

**Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones  
Instituto Meteorológico Nacional**

**INVENTARIO NACIONAL DE EMISION DE  
GASES CON EFECTO INVERNADERO Y DE  
ABSORCION DE CARBONO EN COSTA RICA  
EN EL 2000 Y 2005**

**SAN JOSÉ, COSTA RICA  
2009**



**Gobierno de Costa Rica  
Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones  
Instituto Meteorológico Nacional**

**INVENTARIO NACIONAL DE GASES CON EFECTO INVERNADERO Y  
ABSORCION DE CARBONO EN COSTA RICA  
EN EL 2000 Y 2005**

**AUTORES**

**Ana Rita Chacón Araya  
Johnny Montenegro Ballesterero  
Jihad Sasa Marín**

Año 2009

Tel. (506) 2222 5616 fax (506)2223 1837

Página web: <http://www.imn.ac.cr>  
<http://cglobal.imn.ac.cr>

## **Agradecimiento**

Los inventarios nacionales de gases con efecto invernadero y de sumideros para el 2000 y 2005 se han llevado a cabo gracias a la colaboración financiera del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo dentro del proyecto Costa Rica: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Los inventarios fueron realizados por el Instituto Meteorológico Nacional en colaboración con organizaciones, instituciones y empresas que proporcionaron datos, infraestructura y equipo técnico. Colaboraron para la elaboración del mismo, la Dirección Sectorial de Energía (DSE), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Ministerio de Salud (MINSAL), Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), empresa privada, organizaciones no gubernamentales, así como consultores privados.

## Contenido

Agradecimientos.....	3
Resumen Ejecutivo.....	9
<b>CAPÍTULO 1. Introducción.....</b>	<b>13</b>
1. 1 Metodología para evaluación del inventario .....	13
1. 2 Organización del inventario.....	13
1.3 Control de calidad/garantía de calidad.....	13
1.4 Archivo.....	14
1.5 Exhaustividad.....	14
1.6 Incertidumbres.....	14
1.7 Arreglos institucionales.....	15
1.8 Categoría de fuentes clave.....	15
1.8.1 Evaluación de nivel.....	16
1.8.2 Evaluación de tendencias.....	16
<b>CAPITULO 2. ENERGIA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Actividades de combustión de combustibles.....	17
2.1.1 Generación de electricidad.....	17
2.1.2 Industria manufacturera y de la construcción.....	18
2.1.3 Sector residencial.....	18
2.1.4 Sector comercial, público y servicios.....	19
2.1.5 Sector agropecuario.....	19
2.1.6 Sector consumo propio.....	19
2.1.7 Sector transporte.....	20
2.2 Emisión fugitiva proveniente de la extracción y manipulación de combustibles y minería de carbón .....	21
2.3 Emisión de combustibles a depósito internacional.....	21
2.4 Emisión total del sector energético.....	22
<b>CAPITULO 3. PROCESOS INDUSTRIALES.....</b>	<b>24</b>
3.1 Producción de cemento .....	24
3.2 Producción de cal y utilización de piedra caliza y dolomítica.....	25
3.3 Producción y utilización de carbonato de sodio .....	25
3.4 Producción y utilización de productos minerales varios.....	25
3.4.1 Producción de material asfáltico para techos.....	25
3.4.2 Pavimentación asfáltica.....	25
3.4.3 Producción de hormigón de piedra pómez.....	26
3.4.4 Producción de vidrio.....	26
3.5 Producción de amoníaco.....	27
3.6 Producción de ácido adípico y ácido nítrico.....	27
3.7 Producción de carburo.....	27
3.8 Producción de otras sustancias químicas.....	27
3.9 Producción de metales.....	27
3.9.1 Industria siderúrgica.....	27
3.9.2 Producción de ferroaleaciones.....	27

3.9.3 Producción de aluminio.....	27
3.9.4 Producción de otros metales.....	27
3.10 Industria de pulpa y papel.....	27
3.11 Alimentos y bebidas.....	27
3.11.1 Producción de bebidas alcohólicas.....	27
3.11.2 Panificación y elaboración de otros alimentos.....	28
3.12 Equipos eléctricos y otras fuentes que utilizan SF <sub>6</sub> .....	29
3.13 Producción de SF <sub>6</sub> .....	29
3.14 Fabricación de semiconductores.....	30
3.15 Sustitutos de sustancias destructoras del ozono.....	30
3.16 Emisión total del sector.....	30
<b>CAPITULO 4. AGRICULTURA.....</b>	<b>31</b>
4.1 Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo de estiércol .....	31
4.1.1 Fermentación entérica.....	31
4.1.2 Manejo de estiércol.....	32
4.2 Cultivo de arroz: arrozales anegados.....	33
4.3 Quema de pasturas .....	33
4.4 Quema en el campo de residuos agrícolas.....	34
4.5 Suelos agrícolas.....	35
4.6 Emisión total del sector .....	36
<b>CAPITULO 5. CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA.....</b>	<b>38</b>
5.1 Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa.....	38
5.2 Conversión de bosques.....	40
5.3 Crecimiento en tierras abandonadas.....	41
5.4 Emisión de otros gases por la tala de bosque.....	41
5.5 Resultados finales de la absorción y emisión del sector.....	42
<b>CAPITULO 6. MANEJO DE DESECHOS.....</b>	<b>43</b>
6.1 Manejo de residuos sólidos.....	43
6.2 Aguas residuales municipales.....	46
6.3 Aguas residuales industriales.....	50
<b>CAPITULO 7. RESULTADOS TOTALES Y POTENCIALES DE CALENTAMIENTO.....</b>	<b>52</b>
7.1 Emisión de CO <sub>2</sub> equivalente.....	52
7.2 Indicadores adicionales de referencia.....	53
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
Anexo A: Reporte del inventario del 2000 .....	58
Anexo B: Reporte del inventario del 2005 .....	67
Anexo C: Glosario.....	76

## Lista de cuadros

Cuadro 1.1 Fuentes principales de emisión de gases con efecto invernadero para Costa Rica.....	16
Cuadro 1.2 Fuentes principales de emisión de gases con efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo al análisis de tendencias.....	16
Cuadro 2.1 Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente en la flota vehicular.....	20
Cuadro 2.2 Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al transporte internacional en el 2000 y 2005.....	21
Cuadro 2.3 Emisión de gases por sector para el 2000.....	22
Cuadro 2.4 Emisión de gases por sector para el 2005.....	22
Cuadro 3.1 Emisión de CO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> en el proceso de producción de cemento .....	25
Cuadro 3.2 Emisión de CO <sub>2</sub> en el proceso de producción de cal .....	25
Cuadro 3.3 Emisión de NMVOC por pavimentación asfáltica .....	26
Cuadro 3.4 Emisión de NMVOC en el proceso de producción de vidrio.....	26
Cuadro 3.5 Emisión de NMVOC en el proceso de producción de alcohol .....	28
Cuadro 3.6 Emisión de NMVOC en el proceso de producción de carne, pescado y aves .....	28
Cuadro 3.7 Emisión de NMVOC en el proceso de producción de azúcar .....	28
Cuadro 3.8 Emisión de NMVOC en el proceso de tostado de café .....	29
Cuadro 3.9 Emisión potencial de HFC por importación de sustancias .....	30
Cuadro 3.10 Emisión total por procesos industriales en el 2000 y 2005.....	30
Cuadro 4.1 Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino durante el 2000 y 2005 .....	32
Cuadro 4.2 Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos durante el 2000 y 2005 .....	32
Cuadro 4.3 Emisión de metano por manejo de estiércol de animales domésticos durante el 2000 y 2005 .....	33
Cuadro 4.4 Emisión de metano en la producción de arroz anegado 2000 2005 .....	33

Cuadro 4.5 Liberación de gases por quema de pasturas durante el 2000 y 2005 .....	34
Cuadro 4.6 Emisiones de gases por quema en el campo de residuos agrícolas durante el 2000 y 2005 .....	35
Cuadro 4.7 Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos durante el 2000 y 2005 .....	36
Cuadro 4.8 Emisión de gases con efecto invernadero en el sector agropecuario durante el 2000 y 2005 .....	37
Cuadro 5.1 Absorción de CO <sub>2</sub> por las plantaciones forestales establecidas en Costa Rica durante el 2000 y 2005.....	40
Cuadro 5.2 Emisión de CO <sub>2</sub> por la conversión de bosques en Costa Rica.....	41
Cuadro 5.3 Absorción de CO <sub>2</sub> en la regeneración natural durante el 2000 y 2005.....	41
Cuadro 5.4 Emisión de otros gases por la tala de bosque en el 2000 y 2005.....	42
Cuadro 5.5 Absorción y emisión total de gases con efecto invernadero para el 2000 y 2005 en el sector Cambio de uso de la tierra y silvicultura.....	42
Cuadro 6.1 Residuos sólidos enviados a rellenos sanitarios en el 2000 y 2005.....	45
Cuadro 6.2 Composición promedio de los residuos sólidos.....	46
Cuadro 6.3 Emisión de metano en los rellenos sanitarios de Costa Rica en el 2000 y 2005.....	46
Cuadro 6.4 Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Costa Rica.....	47
Cuadro 6.5 Tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en operación en Costa Rica.....	48
Cuadro 6.6 Emisión de metano en el tratamiento de aguas residuales en el 2000 y 2005.....	51
Cuadro 7.1 Emisión total de gases con efecto invernadero en el 2000.....	52
Cuadro 7.2 Emisión total de gases con efecto invernadero en el 2005.....	52
Cuadro 7.3 Emisión de gases con efecto invernadero expresadas como CO <sub>2</sub> equivalente en el 2000 y 2005.....	53
Cuadro 7.4 Indicadores para el 2000 y 2005.....	54

## Lista de figuras

Figura 2.1 Emisión de CO <sub>2</sub> equivalente en el parque automotor en el 2000.....	20
Figura 2.2 Emisión de CO <sub>2</sub> equivalente en el parque automotor en el 2005.....	21
Figura 2.3 Emisión del sector energético en el 2000 y 2005.....	23
Figura 4.1 Distribución de la emisión de gases en el sector agropecuario durante el 2000 y 2005.....	37
Figura 6.1 Disposición final de los desechos sólidos en Costa Rica.....	44
Figura 7.1 Distribución de la emisión de gases con efecto invernadero expresadas como CO <sub>2</sub> equivalente para el 2000 y 2005 .....	53



## Resumen Ejecutivo

El presente documento presenta la evaluación de los inventarios de emisión de gases con efecto invernadero por fuentes y absorción de carbono por sumideros en el 2000 y 2005.

La metodología utilizada fue la siguiente:

- Directrices Revisadas del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) para Inventarios de Gases con efecto Invernadero (IPCC, 1996).
- Orientación del IPCC para las Buenas Prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases con efecto invernadero (IPCC, 2000).
- Orientación del IPCC para las Buenas Prácticas en el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2003).

Los siguientes gases han sido evaluados: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

De acuerdo con la metodología del IPCC, el inventario se divide en **cinco sectores**: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Cambio de Uso de la tierra y bosque y, Manejo de desechos.

Se realizó una evaluación de niveles de emisión con lo cual se identificaron las principales fuentes de gases con efecto invernadero que comprenden el 95% del total de emisiones en el país.

### Emisión de gases con efecto invernadero

Los resultados obtenidos para el inventario del 2000 y 2005 fueron los siguientes:

#### Energía

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases con efecto invernadero generadas por la combustión o fuga de combustibles.

En lo referente a las actividades de combustión de combustible se evaluaron:

- Generación de electricidad
- Industria manufacturera y de la construcción
- Residencial
- Comercial, Público y servicios
- Agropecuario
- Consumo propio (Refinación de petróleo)
- Transporte
  - Terrestre
  - Ferroviario
  - Marítimo
  - Aéreo

Además se estimaron las emisiones fugitivas provenientes de la extracción y manipulación de combustibles.

Las actividades más emisoras son transporte y la actividad industrial, presentándose un aumento del 15% entre el 2000 y el 2005 en el sector total ya que las emisiones aumentaron de 4.805,6 a 5.688,6 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente.

### **Procesos Industriales**

La producción de cemento es la principal actividad evaluada dentro de este sector. También se evaluó la producción de cal, la industria siderúrgica, la producción de ácido adípico y ácido nítrico, la producción de aluminio, la producción de magnesio, la utilización de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), perfluorocarbonos y hidrofluorocarbonos. Adicionalmente existen otras fuentes no principales, como la fabricación de alimentos que incluyen bebidas alcohólicas, el procesamiento de carnes, y la elaboración de azúcar y pan, entre otros.

La emisión de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento aumentó en 28% del 2000 al 2005 mientras las emisiones potenciales de HFC aumentaron en 180% aunque se mantienen bastante bajas. Las restantes actividades mantienen similares sus emisiones en ambos años. En este sector las emisiones se incrementaron de 449,8 a 672,5 Gg<sup>1</sup> de CO<sub>2</sub> equivalente.

### **Agricultura**

En el sector agropecuario las emisiones de gases con efecto invernadero se producen en los siguientes actividades:

- Fermentación entérica en el ganado
- Cultivo de arroz anegado
- Quema de pasturas
- Quema de residuos agrícolas en el campo
- Suelos agrícolas

Durante el 2000 el metano fue mayoritariamente generado por el hato bovino (86%) y en menor grado por el arroz anegado (14%). Valores mínimos fueron determinados en la quema de residuos agrícolas y en la quema de pasturas. Valores similares fueron estimados para el 2005, los cuales tuvieron una distribución de 89% para el hato bovino, 11% para el arroz anegado, mínimos para la quema de residuos agrícolas y en la quema de pasturas.

