuela 2000" y el Ensayo Teórico Práctico de Generación de Residuos Sólidos y Urbanismo realizado por ICA-OCEI con base en la encuesta nacional sobre recolección de los desechos sólidos practicada por la OCEI a nivel municipal, entre septiembre 1999 y enero 2000.

Se calcularon las tasas de generación promedio para cada grupo de municipios según tamaño poblacional, de manera de calcular la generación de

residuos urbanos. En el Cuadro N° 2.31 se presenta la generación de residuos sólidos urbanos para los diferentes tipos de municipios según el tamaño poblacional y el promedio nacional.

Igualmente, mediante el análisis de los resultados de la Encuesta Nacional sobre Recolección de los Desechos Sólidos, y los estudios "Diagnóstico Preliminar sobre la Situación Actual de los Residuos Sólidos en Venezuela", realizado por CIPES-FUNDACOMÚN en 1999 y el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos de Venezuela, realizado por el CIPES/OPS/OMS en junio 2000, se estimaron los residuos sólidos urbanos eliminados en vertederos, con base en las tasas de recolección calculadas para cada tipo de municipio.

En el Cuadro N° 2.32 se presenta la estimación de la disposición final de residuos sólidos por tipo de vertedero. Como se puede observar el 64% de la cantidad recolectada se dispone en vertederos controlados; a ello contribuye que en este tipo de vertederos se dispone una alta proporción de los residuos procedentes de los municipios con mayor número de habitantes; el 21% de la disposición final de los residuos se hace en los llamados botaderos, es decir, vertederos no controlados poco profundos a donde va la mayor proporción de los residuos procedentes de los municipios con menor tamaño poblacional, mientras que debido al mejoramiento de ampliación realizada por algunos municipios de mediano a mayor tamaño poblacional, se estimó que en 1999 se dispuso el 15% del total de los residuos sólidos en vertederos no controlados profundos.

Mediante un análisis de la composición porcentual en peso de los residuos sólidos recolectados en los municipios, clasificados según el tamaño poblacional, se estimaron valores promedio de los componentes orgánicos en el total de residuos sólidos urbanos para cada uno de los grupos de municipios, según tamaño poblacional. En el Cuadro N° 2.33, se presenta la participación porcentual (en peso) de los componentes orgánicos en el total de residuos sólidos

Cuadro N° 2.31.
Generación de residuos sólidos urbanos en función del tamaño de la población municipal

RANGO DE POBLACIÓN MUNICIPAL (hab)	POBLACIÓN URBANA (hab)	TASAS DE GENERACIÓN (kg/hab/día)	RSU (kg/día)	GENERACIÓN DE RSU (Gg/año)
2.501 a 25.000	2.031.230	0,55	1.117.177	408
25.001 a 50.000	2.644.236	0,59	1.560.099	569
50.001 a 100.00	2.932.410	0,73	2.140.659	781
100.001 a 500.000	7.831.557	0,74	5.795.352	1.115
> 500.000	5.213.787	1,1	5.735.166	2.093
VENEZUELA	20.653.220	0,79	16.348.453	5.967

Cuadro N° 2.32
Estimación de la disposición final de residuos sólidos urbanos por tipo de vertedero. Año 1999

Rango poblacional municipal (hab)	Población urbana (hab)	RSU (kg/día)	Tasa de recolección (%)	RSU eliminados en vertederos (kg/día)	Disposición final (kg/día)		
					VC *	* VNC Profundo	* VNC poco profundo
2.501 a 25.000	2.031.230	1.117.177	45	502.730			502.730
25.001-50.000	2.644.236	1.560.099	55	858.054		171.611	686.444
50.001-100.000	2.932.410	2.140.659	68	1.455.648	218.347	509.477	727.824
100.001-500.000	7.831.557	5.795.352	73	4.230.607	2.961.425	634.591	634.591
> 500.000	5.213.787	5.735.166	87	4.989.594	4.490.635	498.959	
	20.653.220	16.348.453	73,6	12.036.634	7.670.407	1.814.638	2.551.588
			Proporción		0,64	0,15	0,21

* VC: Vertedero controlado

* VNC Prof: Vertedero no controlado profundo (> 5 m)

* VNC Poco Prof.: Vertedero no controlado poco profundo (< 5 m)

Fuente: CTI 3007

Cuadro N° 2.33
Participación porcentual de los componentes orgánicos en el total de residuos sólidos urbanos recolectados, según tamaño de la población municipal. 1999