El N<sub>2</sub>O en su gran mayoría durante el 2000 se emitió en los suelos dedicados a cultivos agrícolas y pasturas, siendo estos últimos los responsables de la mayor proporción de la emisión. La quema de los residuos agrícolas en el campo y la quema de pasturas generaron una cantidad mínima de este gas. En general las emisiones de este sector cambiaron de 4.608,6 a 4.603,9 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente.

### **Cambio de uso de la tierra y silvicultura**

Para esta actualización se estimaron las cantidades emitidas, fijadas y almacenadas de dióxido de carbono producidas por tres prácticas de manejo y las emisiones de otros gases distintos de CO<sub>2</sub>, resultado de las actividades antropogénicas:

1/ 1 Gigagramo = 1.000 toneladas

- Cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa
- Conversión de bosques
- Crecimiento en tierras abandonadas
- Emisiones de otros gases distintos de CO<sub>2</sub> por tala del bosque

Es importante destacar que para el 2000 y 2005, la absorción de CO<sub>2</sub> en este sector supera los 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo cual hace que esta cantidad pueda ser utilizada para compensar las emisiones de los otros sectores.

### **Manejo de desechos**

En esta sección se analizan las emisiones de metano derivadas del manejo de los desechos sólidos en rellenos sanitarios así como de las aguas residuales industriales y municipales en el 2000 y 2005.

La generación de metano calculada para el 2000 fue de 29,7 Gg/año; con respecto al 2005, la generación de metano fue de 31,7 Gg/año.

En el caso de las aguas residuales domésticas, se estimó que el aporte de estas aguas corresponde a una tasa de generación de metano de 22,3 Gg CH<sub>4</sub> en el 2000 y, de 24,9 Gg CH<sub>4</sub> en el 2005.

El aporte de las aguas residuales industriales para el 2000 fue de 6,8 Gg de CH<sub>4</sub> mientras para el 2005 este valor correspondió a 6,3 Gg de CH<sub>4</sub>.

En total el sector de desechos emitió 1.236,9 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente en el 2000 y 1.320,9 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente en el 2005.



## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

El presente documento incluye los Informes del Inventario Nacional por fuentes de gases con efecto invernadero y absorción por sumideros para el 2000 y 2005, que Costa Rica presenta a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático ratificada en junio de 1994.

### **1.1 Metodología para evaluación del inventario**

La metodología utilizada tanto en el inventario del 2000 como para el 2005 fue la siguiente:

- Directrices Revisadas del IPCC para Inventarios de Gases con efecto Invernadero
- Orientación del IPCC para las Buenas Prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases con efecto invernadero
- Orientación del IPCC para las Buenas Prácticas en el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y bosque.

Fueron evaluados los siguientes gases: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

### **1.2 Organización del inventario**

De acuerdo con la metodología del IPCC (1996), el inventario se dividió en cinco sectores: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Cambio de Uso de la tierra y bosque y Manejo de desechos.

### **1.3 Control de calidad/garantía de la calidad**

En los inventarios aunque no se realizó un plan para la gestión de calidad se realizaron procedimientos de documentación de datos, las fuentes de los datos están en archivo, se realizó una verificación para que los valores contenidos en las hojas de cálculo coincidieran con los valores reportados en el informe, al igual que en los cuadros del mismo.

Se realizó además una evaluación de tendencias en los sectores Manejo de desechos y Procesos industriales y en el sector Energía se realizó una evaluación de emisiones en los años comprendidos entre 1990 y 1996 con su respectivo análisis de tendencias.

Se trabajó con algunos factores de emisión nacionales especialmente en el sector agrícola que incluyó un estudio de emisión de metano en la producción de arroz inundado, emisión de óxido nitroso en la producción de cinco cultivos: cebolla, café, banano, caña de azúcar y papa, así como en cuatro diferentes especies de pastos.

No obstante, es necesario realizar un plan de gestión y control de calidad para asegurar que en los próximos inventarios todas las estimaciones serán debidamente revisadas y por ende, habrá menor posibilidad de datos erróneos.

Actualmente la persona que realiza la verificación de los estimados y los datos de actividad es a su vez el coordinador general del inventario.

El procedimiento de gestión y control de calidad incluye la documentación de datos tanto en formato impreso como electrónico, los impresos son guardados en un archivo, los electrónicos en un disco duro de una de las computadoras del Instituto Meteorológico Nacional.

Se realiza una verificación de los valores totales que se obtienen en las hojas de cálculo y los presentados en el texto del inventario así como en los cuadros del mismo.

El análisis de tendencias ha servido para determinar incongruencias en las estimaciones, posibles errores o bien, actividades con un patrón de uso variable.

No existe aún un proceso de verificación oficial en el sistema de inventarios. En algunos sectores se valida la información obtenida con los expertos del sector, tal es el caso del sector forestal. En el Sector Energético se realiza un control cruzado con los valores de emisiones obtenidos por la Dirección Sectorial de Energía en sus Balances Energéticos.

#### **1.4 Archivo**

Se guardan datos en formato escrito y en formato electrónico de los datos y resultados de los inventarios realizados para los diferentes años de referencia. Los documentos se guardan en papel y en formato electrónico.

#### **1.5 Exhaustividad**

Ambos inventarios de gases con efecto invernadero abarcan todas las fuentes y sumideros, así como todos los gases que figuran en las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases con efecto invernadero, versión revisada de 1996, así como otras categorías pertinentes de fuentes y sumideros que son específicas de determinadas Partes.

#### **1.6 Incertidumbres**

En los inventarios presentados en este documento no se realizó un análisis profundo de las incertidumbres. No obstante, se puede mencionar que existe incertidumbre asociada con la falta de datos locales correspondientes a factores de emisión, pues en parte de los sectores tuvo que utilizarse los factores sugeridos por el IPCC.

Además, una fuente de incertidumbre, en la mayor parte de los sectores, está relacionada con la calidad y disponibilidad de los datos de actividad debido a la falta de información, la dificultad de acceder a ella o la mala calidad de la misma. Si bien esta situación varía de sector a sector, ocurre en mayor o menor grado en todos los sectores.

En el caso del Sector Energético y el agrícola se llevan estadísticas oficiales sistemáticas de las variables relevantes para la elaboración del inventario. Sin embargo, en otros sectores no se dispone de estadísticas oficiales lo que hace que se dependa de datos suministrados directamente por las empresas.

En el Sector Energía, se incluyen todos los combustibles y todas las categorías de fuentes indicadas en las Directrices del IPCC (IPCC 1996) y que están contenidas en el Balance Energético Nacional.

En la sección de Procesos Industriales, se realizó un análisis de actividades con el fin de descartar los procesos que están ausentes en el país.

Con respecto al Sector Agricultura se ha puesto especial atención en los factores de emisión logrando que el país disponga de factores de emisión nacionales. La recopilación de la información sobre datos de actividad proviene de estadísticas oficiales del Ministerio de Agricultura y Ganadería en su mayoría y de las diferentes cámaras de productores.

En el Sector Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura, se trató de incluir todas las áreas posibles excepto el carbono en el suelo que se espera cubrir en el próximo inventario.

Por su parte, en el Sector Manejo de Desechos, existen vacíos de información en los diferentes datos de actividad especialmente en las aguas residuales industriales. No obstante, se abarcaron de la mejor forma disponible.

### **1.7 Arreglos institucionales**

El equipo gestor del inventario de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de GEI es un grupo pequeño que tiene un coordinador que a su vez es el responsable técnico del sector energético y encargado del control y garantía de calidad y responsables técnicos en los otros sectores del inventario.

Para la obtención de toda la información necesaria se tuvo el apoyo de las diferentes instituciones involucradas en cada sector. Se contó con la participación de las siguientes instituciones y empresas: Dirección Sectorial de Energía, Refinadora Costarricense de Petróleo, Instituto Costarricense de Electricidad, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Instituto Nacional de Seguros, industrias cementeras, caleras, productores de vidrio, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Cámara de productores de cabras, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Comisión de Incendios forestales, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Oficina Nacional Forestal, Laboratorio de Gestión de desechos de la Universidad Nacional, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, entre otros.

### **1.8 Categorías de fuentes clave**

El Concepto de “Categoría Principal de Fuente” fue creado por el IPCC como una herramienta para ayudar a los países a asignar recursos para mejorar los inventarios nacionales de gases con efecto invernadero. Las categorías principales de fuente constituyen la mayor contribución de emisiones nacionales. También pueden ser las que con el tiempo tengan gran influencia en las tendencias de emisiones.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> *La Orientación para Buenas Prácticas* del IPCC (2000) define una categoría principal de fuente como “[categoría principal] que tiene prioridad dentro del sistema nacional de Inventario debido a que su estimación constituye una influencia importante en el inventario total de un país por la generación directa de gas de efecto invernadero en términos de nivel absoluto de emisiones, tendencia de las emisiones, o ambos.” Ver Capítulo 7 “Selección y Metodología de Nuevos Cálculos” en IPCC.

<[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gp\\_gaum.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gp_gaum.htm)>

Para mejorar el inventario nacional de gases con efecto invernadero podría ser necesario considerar metodologías más exactas, elaborar factores de emisión específicos del país o recolectar datos de actividad más detallados. Todas estas actividades requerirían de recursos adicionales y no es posible hacer mejoras para cada una de las categorías de fuente. Por lo tanto, Costa Rica ha identificado las categorías de fuente comprendidas en el cuadro 1.1 como las que contribuyen de manera más importante a las emisiones nacionales. Una parte integral para identificar prioridades es la evaluación de los métodos y datos utilizados para estimar las emisiones en estas categorías principales de fuente. Éstas se identificaron mediante un Análisis de Categorías Principales de Fuente tal y como se establece en el capítulo 7 de la Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y además utilizando el software facilitado por Agencia de Protección Ambiental de Estado Unidos (USEPA). Se realizó una evaluación de niveles, con lo cual se identificaron las principales fuentes que comprenden el 95% del total de emisiones en el país.

#### 1.8.1 Evaluación de nivel

**Cuadro 1.1**

**Fuentes principales de emisión de gases con efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo con la evaluación de nivel**

<b>Categoría de Fuente</b>
Combustión móvil: transporte terrestre
Fermentación entérica en ganadería
Suelos agrícolas
Disposición de desechos sólidos
Industrias de manufactura y construcción
Combustión estacionaria
Producción de cemento
Otros sectores: Agricultura/Bosque/pesca
Producción de arroz
Producción de ácido nítrico

#### 1.8.2 Evaluación de tendencias

**Cuadro 1.2**

**Fuentes principales de emisión de gases con efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo al análisis de tendencias**

<b>Categoría de Fuente</b>
N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas
CH <sub>4</sub> por fermentación entérica en ganadería
CO <sub>2</sub> de la producción de cemento
CH <sub>4</sub> por la disposición de desechos sólidos
CO <sub>2</sub> por la combustión móvil: transporte terrestre
CH <sub>4</sub> por la producción de arroz
CH <sub>4</sub> por manejo de estiércol



## **CAPÍTULO 2. ENERGÍA**

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases con efecto invernadero generadas por la combustión o fuga de combustibles.

El Sector Energético se subdivide de la siguiente forma:

- Actividades de combustión de combustible
- Emisiones fugitivas provenientes de la extracción y manipulación de combustibles

### **Actividades de combustión de combustible**

En esta subcategoría se establecieron 7 divisiones:

- Generación de electricidad
- Industria manufacturera y de la construcción
- Residencial
- Comercial, Público y servicios
- Agropecuario
- Consumo propio (Refinación de petróleo)
- Transporte
  - Terrestre
  - Ferroviario
  - Marítimo
  - Aéreo

### **Emisiones fugitivas provenientes de la extracción y manipulación de combustibles y minería de carbón**

En esta sección se incluye:

- Transporte
- Refinación
- Almacenamiento de petróleo

En el caso específico de Costa Rica, no existe minería de carbón.

## **2.1 Actividades de combustión de combustibles**

El consumo de combustibles fue tomado de los balances energéticos anuales elaborados por la Dirección Sectorial de Energía y los factores de emisión fueron obtenidos de las Directrices Revisadas del IPCC (1996) para Inventarios de Gases con efecto Invernadero y del Diagnóstico del Sector Energía. Se utilizaron estos factores de emisión pues no se dispone de datos específicos para los combustibles y equipo utilizados en Costa Rica.

### **2.1.1 Generación de electricidad**

Las emisiones de GEI por producción de electricidad se refieren únicamente a la generación térmica basada en el uso de combustible fósil y biomásico.

Costa Rica tiene una matriz energética asentada en fuentes limpias, aproximadamente 80% de la generación es hidroeléctrica, 14% geotérmica y 2,5% eólica. La generación térmica correspondió en el 2000 al 2% del total mientras en el 2005 fue del 3,5% del total (DSE, 1994).

Las plantas térmicas del país utilizan básicamente dos combustibles fósiles: el búnker y el diesel dependiendo de la tecnología utilizada. El diesel es el combustible más usado con 88% en ambos años. El bagazo y los residuos vegetales son los combustibles biomásicos usados para la generación de electricidad y cuyas emisiones han sido contabilizadas en el inventario con excepción del dióxido de carbono que no se agrega al valor final.

En la actualidad para la producción de energía eléctrica se utilizan equipos de combustión interna, turbinas de gas y turbinas de vapor, con una capacidad generadora de 422,3 MW, de los cuáles 20 MW es la capacidad instalada de una planta que utiliza bagazo como combustible.

### **2.1.2 Industria manufacturera y de la construcción**

En este subsector se incluyen las emisiones por quema de combustibles para la obtención de vapor, calor, enfriamiento, iluminación y fuerza motriz.

El sector industrial incluye combustibles utilizados en los equipos empleados dentro de los procesos; excluye los combustibles utilizados en el transporte de materias primas y producto terminado, pues se contabilizan en el sector transporte.

En la generación de vapor y calor se utiliza principalmente bunker, leña y residuos vegetales; el diesel y el gas licuado se utilizan en calor directo, generación de vapor y fuerza motriz y el queroseno se utiliza para producir calor directo.

La industria de alimentos es la principal consumidora de energía en este sector utilizando el 37 % de la energía, seguida por la industria química con 15 % y otras industrias con 38%.

### **2.1.3 Sector residencial**

El consumo de combustibles en el sector residencial obedece a necesidades de cocción principalmente, pues en lo referente a iluminación, enfriamiento, generación de fuerza y calor se utiliza la electricidad obtenida por medio del Sistema Nacional Interconectado.

Los combustibles más utilizados en este sector son: la leña, el carbón vegetal, el LPG, el queroseno y la gasolina, usados principalmente para cocción. Únicamente el queroseno, es utilizado en algunos casos para enfriamiento y la gasolina que es utilizada para producir fuerza motriz.

Cabe aclarar que las emisiones netas de CO<sub>2</sub> a partir de la leña y el carbón vegetal son consideradas nulas debido a que su uso se considera sostenible pues proviene de podas del café o cercas vivas, no así la emisión de otros gases que sí son contabilizadas en el total de emisiones.

#### **2.1.4 Sector comercial, público y servicios**

En el sector comercial se deben satisfacer necesidades energéticas en equipo de oficina, iluminación, cocción, refrigeración, generación de calor y fuerza motriz, siendo la electricidad la fuente de energía en la mayoría de estas necesidades. En la cocción se utiliza además Lique Fied Petroleum Gas (LPG) y leña, y en la generación de fuerza motriz se utiliza gasolina y diesel, principalmente en restaurantes, hoteles, sodas, etc.

#### **2.1.5 Sector agropecuario**

El sector agro abarca las emisiones generadas por el consumo de combustibles en equipo agrícola estacionario. El equipo móvil se contabilizó en el Sector Transporte.

El consumo de combustibles en el agro se produce principalmente para generar fuerza motriz, calor y enfriamiento; en tanto que la iluminación se satisface con electricidad.

El diesel se utiliza para generación de fuerza motriz y enfriamiento y la gasolina exclusivamente en generación de fuerza motriz.

#### **2.1.6 Sector consumo propio**

Esta división, se refiere casi exclusivamente a las emisiones producidas por el combustible consumido en la refinación de petróleo. Las emisiones se deben principalmente al consumo de bunker, una pequeña parte al consumo de diesel y una fracción mínima de gasolina.

#### **2.1.7 Sector transporte**

El sector transporte comprende las emisiones de vehículos utilizados en vías terrestres, marítimas y aéreas. El transporte aéreo internacional se contabiliza para garantizar la exhaustividad mundial, pero no se suma a las emisiones del país.

Para la estimación de emisiones provenientes de fuentes móviles se utilizaron los respectivos balances energéticos suministrados por la Dirección Sectorial de Energía.

Para la contabilización de las emisiones se utilizaron los factores de emisión proporcionados por el IPCC, tanto para vehículos diesel como para vehículos de gasolina excepto para SO<sub>2</sub> que fueron tomados del Diagnóstico del Sector Energía (DSE, 1994). Los factores de emisión se tomaron para vehículos sin un sistema controlador de emisiones, para reducir la incertidumbre por catalizadores en mal estado y ausencia de los mismos en los vehículos.

En el 2000, el total de vehículos en circulación en Costa Rica fue 587.876, de los cuáles 79% corresponden a vehículos de gasolina. No obstante, por sus características el consumo de diesel y gasolina en transporte fue muy similar, produciéndose emisiones de CO<sub>2</sub> similares para ambos combustibles. En el 2005 se tiene un estimado de vehículos en circulación superior a 1.000.000 de unidades.

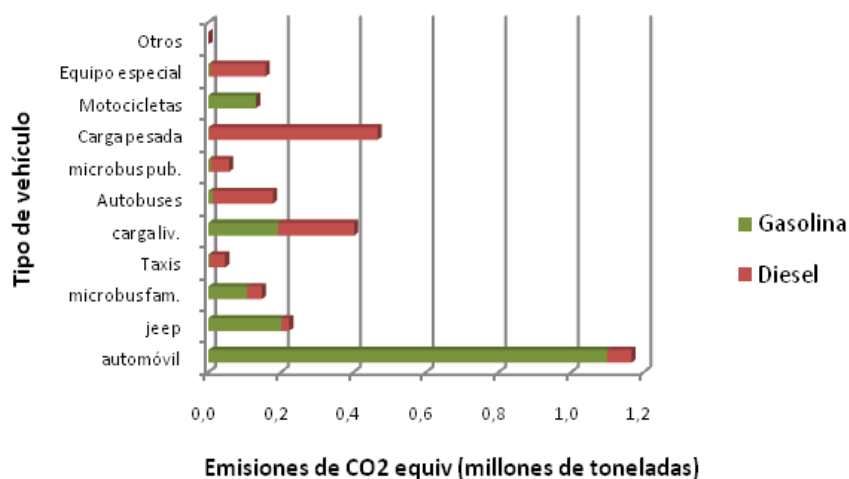
En el cuadro 2.1 se muestran los resultados de la evaluación de emisiones en el Sector Transporte por tipo de vehículo o transporte, mientras en la figura 2.1 se muestran las emisiones por tipo de combustible.

**Cuadro 2.1**  
**Emisión de CO<sub>2</sub> equivalente en la flota vehicular**

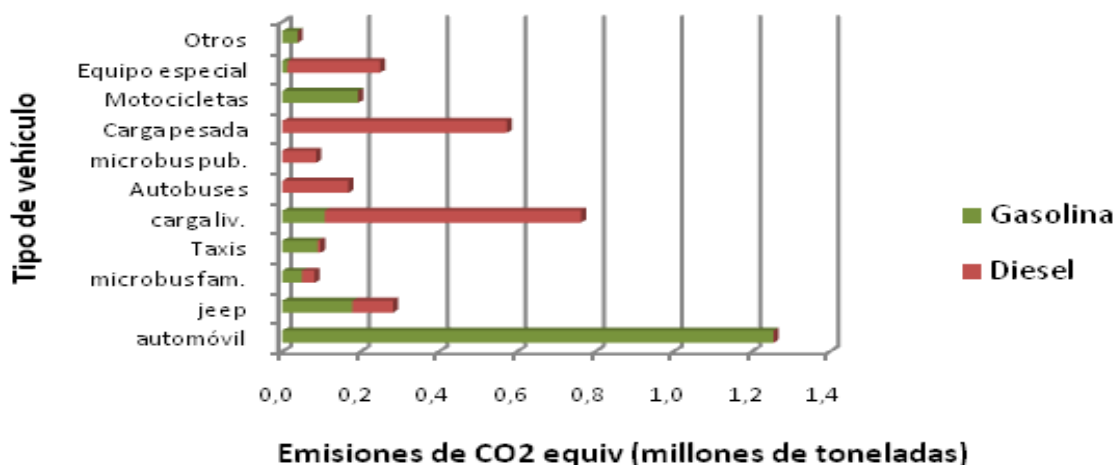
Tipo de vehículo o transporte	Emisión de CO <sub>2</sub> equivalente Gg		
	Año	2000	2005
Automóvil		1.166,4	1.257,0
Jeep		223,0	283,5
Microbús familiar		147,2	83,0
Taxis		46,4	97,5
Carga liviana		402,4	764,2
Autobuses		178,0	169,0
Microbús público		57,3	86,6
Carga pesada		466,8	574,4
Motocicletas		131,6	194,5
Equipo especial		158,2	250,0
Otros		0,3	39,6
Transporte ferroviario		0,0	1,7
Transporte marítimo		152,4	31,4
Transporte aéreo nacional		22,8	28,8
Transporte aéreo internacional*		345,1	553,3
<b>Total</b>		<b>3.152,8</b>	<b>3.861,1</b>

\* No se incluye en el total

**Figura 2.1**  
**Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en el parque automotor**  
**Costa Rica, 2000**



**Figura 2.2**  
**Emisiones de CO2 equivalente en el parque automotor,**  
**Costa Rica, 2005.**



## 2.2 Emisiones fugitivas provenientes de la extracción y manipulación de combustibles y minería de carbón

Costa Rica es un país importador de petróleo y carbón, por lo que las emisiones fugitivas se producen únicamente por transporte, refinación y almacenamiento del petróleo importado. En el cuadro 2.3 y 2.4 se presenta el resultado de las emisiones fugitivas para el 2000 y 2005 respectivamente.

## 2.3 Emisiones de combustibles a depósito internacional

Las emisiones procedentes del uso de los combustibles en el transporte marítimo y aéreo internacional se excluyen de los totales nacionales de emisiones. No obstante, con el propósito de llevar una contabilidad de esas emisiones en forma informativa se presentan los valores determinados por esta actividad.

**Cuadro 2.2**  
**Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al**  
**transporte internacional en el 2000 y 2005**

Año	GAS Gg						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>
2000	343,4	0,002	0,01	0,48	1,44	0,24	0,0
2005	550,8	0,004	0,02	0,77	2,31	0,39	0,0

## 2.4 Emisión total del sector energético

Los resultados obtenidos en el 2000 se presentan en el cuadro 2.3. En él se visualizan las emisiones por actividad para cada uno de los gases estimados, de donde se desprende que tanto el transporte como la industrial son los mayores contribuyentes.

**Cuadro 2.3**  
**Emisión de gases del Sector Energía por actividad para el 2000**

SECTOR	GAS Gg						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>
Generación térmica	59,3	0,01	0,0	0,26	0,18	0,02	0,05
Residencial	135,6	0,71	0,01	12,2	0,45	1,4	0,07
Comercial	177,2	0,02	0,001	0,08	0,25	0,01	0,09
Industria	847,4	0,26	0,04	29,7	1,87	0,43	0,92
Transporte	3.103,0	0,62	0,12	123,4	18,2	25,7	2,44
Agropecuario	394,6	0,05	0,003	0,11	0,54	0,03	0,21
Consumo propio	0,07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Emisiones fugitivas	NE	0,003	NE	NE	NE	0,0	NE
TOTAL	4.717,2	1,7	0,17	165,8	21,5	27,6	3,8

Para el 2005, las emisiones por actividad para cada uno de los gases estimados se presentan en el cuadro 2.4, encontrándose un patrón similar en la distribución de las emisiones pero con un aumento del 16% en el total.

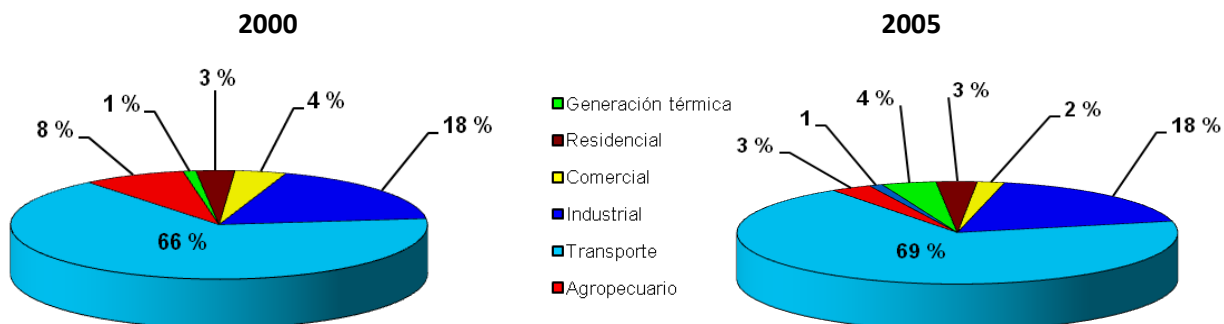
**Cuadro 2.4**  
**Emisión de gases del Sector Energía por actividad para el 2005**

SECTOR	GAS Gg						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>
Generación térmica	233,5	0,02	0,0	0,5	0,67	0,04	0,18
Residencial	121,2	3,6	0,05	59,6	1,4	7,1	0,3
Comercial	134,2	0,02	0,0008	0,04	0,2	0,01	0,05
Industria	978,9	0,45	0,06	48,8	2,6	0,76	1,34
Transporte	3.812,1	0,8	0,2	137,5	20,0	29,7	2,44
Agropecuario	155,3	0,02	0,001	0,04	0,2	0,01	0,08
Consumo propio	57,3	0,0	0,0	0,02	0,08	0,0	0,08

Emisiones fugitivas	0,0	0,04	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	5.492,7	4,9	0,3	246,4	25,1	37,6	4,5

La figura 2.3 muestra la distribución porcentual de las emisiones del sector energético por actividad en el año 2000 y 2005.