Rangos de población municipal (hab)	RSU recolectados (kg/día)	Papel y cartón (%)	Textiles (%)	Desechos de jardines y parques (%)	Restos de alimentos (%)	Desechos de madera y paja (%)	Total orgánicos
>2.501 a 50.000	1.360.784	14,67	3,74	16,24	15,32	0,20	50,17
50.001 a 100.000	1.455.648	18,95	4,03	13,75	17,15	0,26	54,14
100.001 a 500.000	4.230.607	22,27	3,97	13,25	20,13	0,33	59,95
> 500.000	4.989.594	25,20	2,50	8,52	25,40	0,50	62,12
VENEZUELA	12.036.633	20,27	3,56	12,94	19,50	0,32	56,59

COD (%): 14,75%

Fuente: CTI 3007

urbanos recolectados por tipo de municipio y promedio nacional.

Aplicando la ecuación definida por el IPCC, se determinó el porcentaje de carbono orgánico degradable, el cual para el promedio nacional se calculó en 14,75%.

2.7.2 El tratamiento de las aguas residuales en Venezuela

La cobertura del servicio de agua potable y cloacas en las áreas urbanas a nivel nacional es del 87% para acueductos y 74% para cloacas; se estima que entre 70 y 75% del agua potable suministrada retorna como aguas residuales.

En Venezuela la mayor parte de las aguas residuales, tanto domésticas como comerciales, se descargan en cuerpos de agua sin ningún tratamiento previo. Para 1999, apenas se procesaron 6.860 l/s de los efluentes domésticos e industriales, cantidad equivalente al 9% del total de aguas servidas nacionales (76 m³/s), lo cual beneficiaba a una población de 3.623.992 habitantes, es decir, el 17% de la población urbana del país, para ese año.

Los valores de DBO₅ por persona por día en las zonas urbanas varían entre 42 y 60 gramos; en función de ese rango se estimó un valor promedio de DBO₅ de 18.500 kg/1.000 habitantes/año. No hay información disponible sobre el componente orgánico degradable que es retirado como lodos en las plantas o en las lagunas anaerobias utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales, pero en todo caso, es una cifra próxima a cero.

Se estima que del total de aguas residuales tratadas, un 73% utiliza procedimientos anaerobios y el 27% restante métodos aerobios, pero éstos no operan eficientemente.

En cuanto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de los efluentes y lodos industriales, se procedió a recabar información sobre la producción industrial de las diferentes ramas industriales que

operan en el país, tanto en departamentos estadísticos oficiales (casos del procesamiento del hierro, acero, minerales no ferrosos, petróleo y productos petroquímicos), como en cámaras industriales de las especialidades, hojas de balance de alimentos e informantes calificados en las ramas industriales requeridas.

Así mismo, personal encargado de los procesos industriales y del control de la calidad de agua de las industrias suministraron información sobre el contenido de DQO en las aguas residuales industriales y la cantidad promedio de efluente producido por tonelada de producto para algunas ramas industriales. Igualmente se utilizó información disponible en Internet, y en caso de no haber información disponible, se utilizaron los valores por defecto suministrados por el Grupo de Expertos del IPCC.

2.7.3 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Los Gases de Efecto Invernadero emitidos en los sistemas de manejo de desechos sólidos y efluentes son el metano y el óxido nitroso. El metano es el emitido en mayor proporción, tal como lo muestra el Cuadro N° 2.34. El 97% del metano emitido proviene de la disposición de residuos sólidos.

El óxido nitroso es generado por los excrementos humanos. La emisión de este gas se determinó a partir del consumo per cápita de proteína de la población de Venezuela para el año 1999, el cual alcanzó la cifra de 63,1 g/habitante/día para un total de 23,06 kg/habitante/año, conforme con las Hojas de Balance de Alimentos elaborada como resultado del Convenio entre la Universidad de Los Andes y el Instituto Nacional de Nutrición. Tomando como población total de Venezuela 23.712.078 habitantes (OCEI) para el año 1999, y haciendo uso de los valores del contenido de nitrógeno por kilogramo de proteína y el factor de emisión de nitrógeno en el excremento producido, suministrado por IPCC, se determinó que se generó 1,37 Gg de óxido nitroso (N₂O).

Cuadro N° 2.34
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes del manejo de desechos durante 1999 (Gg)

FUENTE	CH ₄		N ₂ O	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Disposición de residuos sólidos	278,78	96,9	-	
Tratamiento de aguas residuales	6,59	2,3	-	
Tratamiento de efluentes industriales	2,27	1,1	-	
Excremento humano	-	-	1,37	100
TOTAL	287,64	100	1,37	100

Fuente: CTI 3007