Figura 2.3  
Emisión del sector energético en el 2000 y 2005 (%)



En lo referente a emisiones de cada gas, el dióxido de carbono aportó 96% de las emisiones de este sector, seguido por el monóxido de carbono con 2% y los demás gases aportan el 2% restante de las emisiones.

## CAPÍTULO 3. PROCESOS INDUSTRIALES

Existen diferentes tipos de gases con efecto invernadero que son generados por las actividades industriales como emisiones de sus procesos. Las directrices del IPCC establecen las principales categorías de fuentes de emisiones, dentro de las cuales se encuentran la producción de: cemento, cal, ácido adípico y ácido nítrico, aluminio, y de magnesio, la industria siderúrgica, la utilización de hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), perfluorocarbonos e hidrofluorocarbonos. Adicionalmente existen otras fuentes no principales, como la fabricación de alimentos que incluyen bebidas alcohólicas, el procesamiento de carnes, elaboración de azúcar y pan, entre otros.

Muchos de estos procesos no se realizan en el país, en especial aquellos relacionados con la fabricación de productos químicos y la industria de metales, no obstante, actividades como la industria cementera son un contribuyente importante en la formación de estos gases.

Como parte de la metodología de investigación se determinó la información necesaria requerida para calcular las emisiones de gases con efecto invernadero según lo recomendado en el documento *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, para diferentes procesos industriales durante el 2000 y 2005.

La información fue solicitada directamente al personal encargado en cada empresa, y además se consultaron documentos informativos sobre estadísticas de producción nacional, entre otros.

### 3.1 Producción de cemento

Durante el proceso de fabricación de la clínca, el  $\text{CaCO}_3$  es calcinado para producir  $\text{CaO}$  y se emite  $\text{CO}_2$  como subproducto, el  $\text{CaO}$  reacciona posteriormente con otros minerales para formar la clínca. Por esta razón, es una práctica recomendable calcular las emisiones de  $\text{CO}_2$  a partir de los datos de clínca procesada y no de cemento.

Considerando lo anterior, se siguió el método de nivel 2 del IPCC, calculando las emisiones de  $\text{CO}_2$  a partir de datos de producción de clínca de las empresas productoras de cemento a nivel nacional. Se asumió un porcentaje de  $\text{CaO}$  en la clínca de 65%<sup>2</sup>, además, no hay otras cargas en los hornos que no sean carbonatos.

También, se determinaron las emisiones de dióxido de azufre que corresponde al azufre en el combustible y en la arcilla empleada como materia prima se calcularon utilizando los valores recomendados para factores de emisión del IPCC.

En el cuadro 3.1 se presentan la emisión de  $\text{CO}_2$  y  $\text{SO}_2$  para el 2000 y 2005, en el proceso de producción de cemento.

---

<sup>2</sup> Valor recomendado en las Directrices del IPCC, Vol.3, sección 2.3.



**Cuadro 3.1**  
**Emisión de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en el proceso de producción de cemento**

Año	Producción de cemento (toneladas)	Emisión de CO <sub>2</sub> (Gg)	Emisión de SO <sub>2</sub> (Gg)
2000	744.593	387,5	0,22
2005	1.267.402	496,6	0,38

### 3.2 Producción de cal y utilización de piedra caliza y dolomítica

Los datos fueron obtenidos directamente de las empresas productoras de cal viva. La cal dolomítica no se procesa en el país. Las estimaciones se realizaron tomando como 100% el porcentaje de CaO en la cal producida.

En el cuadro 3.2 se presenta la emisión de CO<sub>2</sub> en el proceso de producción de cal para el 2000 y 2005.

**Cuadro 3.2**  
**Emisión de CO<sub>2</sub> en el proceso de producción de cal**

Año	Producción de cal (toneladas)	Emisión de CO <sub>2</sub> (Gg)
2000	5.000	0,004
2005	5.000	0,004

### 3.3 Producción y utilización de carbonato de sodio

En Costa Rica no existe producción de carbonato de sodio.

### 3.4 Producción y utilización de productos minerales varios

#### 3.4.1 Producción de material asfáltico para techos

Actividad inexistente.

#### 3.4.2 Pavimentación asfáltica

Las estimaciones se hicieron utilizando los datos suministrados por la Dirección de Servicio al Cliente de RECOPE (único proveedor en el país), para el 2000 y 2005.

El asfalto generado en los procesos de refinería puede ser utilizado para diferentes fines:

- Producción de *mezcla asfáltica en caliente*: el bitumen sólido o semisólido es calentado en la planta asfáltica y mezclado con agregados y aditivos.
- Producción de *emulsión asfáltica* que consiste en una mezcla de asfalto-agua con un 40% a 50% en peso de agua que contiene a su vez entre 0.5% y 1.5% en peso de emulsificante, con lo que se logra bajar significativamente la viscosidad. Cuando se agrega el asfalto a los agregados la emulsión se desestabiliza y se rompe, adhiriéndose el asfalto a las superficies

de los agregados y por otra parte el agua se pierde por evaporación. La emulsión asfáltica se utiliza en casos en que no sea práctico calentar el asfalto para su aplicación.

- Producción de asfaltos líquidos conocidos como *cutbacks* ó *asfaltos rebajados*, que son materiales de consistencia fluida, compuestos por una base asfáltica y un fluidificante volátil (queroseno, aceite, naftas, gasolinas). Durante el proceso de curado los fluidificantes se evaporan.

De los tipos de asfaltos anteriores, la producción de mezcla asfáltica en caliente produce emisiones durante su proceso de preparación pero luego de esto en los procesos de aplicación la cantidad de compuestos orgánicos volátiles es muy poca. Por otra parte, los asfaltos cutbacks generan cantidades significativas de emisiones luego de su aplicación durante el proceso de curado. Por último las emulsiones asfálticas se considera que no son fuente significativa de emisiones<sup>3</sup>.

Las ventas de RECOPE para el 2000 y 2005 consistieron en asfalto para mezcla en caliente y emulsión asfáltica, por lo que para el cálculo de emisiones sólo se utilizará el asfalto para mezcla en caliente.

Los factores de emisión se tomaron del documento Emission Inventories Guide Book, 2005. Part B, Group 4, SNAP code 40611 cuadros 2 y 3 y de las Directrices del IPCC para los inventarios de gases con efecto invernadero (1996).

**Cuadro 3.3**  
**Emisión de NMVOC por pavimentación asfáltica**

Año	Cantidad de asfalto (toneladas)	Emisión de NMVOC (Gg)
2000	62.987	20,2
2005	83.856	26,8

### 3.4.3 Producción de hormigón de piedra pómez

Actividad inexistente.

### 3.4.4 Producción de vidrio

Las estimaciones se realizaron solamente para vidrio en botellas pues el vidrio plano no se procesa en el país.

**Cuadro 3.4**  
**Emisión de NMVOC en el proceso de producción de vidrio**

Año	Fundición de vidrio (toneladas)	Emisión de NMVOC (Gg)
2000	114.171	0,51
2005	132.165	0,59

<sup>3</sup> EMEP/CORINAIR, Emission Inventories Guide Book, 2005. Part B, Group 4, SNAP code 40611.

### **3.5 Producción de amoníaco**

Actividad inexistente (no se produce en el país).

### **3.6 Producción de ácido adípico y ácido nítrico**

Actividad inexistente, no existen plantas de ácido adípico en el país y la producción de ácido nítrico se detuvo a principios de los años noventa.

### **3.7 Producción de carburo de calcio**

Actividad inexistente.

### **3.8 Producción de otras sustancias químicas**

Ninguna de las sustancias mencionadas en la tabla 2.10 del documento Directrices del IPCC para los inventarios de gases con efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo, no se fabrican en el país.

### **3.9 Producción de metales**

#### **3.9.1 Industria siderúrgica**

No existe producción de hierro o acero en el país.

#### **3.9.2 Producción de ferroaleaciones**

Actividad inexistente.

#### **3.9.3 Producción de aluminio**

Actividad inexistente, no se realiza fundición de aluminio en el país.

#### **3.9.4 Producción de otros metales**

Actividad inexistente, no se producen en el país ninguno de los metales mencionados en la tabla 2.22 del documento *Directrices del IPCC para los inventarios de gases con efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de trabajo*.

### **3.10 Industria de la pulpa y el papel**

En el país solamente se fabrica papel a partir de material reciclado por lo que no se realizan métodos de reducción de pulpa que son los que producen emisiones de gases con efecto invernadero.

### **3.11 Alimentos y bebidas**

#### **3.11.1 Producción de bebidas alcohólicas**

La principal bebida alcohólica fabricada en el país es la cerveza. Sin embargo, de acuerdo a conversaciones con funcionarios de la industria cervecera, el 99% de las emisiones generadas en el proceso de fermentación son recuperadas posteriormente para el envasado y gasificado de la misma cerveza y de otras bebidas que así lo requieren.

Otro de los productos producidos por vía fermentativa es el alcohol. En el 2000 no hubo producción de alcohol en la Fábrica Nacional de Licores mientras que para el 2005 se produjeron 97.817 litros.

Con relación a otras bebidas alcohólicas como vodka, ron, entre otros, la preparación en nuestro país se basa solamente en mezclar alcohol con otros productos y no por vía fermentativa.

**Cuadro 3.5**  
**Emisión de NMVOC en el proceso de producción de alcohol**

Año	Producción de alcohol (l)	Emisión de NMVOC (Gg)
2000	0	0
2005	97.817	0,015

### 3.11.2 Panificación y elaboración de otros alimentos:

#### 3.11.2.1 Carne, pescado y aves:

Los datos fueron obtenidos a partir de información de Instituto Costarricense de Pesca Y Agricultura (INCOPECA) en cuanto a producción acuícola total en el país e información del sistema de Servicios de información de mercados del Consejo Nacional de Producción (CNP) para la producción total nacional de carne vacuna, pollo y cerdo. Para el cálculo se utilizaron las cantidades totales producidas en el país.

**Cuadro 3.6**  
**Emisión de NMVOC en el procesamiento de carne, pescado y aves**

Año	Procesamiento de carne y aves (toneladas)	Emisión de NMVOC (Gg)
2000	222.814	0,07
2005	227.574	0,07

#### 3.11.2.2 Azúcar

Los datos se obtuvieron de acuerdo a información de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).

**Cuadro 3.7**  
**Emisión de NMVOC en el proceso de producción de azúcar**

Año	Producción de azúcar (toneladas)	Emisión de NMVOC (Gg)
2000	360.311	3,60
2005	391.137	3,91

### 3.11.2.3 Tostado de café

Para hacer la estimación del café tostado se supuso que todo el café oro para consumo nacional es tostado y a eso se le sumó la cantidad de café tostado exportado debido a que la información sobre café tostado a nivel nacional no se encuentra disponible, solamente se conoce la cantidad de café oro producido para consumo nacional y la cantidad de café tostado exportado.

Los datos de café tostado exportado se obtuvieron de los registros de exportaciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2000) y los datos de café oro producido para consumo nacional se obtuvieron del Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica del Instituto del Café (ICAFE, 2005).

**Cuadro 3.8**  
**Emisión de NMVOC en el proceso de tostado de café**

Año	Producción de café (toneladas)	Emisión de NMVOC (Gg)
2000	22.907	0,013
2005	21.976	0,012

### 3.11.2.4 Margarinas y grasas sólidas de cocina.

Los datos fueron solicitados a las tres empresas procesadoras de aceite y derivados en el país. Sin embargo no fueron proporcionados.

### 3.11.2.5 Pan, pasteles, bizcochos y cereales.

La información de la cantidad producida de pan, y otros productos de panadería no es parte de las estadísticas llevadas por los principales entes encargados de recolectar información de este tipo. Fueron consultadas instituciones como el INEC, Banco Central y Cámara de Industria Alimenticia, sin embargo no se encontró información de este tipo. Debe además tomarse en consideración la variedad de pequeñas empresas en el país que se dedican a la fabricación de estos productos, por lo que es difícil hacer una consideración a nivel nacional de la cantidad total producida. Con el fin de realizar una aproximación se consultó a las principales empresas productoras de pan y galletas a nivel nacional, entre ellas Bimbo, Musmanni, Pozuelo, Nestlé, Jacks y Cuétara. Sin embargo no se recibió respuesta.

### 3.12 Equipos eléctricos y otras fuentes que utilizan SF<sub>6</sub>

No se dispone de datos suficientes para evaluar la emisión de SF<sub>6</sub> en equipos eléctricos en el país pero se considera nula.

### 3.13 Producción de SF<sub>6</sub>

Actividad inexistente, no se produce SF<sub>6</sub> en el país.

### 3.14 Fabricación de semiconductores

No se dispone de datos suficientes para evaluar la emisión de SF<sub>6</sub> en la fabricación de semiconductores en el país pero se considera nula.

### 3.15 Sustitutos de sustancias destructoras del ozono

La importación de sustitutos de las sustancias destructoras del ozono se determinó con base en el registro de importación a cargo de la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA, 2003).

**Cuadro 3.9**  
**Emisión potencial de HFC por importación de sustancias**

Año	Importación (toneladas)	Emisión potencial de HFC (Gg)
2000	43,23	0,043
2005	120,57	0,121

### 3.16 Emisión total

En el cuadro 3.10 se presenta la emisión total en los Procesos Industriales en el 2000 y 2005.

**Cuadro 3.10**  
**Emisión total por proceso industrial en el 2000 y 2005**

Actividad	Gas							
	CO <sub>2</sub> (Gg)		SO <sub>2</sub> (Gg)		NMVOC (Gg)		HFC (Gg)	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Producción de cemento	387,5	496,6	0,22	0,38	NA	NA	NA	NA
Producción de cal	0,004	0,004	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pavimentación asfáltica	NA	NA	NA	NA	20,2	26,8	NA	NA
Producción de vidrio	NA	NA	NA	NA	0,51	0,59	NA	NA
Producción de alcohol	NA	NA	NA	NA	0	0,015	NA	NA
Procesamiento de carne, pescado y aves	NA	NA	NA	NA	0,07	0,07	NA	NA
Producción de azúcar	NA	NA	NA	NA	3,6	3,9	NA	NA
Tostado de café	NA	NA	NA	NA	0,01	0,01	NA	NA
Importación de HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,043	0,121
<b>Totales</b>	<b>387,5</b>	<b>496,6</b>	<b>0,22</b>	<b>0,38</b>	<b>24,4</b>	<b>31,4</b>	<b>0,043</b>	<b>0,121</b>

NA: No aplica

## Capítulo 4. AGRICULTURA

En el sector agropecuario las emisiones de gases con efecto invernadero se producen en cinco fuentes:

- Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo de estiércol
- Cultivo de arroz: arrozales anegados.
- Quema de pasturas
- Quema en el campo de residuos agrícolas
- Suelos agrícolas

La generación de metano por manejo de estiércol es muy reducida dado que este gas se produce como resultado de la acumulación de los desechos animales cuando se maneja ganado en estabulación, sistema de producción que se utiliza poco en Costa Rica.

Para el cálculo de la emisión de  $\text{CH}_4$  en arroz y  $\text{N}_2\text{O}$  en los suelos agrícolas, se utilizaron los factores de emisión que fueron generados en un estudio de campo que se realizó a finales de los noventa por Montenegro y Abarca (2001).

### 4.1 Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo de estiércol

#### 4.1.1 Fermentación entérica

Durante el proceso digestivo, el cual ocurre en condiciones anaeróbicas, tal y como sucede en bovinos, caprinos y bufalinos, parte del forraje consumido por estas especies animales es transformada en metano por la acción de microorganismos en el rumen.

Debido a que los bovinos representan la mayor población animal en Costa Rica, para el cálculo de la emisión de metano se desarrollaron estudios detallados y así obtener valores de emisión de este gas producto de la fermentación entérica en cada sistema de producción utilizado.

Diferentes modelos de simulación fueron utilizados; uno fue diseñado para estimar la población de cada categoría animal en cada sistema de producción, otro modelo se diseñó exclusivamente para estimar las emisiones de metano de acuerdo con las poblaciones simuladas.

Para modelar la población de ganado bovino por sistema de producción (carne, leche, y doble propósito) y categoría animal (vacas adultas, toros, novillas y novillos, toretes, terneros y terneras) se utilizaron datos técnicos extraídos de la última encuesta ganadera realizada en el 2000, así como también información proveniente de censos ganaderos previos (1988 y 1995). Posteriormente y con el resultado de estas simulaciones se modeló la emisión de metano para cada categoría animal en cada sistema de producción.

Debido a un ligero incremento en la población bovina nacional, la emisión de metano siguió la misma tendencia, determinándose un incremento de 4% en el 2005 con respecto al 2000.

La emisión de metano simulada para cada sistema de producción para el 2000 y 2005 se presentan en el cuadro 4.1.

**Cuadro 4.1**  
**Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino**  
**durante el 2000 y 2005**

Sistema de producción	Población (cabezas)		Emisión de metano Gg	
	2000	2005	2000	2005
Leche	173.424	175.958	10,12	10,26
Carne	880.763	913.987	57,38	59,58
Doble propósito	304.013	328.091	17,37	18,45
<b>Total</b>	<b>1.358.200</b>	<b>1.418.036</b>	<b>84,87</b>	<b>88,29</b>

**Cerdos, aves de corral y cabras.** Los datos de población de cerdos y aves de corral fueron obtenidos en estadísticas pecuarias del Consejo Nacional de Producción, mientras que los datos de población de cabras fueron proporcionados por el Programa Nacional de Cabras del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

En el cuadro 4.2 se puede observar la población de cada una de las especies no bovinas evaluadas en estos inventarios. No fue posible obtener datos de la cantidad de caballos existentes en el país. Para el cálculo de la emisión se siguió la metodología del IPCC utilizándose los factores de emisión por cabeza para cada especie animal según lo recomendado para América Latina.

Al igual que con los bovinos, debido a un incremento en la población de estas especies se generó mayor cantidad de metano (54%) durante el 2005; la mayor proporción de este incremento se debe a la población de cerdos.

**Cuadro 4.2**  
**Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos**  
**durante el 2000 y 2005**

Especie	Población (cabezas)		Factor de emisión kg/cabeza		Emisión de metano Gg	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Cerdos	192.459	297.359	1,0	1,0	0,19	0,3
Cabras	10.540	14.329	5,0	5,0	0,05	0,07
<b>Total</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>0,24</b>	<b>0,37</b>

#### 4.1.2 Manejo de estiércol

Las mayores emisiones de metano provenientes del manejo del estiércol fueron determinadas para los cerdos en ambos años, esto se debe a que la población y la producción de excretas de esta especie fueron mayores que en las dos restantes especies. El cuadro 4.3 presenta los factores y la emisión de metano por manejo de estiércol para los años analizados.

La emisión de metano por manejo de estiércol es baja en el hato bovino debido a que los animales son mantenidos en pastoreo durante todo el año.



**Cuadro 4.3**  
**Emisión de metano por manejo del estiércol de animales domésticos**  
**durante el 2000 y 2005**

Especie	Población (cabezas)		Factor de emisión kg/cabeza/año		Emisión de metano Gg	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Cerdos	192.459	297.359	0,17	0,17	0,002	0,002
Cabras	10.540	14.329	1,0	1,0	0,190	0,297
Aves de corral	2.760.000	2.840.684	0,018	0,018	0,049	0,051
<b>Total</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>0,241</b>	<b>0,350</b>

#### 4.2 Cultivo de arroz: arrozales anegados

La emisión de metano en el cultivo de arroz anegado se produce cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno. En el suelo el metano se acumula y sale en forma de burbujas ocasionales; también la planta de arroz contribuye con el transporte de metano desde la fuente de formación en el suelo a la superficie del espejo de agua.

La producción de arroz anegado en Costa Rica ha venido ocupando entre 25% y 35% del área total sembrada en los últimos años. De acuerdo con la información suministrada por CONARROZ (2006) en el 2000 se sembraron 23.994 ha bajo el sistema de arroz anegado, lo cual representó 35% del área total sembrada con este cereal. Durante el 2005, el área de arroz anegado representó el 28% del total sembrado (48.439 ha).

La reducción de 10.145 ha en el sistema de producción de arroz anegado en el 2005 explica la disminución de 3,03 Gg de metano (Cuadro 4.4).

Para determinar la emisión de metano generado en esas condiciones, se utilizaron los resultados del estudio de campo realizado por Montenegro y Abarca (2001) quienes determinaron por mediciones directas un valor de 4,94 kg de metano/ha/día.

**Cuadro 4.4**  
**Emisión de metano en la producción de arroz anegado**  
**durante el 2000 y el 2005**

Régimen de manejo de agua	Area cosechada (ha)		Factor de emisión kg/ha/día		Emisión de metano Gg	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Continuamente inundado	23.994	18.881	4,94	4,94	14,22	11,19

#### 4.3 Quema de pasturas

El crecimiento de la biomasa de los pastos es controlado por la alternancia de la estación seca y húmeda; durante la primera, ocasionalmente se producen incendios naturales propios de las condiciones de la época.

En el 2000, de acuerdo con la información de la evaluación de áreas quemadas obtenida de las imágenes de satélite, se estimó un total de 18.072 hectáreas quemadas. Esta cifra descendió significativamente para el 2005 ya que solamente se reportaron 9.640 ha como consecuencia de la implementación de la Estrategia Nacional del Manejo del Fuego y a una estación seca menos severa.

Debido a la falta de información sobre la fracción de biomasa viva que se quema, se usó el valor sugerido por el IPCC.

Los factores de emisión utilizados para cada uno de los gases generados durante las quemas fueron extraídos del Manual de Referencia del IPCC (IPCC 1997), así como la fracción de carbono de la biomasa viva y muerta y la eficiencia de combustión.

En el cuadro 4.5 se presentan las emisiones estimadas por tipo de gas para esta fuente de emisión.

**Cuadro 4.5**  
**Liberación de gases por quema de pasturas\***  
**durante el 2000 y el 2005**

Gas	Emisión	Emisión
	Gg	Gg
	<b>2000</b>	<b>2005</b>
CH <sub>4</sub>	0,051	0,027
CO	0,77	0,41
N <sub>2</sub> O	0,0005	0,0003
NO <sub>x</sub>	0,009	0,005

\* Incluye charral y tacotal

#### 4.4 Quema en el campo de residuos agrícolas

Como parte del proceso de crecimiento de las plantas se produce material vegetal, gran cantidad del mismo no se aprovecha para el consumo humano y en algunos casos este residuo se quema, como por ejemplo en el cultivo de la caña de azúcar.

En ciertos cultivos, los residuos se utilizan para generar energía como en el caso de la cascarilla de café, bagazo de caña de azúcar, y cascarilla de arroz. Sin embargo, un gran porcentaje es dejado en el campo donde se incorpora al suelo.

En la quema de residuos no se considera la emisión de CO<sub>2</sub> pues se supone que este es reabsorbido en el siguiente período de cultivo; las emisiones de otros gases (metano, óxido nitroso, monóxido de carbono) son consideradas como emisiones netas. Para la evaluación de estas emisiones se utilizaron los factores de emisión sugeridas en las metodologías del IPCC.

La estimación de estos gases se realizó únicamente para la caña de azúcar. La información de la proporción de la biomasa producida y quemada en el campo, así como la relación producto/residuo fue la misma que se utilizó en los inventarios anteriores.

En el cuadro 4.6 se presenta los valores de los gases emitidos como resultado de la quema de los residuos de caña de azúcar, la variación entre ambos años se explica por cambios en el área cultivada, la cual se incrementó 800 ha en el 2005.

**Cuadro 4.6**  
**Emisión de gases por quema en el campo de residuos agrícolas**  
**en el 2000 y el 2005**

Cultivo	Cantidad de residuo		Gas emitido							
	Gg		CH <sub>4</sub> Gg		CO Gg		N <sub>2</sub> O Gg		NO <sub>x</sub> Gg	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Caña de azúcar	106	108	0,043	0,044	0,647	0,658	0,0001	0,0001	0,02	0,02
Total	106	108	0,043	0,044	0,647	0,658	0,0001	0,0001	0,02	0,02

#### 4.5 Suelos agrícolas

Los suelos pueden emitir gases como N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, pero también en ciertas condiciones el suelo podría neutralizar algunas emisiones de metano. Las emisiones de N<sub>2</sub>O se producen como resultado del proceso de denitrificación que ocurre bajo condiciones de anaerobiosis luego de la aplicación de fertilizantes nitrogenados sintéticos, de la incorporación de materia orgánica con altos contenidos de nitrógeno y, por la fijación biológica de este nutriente. El CO<sub>2</sub> se produce principalmente como resultado de la actividad microbiana del suelo y, también en menor grado por la respiración radical de las plantas.

Para la cuantificación de estos gases se utilizaron los factores de emisión que se derivaron de estudios de campo realizados a finales de los noventa por Montenegro y Abarca (2001), el cual incluyó los siguientes cultivos: café (con y sin sombra), caña de azúcar, banano, papa, cebolla y los cuatro principales tipos de pasto: jaragua, ratana, estrella africana, y kikuyo.

Además, para los inventarios del 2000 y del 2005 además se incluyen los siguientes cultivos: naranja, plátano, piña, palmito, palma africana, raíces y tubérculos, mango, macadamia, y otros (papaya, tomate, chayote, sandía, melón, maíz, y frijol). Para este grupo de cultivos utilizo a la metodología sugerida para el cálculo de las emisiones.

Las diferencias en las emisiones que se presentan entre ambos años se producen por variaciones en las áreas sembradas. En el caso de raíces y tubérculos, a pesar del incremento en el área sembrada las emisiones se mantuvieron; la razón de esta estabilidad en las emisiones se debe al cambio en el cultivo sembrado. Para esta categoría de cultivos se incrementó significativamente el área de yuca, a la cual no se le aplica fertilizante nitrogenado, por lo que en consecuencia no se incrementaron las emisiones de este gas.

En el caso de las pasturas, se estimó que no hubo cambios en las áreas sembradas por lo que se reporta un solo valor para el óxido nitroso en ambos años.

En el cuadro 4.7 se presentan los factores de emisión del N<sub>2</sub>O determinados para cada cultivo y la emisión total de este gas de acuerdo con el área sembrada para todos los cultivos en los años antes mencionados.

**Cuadro 4.7**  
**Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos**  
**durante el 2000 y 2005**

Cultivo*	Area sembrada ha		Factor de emisión kg/ha/año	Emisión de N <sub>2</sub> O Gg	
	2000	2005		2000	2005
Café con sombra	68.900	64.350	7,78	0,053	0,050
Café sin sombra	37.100	34.650	2,42	0,089	0,084
Caña de azúcar	47.200	48.000	5,66	0,267	0,272
Banano	47.982	41.147	4,60	0,221	0,189
Plátano	8.347	10.750	4,60	0,038	0,049
Papa	3.372	3.074	7,85	0,026	0,024
Raíces y tubérculos	9.136	15.572	--	0,003	0,003
Cebolla	628	1.243	2,61	0,002	0,003
Piña	12.500	26.821	--	0,375	0,080
Palmito	9.385	8.074	--	0,021	0,018
Palma africana	39.790	50.125	--	0,052	0,066
Naranja	25.300	24.000	--	0,037	0,035
Mango	8.200	8.200	--	0,006	0,006
Macadamia	3.490	1.335	--	0,003	0,002
Otros	54.446	35.050	--	0,123	0,095
Pastos**			--		
Jaragua	516.879	516.879	5,33	2,75	2,75
Ratana	489.675	489.675	3,55	1,74	1,74
Estrella	190.429	190.429	4,94	0,94	0,94
Kikuyo	163.225	163.225	10,03	1,64	1,64
<b>Total</b>			-----	<b>8,39</b>	<b>8,05</b>

\* En los cultivos en los cuales no aparecen los factores de emisión se utilizó la metodología sugerida por el IPCC.

\*\* En pasturas no se experimentaron cambios en las áreas por lo que se reporta el mismo valor para ambos años.

#### 4.6 Emisión total

Durante el 2000 el metano fue mayoritariamente generado por el hato bovino (44%) y en menor grado por el arroz anegado (7%). Valores intermedios fueron determinados en la quema de residuos agrícolas (22%) y en la quema de pasturas (26%) (Cuadro 4.8). Valores similares fueron obtenidos para el 2005, los cuales tuvieron una distribución de 52% para el hato bovino, 6% para el arroz anegado, 26% para la quema de residuos agrícolas y 16% en la quema de pasturas (Cuadro 4.8).

El N<sub>2</sub>O en su gran mayoría (85%) durante el 2000 se emitió en los suelos dedicados a cultivos agrícolas y pasturas, siendo estos últimos los responsables de la mayor proporción (71%) de la emisión. La quema de los residuos agrícolas en el campo generó el 10% de este gas, y la quema de pasturas el 5%. Durante el 2005 la proporción generada de esta gas fue muy similar entre estas fuentes (Cuadro 4.8).

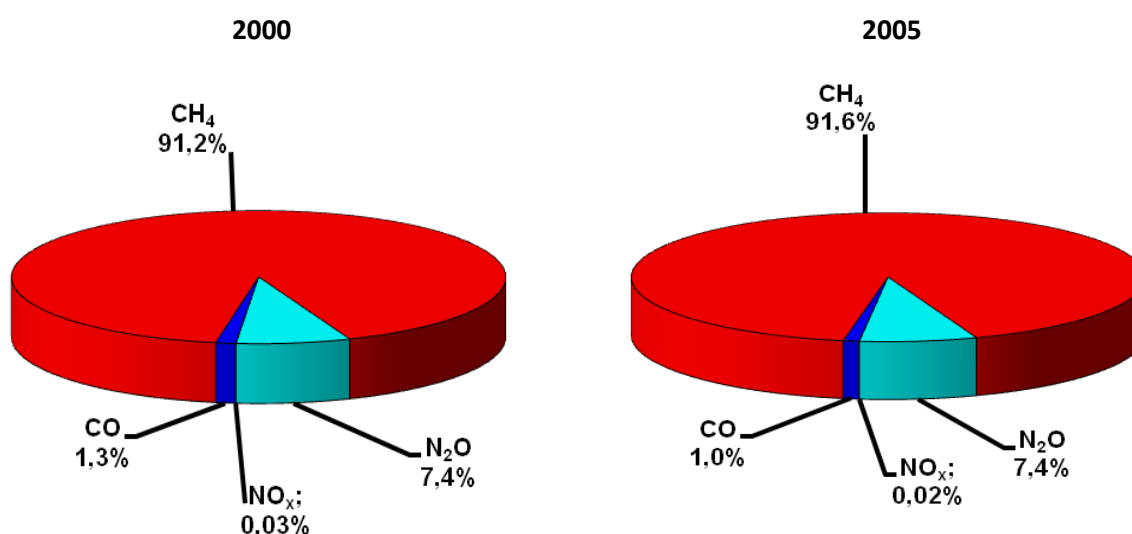
En el cuadro 4.8 se presentan los valores totales de la emisión de gases en el sector agropecuario.

**Cuadro 4.8**  
**Emisión de gases con efecto invernadero en el sector agropecuario**  
**durante el 2000 y 2005**

Actividad	Gas emitido							
	Gg							
	CH <sub>4</sub>		CO		N <sub>2</sub> O		NO <sub>x</sub>	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Fermentación entérica	85,1	88,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manejo de estiércol	0,2	0,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cultivo de arroz	14,2	11,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Quema de pasturas	0,051	0,027	0,769	0,410	0,0005	0,0003	0,009	0,005
Quema de residuos agrícolas	0,043	0,044	0,647	0,658	0,0001	0,0001	0,02	0,02
Suelos agrícolas	NA	NA	NA	NA	8,12	8,05	NA	NA
<b>Total</b>	<b>99,59</b>	<b>100,37</b>	<b>1,41</b>	<b>1,07</b>	<b>8,12</b>	<b>8,05</b>	<b>0,029</b>	<b>0,025</b>

En la figura 4.1 se presenta la distribución de la emisión en el sector agropecuario por tipo de gas durante el 2000 y el 2005. Como puede observarse, el metano (CH<sub>4</sub>) constituye más del 90% de los GEI emitidos, mientras que el óxido nitroso representó valores arriba del 7%. Los otros gases representan el 3% restante.

**Figura 4.1**  
**Distribución de la emisión de gases**  
**en el sector agropecuario durante el 2000 y 2005**



## **CAPÍTULO 5. CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA**

La actualización del inventario nacional de fuentes de gases con efecto invernadero (GEI) y sumideros de carbono en Costa Rica permite estimar las cantidades emitidas, fijadas y almacenadas por las diferentes prácticas de manejo en uso de la tierra y forestal que se desarrollan en el país; estas prácticas están definidas en el Libro de Trabajo para el Inventario de GEI (IPCC, 1996).

Las fuentes de información utilizadas en el presente inventario comprendieron principalmente las estadísticas forestales del gobierno, los mapas de cobertura de la tierra y datos de biomasa almacenada y fijada por tipo de bosque.

Para esta actualización se estimaron las cantidades emitidas, fijadas y almacenadas de dióxido de carbono producidas por tres prácticas de manejo y las emisiones de otros gases distintos de CO<sub>2</sub>, resultado de las actividades antropogénicas:

- Cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa.
- Conversión de bosques.
- Crecimiento en tierras abandonadas.
- Emisiones de otros gases distintos de CO<sub>2</sub> por tala del bosque.

### **5.1 Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa**

El proceso de reforestación en el país se ha desarrollado en tres etapas; la primera entre 1979 y 1987 donde se establecieron alrededor de 17.000ha, con un promedio de 2.125 ha/año. Este período se caracterizó porque entraron en el negocio de plantar árboles, empresas que pagaban impuesto sobre la renta y no tenían un interés real en reforestar, su interés se orientaba a deducir impuestos.

La segunda etapa se desarrolla entre 1988 y 1997. Se continúa con la deducción del impuesto sobre la renta, pero aparecen nuevos mecanismos de fomento como los certificados de abono forestal (CAF), el Fondo de Desarrollo Forestal (FDF) y la aplicación de exenciones fiscales para quienes plantaran con recursos propios. Se permite la incorporación de pequeños y medianos propietarios por medio de organizaciones forestales, y participa más decididamente la inversión extranjera directa.

Del año 1989 al 2002, y al amparo de la exoneración de renta, se plantaron un total de 30.650 ha, solo para el establecimiento y manejo de las plantaciones. En esta fase, ya el Estado había adquirido experiencia por el fracaso de algunos proyectos anteriores, existían profesionales más calificados y con capacidad para el diseño y seguimiento de los proyectos. Varios proyectos de cooperación técnica internacional apoyaban la generación y transferencia de tecnologías, y las universidades se incorporaron a la investigación. Se establecieron 118.781 ha, con un promedio anual de 14.847 ha.

La tercera etapa se inicia en 1997, con la aplicación del sistema de pago por servicios ambientales (PSA) a plantaciones forestales. Desde el año 1997 y hasta el 2002 se habían plantado 23.390 ha con un promedio de 3.800 ha por año. En esta fase se cambia el tipo de instrumento de fomento,

al pasar del sistema CAF al PSA. El cambio de instrumento implicó una transformación radical del concepto mismo de fomento, porque se pasa de otorgar un subsidio directo a una inversión, al pago por el servicio que brindan los bosques y plantaciones forestales (Arias, 2004).

Tal y como se menciona en el apartado anterior, las plantaciones forestales en Costa Rica tuvieron una etapa de aprendizaje, en donde el Estado incentivó la actividad forestal por varios años. Ello incidió en que muchas de las plantaciones existentes hoy en día no son manejadas adecuadamente, es por ello que las proyecciones de producción en dichas plantaciones no han sido las esperadas.

Para el análisis de absorción de CO<sub>2</sub> en las plantaciones forestales, se tomaron las estadísticas generadas por el Estado. Los datos requeridos fueron el área plantada por especie durante los últimos 20 años previos a la actualización del inventario, es decir, al 2000 y al 2005. Sin embargo, las estadísticas encontradas estaban incompletas. Por tal razón se tomaron como base de referencia los datos totales por año proporcionados por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), la Cámara Costarricense Forestal y el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

Para el 2005 se consideró que la distribución de las especies sembradas se mantiene igual que en el 2000.

Debido a la cantidad de especies que se presentan en el país, se hizo el análisis con las ocho especies de mayor importancia en el proceso de reforestación, debido a su extensión y disponibilidad de información. El resto de las especies, cuyas extensiones no son significativas de forma independiente, fueron reunidas en la categoría de "Otras".

El factor de expansión de fuste y copa utilizado fue de 1,75 (Brown y Lugo, 1989), el cual es recomendado por el Libro de Trabajo. La proporción de carbono en la biomasa arbórea utilizada para estimar el carbono absorbido fue de 45% (una relación de carbono de 0,45), aunque el valor genérico reportado por el IPCC es de 0,5. Pero la experiencia del IMN, por medio de estudios realizados en melina, teca y pochote en Guanacaste (1999), y con roble en Talamanca (1997), determinaron que el valor de carbono en la biomasa arbórea no supera el 45%.

Con la información anterior se procedió a determinar el carbono total absorbido, el carbono emitido por cosecha y la absorción neta de CO<sub>2</sub>.

Los valores de dióxido de carbono absorbido por las plantaciones forestales en el 2000 y 2005 se presentan en el cuadro 5.1.

**Cuadro 5.1**  
**Absorción de CO<sub>2</sub> durante el 2000 y 2005 por las plantaciones forestales establecidas en Costa Rica**

Especie	Area plantada		Tasa de crecimiento m <sup>3</sup> /ha	Absorción de CO <sub>2</sub>	
	ha			Gg	
	2000	2005		2000	2005
Melina	45,72	49,19	14,5	1.093,8	1.176,8
Eucalipto	6,22	6,69	14,5	148,8	160,1
Teca	11,98	12,89	8	158,1	170,1
Pino	2,19	2,35	11,5	41,5	44,7
Ciprés	1,96	2,11	10	32,3	34,8
Laurel	7,03	7,56	6,8	78,8	84,8
Pochote	9,90	10,66	6,8	111,1	119,5
Jaul	0,92	0,99	8	12,1	13,1
Terminalia	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0
Otras	29,25	31,47	6,8	328,2	353,1
Cosecha comercial	NA	NA	NA	-181,8	-550,0
<b>Total</b>	<b>115,2</b>	<b>123,9</b>	<b>NA</b>	<b>1.823,0</b>	<b>1.606,9</b>

## 5.2. Conversión de bosques

Esta sección abarca los cambios de uso del suelo en cuanto a la conversión de bosques y praderas a tierras de cultivo o pastos permanentes, considerando dos periodos, primero el año del inventario (2000 y 2005 respectivamente) y segundo los últimos diez años (1990 y 1995).

La conversión de bosques se refiere a los procesos de deforestación que conllevan a la desaparición del bosque.

Para el análisis de deforestación se utilizaron los valores indicados en el Sistema de Información de los Recursos Forestales de Costa Rica (SIREFOR).

En cuanto a la biomasa después de la deforestación se consideró el mismo criterio del inventario anterior, estimada en 20 toneladas: 10 toneladas en pastos o cultivos y 10 toneladas en árboles en pie.

Con respecto a la fracción quemada en el sitio se obtiene de restar la biomasa extraída por tala ilegal (se supone que la extracción ilegal de madera es de 60 m<sup>3</sup>; es decir, 30 toneladas de biomasa por hectárea, para todos los tipos de bosques). La biomasa que se deja en descomposición en el sitio se estimó en 5%.

La estimación del dióxido de carbono liberado por la conversión de bosques se presenta en el cuadro 5.2.



**Cuadro 5.2**  
**Emisión de CO<sub>2</sub> por la conversión de bosques de Costa Rica**

Proceso	Area deforestada Ha		Absorción de CO <sub>2</sub> Gg	
	2000	2005	2000	2005
Liberación inmediata	3,03	4,8	1.002,6	1.587,5
Descomposición	3,03	4,8	53,0	84,0
Total	----	----	<b>1.055,6</b>	<b>1.671,5</b>

### 5.3. Crecimiento en tierras abandonadas

Esta sección considera las áreas de cultivo o potreros que por diversas razones fueron abandonadas, permitiendo la restauración del bosque mediante la regeneración natural.

No hay suficientes datos sobre crecimiento de bosques secundarios. En las tierras abandonadas se definió una tasa de crecimiento constante de la regeneración natural; ello supone que no habría una diferencia significativa en la tasa de crecimiento en tierra abandonadas menores y mayores a 20 años. De igual forma no se dispone de datos que determinen la edad de los bosques secundarios.

Los bosques secundarios fueron determinados de acuerdo con los mapas de cobertura de la tierra para el 2000 y 2005, realizados por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

La absorción de dióxido de carbono por el crecimiento en tierras abandonadas (regeneración natural) se muestra en el cuadro 5.3.

**Cuadro 5.3**  
**Absorción de dióxido de carbono por la regeneración natural durante el 2000 y 2005**

Area miles de ha		Tasa de crecimiento m <sup>3</sup> /ha	Absorción de CO <sub>2</sub> Gg	
2000	2005		2000	2005
252	377	6	2.494,8	3.732,3

### 5.4 Emisiones de otros gases por la tala del bosque

Esta sección considera la emisión de gases distintos al CO<sub>2</sub> procedentes de la quema in situ; ellos son CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO y NO<sub>x</sub>. Para esta determinación se debe considerar la biomasa talada que se quema en el sitio de corta.

Se tomó en consideración el carbono liberado in situ resultado de la biomasa quemada durante el proceso de deforestación, los factores de emisión utilizados fueron valores reportados por el IPCC en el Libro de Trabajo.

En el cuadro 5.4 se indican las emisiones de otros gases distintos de dióxido de carbono, producto de la conversión de bosque.

**Cuadro 5.4**  
**Emisión de otros gases distintos de CO<sub>2</sub> producto de la tala del bosque para el 2000 y 2005**

Gas	Emisiones Gg	
	2000	2005
CO	38,28	60,61
CH <sub>4</sub>	4,37	6,93
N <sub>2</sub> O	0,03	0,05
NO <sub>x</sub>	1,09	1,72

### 5.5. Resultados finales de la absorción y emisión total de gases con efecto invernadero

El cuadro 5.5 muestra la absorción y emisión total de gases con efecto invernadero por las prácticas de manejo en el uso de la tierra y silvicultura.

**Cuadro 5.5**  
**Absorción y emisión total de gases con efecto invernadero para el 2000 y 2005 en el sector cambio de uso de la tierra y silvicultura**

Sector	Area (miles de ha)		Emisión o absorción * (Gg)									
			CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		CO		NO <sub>x</sub>	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Cambios de biomasa en bosque y otros tipos de vegetación	115,2	123,9	-1.823,0	-1.606,9	----	----	----	----	----	----	----	----
Conversión de bosques	3,03	4,8	1.055,6	1.671,5	----	----	----	----	----	----	----	----
Crecimiento en tierras abandonadas	252,0	377,0	-2.494,8	-3.732,3	----	----	----	----	----	----	----	----
Otros gases emitidos	NA	NA	----	----	4,4	6,9	0,03	0,05	38,3	60,6	1,1	1,7
<b>Total</b>	----	----	<b>-3.262,1</b>	<b>-3.667,7</b>	<b>4,4</b>	<b>6,9</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>38,3</b>	<b>60,6</b>	<b>1,1</b>	<b>1,7</b>

\*Valores positivos indican emisión, los negativos absorción

## CAPÍTULO 6. MANEJO DE DESECHOS

En esta sección se analizan las emisiones de metano derivadas del manejo de los desechos sólidos en rellenos sanitarios así como de las aguas residuales industriales y municipales para el 2000 y 2005.

### 6.1 Manejo de residuos sólidos

La emisión de gases generada en los lugares de disposición final de residuos sólidos constituye actualmente un problema de contaminación y peligro ambiental tanto a nivel mundial como local. El gas metano, constituyente principal de estas emisiones, puede causar en pequeñas concentraciones daños a la vegetación y olores desagradables e incluso en concentraciones mayores puede llegar a formar mezclas explosivas. El problema actual más importante concerniente a la generación de metano es su papel como gas con efecto invernadero y su influencia en el cambio climático.

El metano es generado como subproducto de la descomposición anaeróbica de los desechos. La materia orgánica que forma parte de los desechos es degradada por acción bacteriana produciendo metano. Junto al metano también se generan cantidades importantes de  $\text{CO}_2$  y compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano COVDM (NMVOCs por sus siglas en inglés).

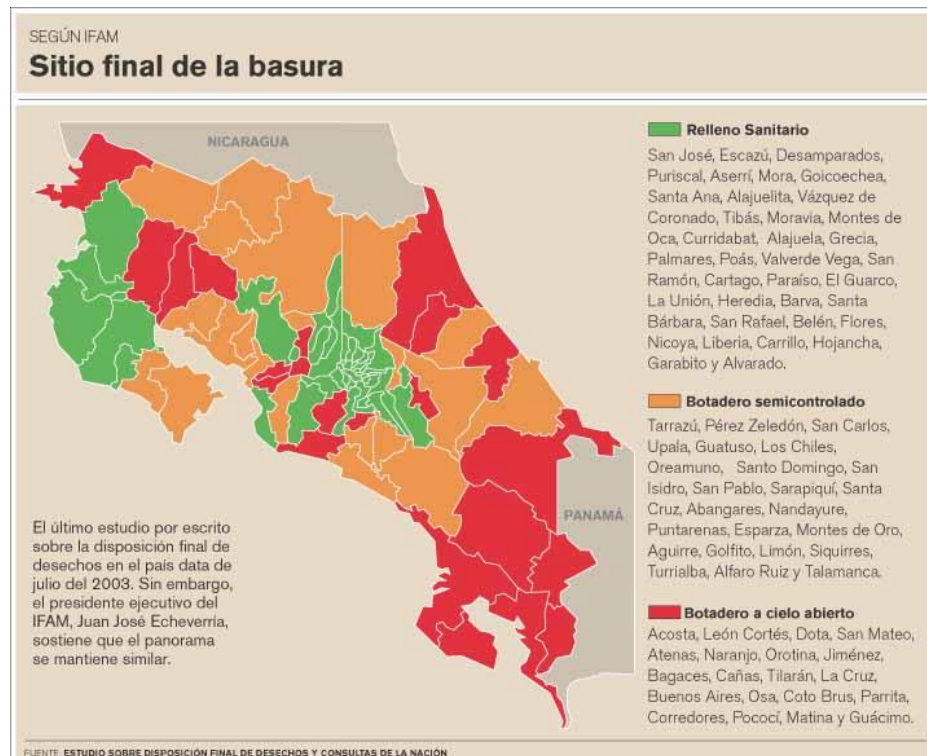
La determinación de las condiciones de operación de los sitios de disposición final de residuos sólidos en el país y la cantidad de metano generada es un factor determinante para establecer prioridades de acción a futuro relacionadas con el control del cambio climático.

Existen diferentes metodologías para realizar las estimaciones de metano generado en sitios de disposición de residuos sólidos, estas varían en cuanto a la cantidad y variedad de datos que requieren así como en su complejidad y suposiciones. La metodología utilizada en el inventario es la metodología del IPCC que incluye dos diferentes métodos de cálculo, todos basados en un enfoque de balance de masa partiendo de la cantidad y tipo de desechos hasta la generación de metano como producto final. Los dos métodos de cálculo estiman la cantidad de carbono orgánico degradable accesible a degradación bioquímica y de esta forma estima la cantidad de metano generado. Esta metodología asume que todo el metano potencial es liberado de los desechos en el mismo año en que éstos fueron depositados, suposición que es válida si la cantidad de desechos depositados y el tipo de desechos ha sido el mismo en los últimos años. El segundo método es el de descomposición de primer orden que considera que el metano es generado en un largo periodo de tiempo y no instantáneamente.

El país tiene en la actualidad varios rellenos sanitarios, para el inventario del 2000 y del 2005 se consideraron: Río Azul (con cierre técnico actualmente), Los Mangos, Los Pinos y La Carpio, estos últimos iniciaron operaciones en el 2000 por lo que no tuvieron aporte en ese año. En todos los rellenos se realiza un manejo controlado, o sea que cumplen con las características de cobertura y profundidad aptas para la generación de gas natural. Dada la falta de conocimiento sobre la cantidad y condiciones de los sitios de disposición final de desechos sólidos no controlados, no se tiene la información necesaria y confiable para incluirlos en el inventario.

En la siguiente figura, se muestra los sitios de disposición final de los desechos sólidos en el país. En el mismo se señalan cuales municipalidades disponen sus desechos sólidos en rellenos sanitarios, botaderos semicontrolados y botaderos a cielo abierto. La información proviene del último estudio realizado por el Instituto de Fomento en Asesoría Municipal (IFAM) en el 2003.

**Figura 6.1**  
**Disposición final de la basura en Costa Rica**



Fuente: La Nación, sábado 1 de abril 2006.

Como parte de la metodología de investigación se determinó la información mínima requerida para calcular las emisiones de metano por el método recomendado por el IPCC para los sitios de disposición final de desechos sólidos durante el 2000.

La información requerida para el cálculo de las emisiones por este método es:

- Cantidad de residuos generados
- Fracción de estos residuos enviada a rellenos sanitarios controlados.
- Cantidad de metano recuperado (en los casos en que aplique)
- Composición promedio de los residuos sólidos.

Se recopiló la información necesaria referente a la cantidad de desechos sólidos depositados en los dos principales rellenos controlados en funcionamiento al 2000 y los 4 rellenos en funcionamiento en el 2005, así como información de estudios de segregación realizados por diferentes fuentes.

En el cuadro 6.1 se presenta la información correspondiente a la cantidad de residuos que son enviados a los rellenos tanto en el 2000 como en el 2005.

**Cuadro 6.1**  
**Cantidad de residuos enviados a rellenos sanitarios en el 2000 y 2005**

Sitio de disposición	Año	
	2000	2005
	Gg/año	
Río Azul	340,2	238,0
Los Mangos	171,6	216,7
Los Pinos	0,0	50,7
La Carpio	0,0	90,0
<b>Total</b>	<b>511,8</b>	<b>595,4</b>

Para el cálculo se seleccionó el “Método por Defecto” sobre el “Método de descomposición de primer orden”, ambos recomendados por IPCC, debido a que el último método necesita información histórica de cantidades, composición y prácticas de disposición de desechos de varios años<sup>4</sup>.

Desafortunadamente esta información no está disponible en el país, y aunque en el caso de Río Azul se conoce la cantidad anual de desechos que se ha recibido desde su apertura, no es sino hasta años recientes que se ha iniciado el manejo de los residuos de manera adecuada y en las condiciones aptas para hacer las estimaciones de metano generado de acuerdo a este método.

Con el fin de realizar una comparación, con la información disponible de Río Azul se calculó por el método cinético la cantidad de metano generado y se comparó con el resultado obtenido también para Río Azul por el método por defecto.

El metano recuperado es el que se quema o se aprovecha en un dispositivo de recuperación de energía de forma que no es emitido como tal al ambiente.

En el país actualmente la recuperación ocurre solamente en el Relleno Sanitario de Río Azul, que tiene un sistema de recolección del metano, el cual es utilizado en una planta de generación eléctrica, sin embargo la operación de la misma comenzó en el 2004 por lo que se considera recuperación de metano únicamente para el inventario del 2005.

Se investigó a nivel nacional sobre estudios realizados en cuanto a datos de composición de los residuos sólidos que llegan a los sitios de disposición controlados.

La información obtenida fue un estudio realizado en el relleno de Río Azul en el 2002, sobre la cantidad y tipo de desechos que llegan a este lugar. Los datos se presentan en el cuadro 6.2.

<sup>4</sup> Este criterio se basa en el Documento de Orientación del IPCC sobre buenas prácticas y la gestión de incertidumbre en los inventarios nacionales de gases con efecto invernadero.

**Cuadro 6.2**  
**Composición promedio de los residuos sólidos enviados a Río Azul**

<b>Material</b>	<b>Desechos Municipales ( % peso)</b>	<b>Desechos particulares (% peso)</b>	<b>Promedio general (% peso)</b>
Cerámica	1,0	0,4	0,9
Cuero	0,3	ND	0,3
Materia orgánica	55,1	30,9	52,9
Metal	2,5	14,0	3,5
Papel	15,8	21,2	16,3
Plásticos	11,5	10,7	11,4
Químicos	0,1	0,1	0,1
Tela	2,5	4,8	2,7
Vidrio	1,5	0,9	1,5
Otros	9,8	17,1	10,4
<b>TOTAL</b>			<b>100</b>

Fuente: Federación Municipal Regional del Este (FEDEMUR), 2002.

Estos datos se compararon con dos estudios adicionales, un estudio presentado en el Plan Nacional de Manejo de Desechos en 1991 y un estudio realizado en 1998, de la composición física de los desechos sólidos efectuada por Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA) en el Cantón de Flores, Heredia y ambos presentan similitudes en la composición de los desechos.

En el cuadro 6.3 se presentan los resultados de la emisión de metano para el 2000 y 2005 en los rellenos sanitarios del país.

**Cuadro 6.3**  
**Emisión de metano en los rellenos sanitarios de Costa Rica**  
**en el 2000 y 2005**

<b>Año</b>	<b>Emisión de metano (Gg)</b>
2000	29,7
2005	31,7

## 6.2 Aguas residuales municipales

El factor determinante en la generación de metano de aguas residuales es la cantidad de materia orgánica degradable que posee la misma. Ello se determina mediante la cuantificación de parámetros como la demanda bioquímica (DBO) o química de oxígeno (DQO). Por lo general la DBO es un parámetro clave en la determinación de aguas residuales domésticas, mientras que la DQO es empleada en aguas residuales industriales.

Otro de los factores determinantes en la generación de metano debido a la degradación de aguas residuales, es el sistema empleado en el manejo de las mismas. Los sistemas que proveen

ambientes anaeróbicos generalmente producen metano, mientras que aquellos que poseen ambientes aeróbicos producen poco o nada de metano.

Un tercer factor de peso en la generación de metano, es la temperatura. Al aumentar la temperatura del medio, aumenta la producción de metano. Sistemas no controlados y en climas calientes son importantes en la producción de dicho gas. Temperaturas superiores a los 15°C facilitan la producción de metano, mientras aquellos con temperaturas inferiores dificultan los procesos de fermentación con lo que disminuye a su vez la producción de metano.

Las aguas residuales domésticas se colectan por alcantarillado sanitario, mientras otras descargan directamente a cuerpos de agua. El hecho de descargar las aguas residuales domésticas a alcantarillados no implica que se les efectúe un adecuado tratamiento, en la mayoría de los casos esta agua se descarga a cuerpos de agua directamente sin tratamiento alguno.

En Costa Rica uno de los casos más comunes de disposición de las aguas residuales domésticas son los tanques sépticos y las letrinas.

El inventario abarca las emisiones de metano generadas en nuestro país en el 2000 y 2005 provenientes de sistemas de tratamiento anaeróbicos. No se analiza el aporte de producción de metano debido a los lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales debido a la carencia de datos para realizar esta cuantificación.

Del total de población censada en el 2000 tan solo el 22% posee acceso a alcantarillado sanitario. Asimismo, tan solo el 2,4% de la población posee acceso a un alcantarillado sanitario, seguido de un sistema de tratamiento de aguas residuales en operación.

El resto de la población no tiene alcantarillados y descargan sus aguas residuales domésticas en tanques sépticos (67%), pozos negros o letrinas (9%) u otro tipo de sistema como se aprecia en el Cuadro 6.4.

**Cuadro 6.4**  
**Sistemas de tratamiento en aguas residuales domésticas**

<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>
Conectado a alcantarilla pública	206.292	22
Conectado a tanque séptico	630.135	67
Pozo negro o letrina	80.424	9
Otro sistema	6.898	1
No tiene	11.540	1
<b>Total</b>	<b>935.289</b>	<b>100</b>

Fuente: IX Censo Nacional efectuado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en junio del 2000.

Durante el 2003 se realizó un estudio sobre la situación del tratamiento de las aguas residuales en Costa Rica por parte de la Unidad de Aguas Residuales del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y la Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). En dicho estudio se detalla que existen en Costa Rica 51 plantas de tratamiento de aguas residuales y municipales en centros urbanos, de las cuales solo 16 se encuentran en operación. En el cuadro No. 6.5, se detalla el sistema empleado por dichas plantas de tratamiento.

**Cuadro 6.5**  
**Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en operación**

Sistema de tratamiento	En operación	Fuera de operación
<b>a. Sistemas aeróbicos</b>		
Canal de oxidación	1	1
Lodos activados	7	5
Filtro percolador	-	1
TA (Tipo Bustamante)	-	5
<b>b. Sistemas anaeróbicos</b>		
Filtro anaeróbico flujo descendente. FAFD	-	2
Filtro anaeróbico flujo horizontal. FAFH	-	4
Filtro anaeróbico flujo ascendente. FAFA	3	2
Filtro percolador	-	1
Biofiltro	-	1
Reactor anaeróbico flujo ascendente. RAFA	-	2
Reactor anaeróbico extra rápido. UASB	4	5
Tanque Imhoff	-	2
Tanque séptico	-	3
<b>c. Sistemas Facultativos</b>		
Lagunas	1	1

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2004)

El destino de las aguas residuales de las ciudades que tienen alcantarillado sanitario y planta de tratamiento, así como de ciudades y urbanizaciones con solo alcantarillado sanitario, es el siguiente:

- 68% descargan a ríos
- 26% descargan en quebradas (que a la vez son afluentes a ríos)
- 3% en el estero de Puntarenas
- 3% en el Mar Caribe

La metodología del IPCC describe un solo método para el cálculo de las emisiones de metano procedentes del tratamiento de las aguas residuales domésticas. Se establece que la emisión está en función del volumen de desechos generados y de un factor de emisión que caracteriza la forma en que tales desechos generan metano.

En el caso de las aguas residuales domésticas, se recopiló la información necesaria referente al censo poblacional en el 2000, así como la información sobre los tratamientos aplicados a las aguas domésticas en el país. Esta información se segregó para determinar la cantidad de aguas domésticas tratadas de manera anaeróbica o que se degrada de manera anaeróbica.

De esta manera se determinó que el aporte de estas aguas corresponden a una tasa de generación de metano de 22,3 Gg CH<sub>4</sub> en el 2000 y de 24,9 Gg CH<sub>4</sub> en el 2005, utilizando los valores sugeridos por el IPCC.



### 6.3 Aguas residuales industriales

Toda actividad productiva que genere aguas residuales debe cumplir con el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales 26042 S-MINAE. Dicho reglamento solicita la entrega frecuente de un reporte operacional, en el cual se establecen las calidades de las aguas residuales dispuestas ya sea a cuerpos naturales de agua (como el caso de ríos) o al alcantarillado sanitario.

En el 2003, la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental, del Ministerio de Ambiente y Energía, realizó un estudio del cumplimiento de dicho reglamento y la entrega de los reportes operacionales por parte del sector industrial nacional. El estudio determinó que menos de 5% del total de las empresas generadores de aguas residuales cumplen con la entrega de los reportes operacionales.

La cuenca del Río Grande de Tárcoles representa 80% de la población industrial presente en Costa Rica, por lo que al estimar su aporte a la producción de metano por parte de las aguas residuales industriales, se debe posteriormente realizar un estimado a nivel nacional.

De las empresas evaluadas, el 44% tiene un sistema de tratamiento de aguas residuales y a su vez poseía algún elemento de tratamiento anaeróbico en el mismo. De los sistemas de tratamiento de aguas residuales con unidades anaeróbicas, el 64% posee algún tipo de sistema anaeróbico secundario (tanques, reactores o biodigestores anaeróbicos), el 46% restante empleaba un sistema anaeróbico como complemento al sistema secundario, principalmente lagunas anaeróbicas.

Debe señalarse que el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), así como algunas Organizaciones no Gubernamentales(ONG'S) y sectores de educación superior, han implementado campañas masivas para fomentar el empleo de biodigestores anaeróbicos en el sector agroindustrial. Sin embargo, no se ha podido cuantificar la recuperación del biogás producido ni el porcentaje de aprovechamiento del mismo.

Para el estimado de la producción de metano aportado por aguas residuales industriales se contempla únicamente las industrias que posee sistemas de tratamiento de aguas residuales con alguna unidad anaeróbica y que a su vez disponen sus aguas tratadas a la cuenca del Río Grande de Tárcoles.

Una vez calculado el metano generado en dichas industrias, se estima que en esta cuenca se encuentra el 80% de las industrias nacionales pero solo se obtuvo información del 5% de ellas.

Las industrias que disponen sus aguas residuales en alcantarillado sanitario no se encuentran contempladas en este cálculo debido a que la base de datos analizada contemplaba únicamente las actividades productoras que descargan directamente a la cuenca del Río Grande de Tárcoles.

El método propuesto por el IPCC para el cálculo de emisiones procedentes de efluentes industriales es similar al empleado en las aguas residuales domésticas. La determinación de los factores de emisión y los datos de actividad es una tarea más compleja porque existen muchos sectores industriales con diferentes clases de efluentes.

La metodología empleada para realizar el cálculo de la emisión de metano se detalla a continuación:

- Se consideran las actividades productivas que poseen alguna etapa anaeróbica en su sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) empleando la base de datos de DIGECA, MINAET.
- Se establece un factor anaeróbico para cada empresa o actividad productiva incluida en la base de datos, el cual consiste en establecer el porcentaje que representa el sistema anaeróbico dentro del sistema total de tratamiento para cada industria analizada. Este factor anaeróbico es tan solo una primera aproximación por lo que a futuro deberá estudiarse más a fondo el mismo para establecer mejores aproximaciones.
- Se determina la carga contaminante en términos de DQO mediante la multiplicación del caudal del agua residual por la concentración de DQO y el factor anaeróbico para cada industria analizada.
- En los casos de industrias que no reporten valores de concentración DQO pero si valores de caudal se empleará un valor de concentración promedio por actividad industrial.
- Se asume que en forma general, las actividades industriales emiten aguas residuales en promedio durante 11 meses al año, 4.33 semanas al mes, 5 días a la semana. La excepción a esta suposición son los beneficiados de café, pues para ellos se estima que la generación de aguas residuales se realiza por 4 meses al año, durante las 24 horas del día.

Con todas las suposiciones anteriores, se estimó que la carga contaminante es de 226.600,59 kg. DQO/año para todas las actividades productivas presentes en la base de datos de DIGECA, MINAET. La metodología indicada en el IPCC para estimar las emisiones de metano provenientes del manejo de aguas residuales industriales, consiste en establecer las principales fuentes de generación de aguas residuales propensas a descomposición anaeróbica, estableciendo su caudal y su carga orgánica y después establecer mediante factores, el aporte anaeróbico en la gestión de las mismas, desde el transporte, tratamiento y hasta su disposición final.

Usando como criterio que los sectores industriales con mayor potencial de producción de metano, son aquellos cuyas aguas residuales poseen altos contenidos de materia orgánica degradable y que a la vez son tratados en sistemas anaeróbicos, Doorn y Eklund (IPCC 2000) han generado la siguiente lista en la cual se contemplan los sectores que potencialmente generan más metano:

- Manufactureras de pulpa y papel
- Mataderos
- Alcohol, cerveza y almidón
- Químicos orgánicos
- Producción de aceite vegetal
- Producción de textiles
- Producción de hules
- Refinadoras de petróleo
- Frutas y vegetales

Analizando el caso de Costa Rica, se llega a la conclusión que a los sectores que deben analizar sus aguas residuales son:

- Beneficios de café

- Ingenios azucareros
- Mataderos
- Producción de almidón
- Producción de aceite vegetal
- Frutas y vegetales
- Granjas porcinas
- Ganado intensivo

Esto debido a que:

- Empresas manufactureras de papel, empresas productoras de cerveza, refinadora de petróleo: emplean sistemas totalmente aeróbicos para tratar sus aguas residuales
- No se generan vinazas ni aguas residuales asociadas en la producción de alcohol, pues este lo producen algunos ingenios azucareros.
- En el país no se producen hules ni químicos orgánicos.
- La mayoría de las industrias de producción de tela emplean sistemas aeróbicos en el tratamiento de sus aguas residuales.
- El aporte total del sector de granjas porcinas y ganado intensivo se encuentra contemplado en el aporte del sector agrícola a los gases con efecto de invernadero por lo que no se consideran en este apartado.

Existe muy poca información sobre los sectores de producción de almidón, producción de aceite vegetal, procesamiento de frutas y vegetales, por lo que estos sectores no se analizarán en el presente inventario.

Al sumar el aporte debido a las aguas residuales domésticas con el aporte de las aguas residuales industriales, la cantidad de metano producida es 29,1 Gg por año.

Este valor no contempla el aporte de los lodos, aguas residuales industriales que no se encuentren canalizadas a sistemas de tratamiento, aguas residuales que descarguen a alcantarillado sanitario ni tampoco contempla la recuperación debida al empleo de biodigestores.

Los resultados totales para la emisión de metano en el tratamiento de aguas residuales se presentan en el cuadro 6.6

**Cuadro 6.6**  
**Emisión de metano en el tratamiento de aguas residuales**  
**en el 2000 y 2005**

Subsector	Emisiones de metano (Gg)	
	2000	2005
Doméstico	22,3	24,9
Industrial	6,8	6,3
<b>Total</b>	<b>29,1</b>	<b>31,2</b>

## 7. Resultados totales y potenciales de calentamiento global

La emisión total de gases con efecto invernadero se presenta en los siguientes cuadros:

**Cuadro 7.1**  
**Emisión total de gases con efecto invernadero Año 2000**

Sector	Emisión total (Gg)								Total por sector
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>	
Energía	4.717,2	1,7	0,17	NA	165,8	21,5	27,6	3,8	<b>4.937,8</b>
Procesos industriales	387,5	NA	NA	0,043	NA	NA	24,4	0,22	<b>412,2</b>
Agricultura	NA	99,59	8,12	NA	1,41	0,029	NA	NA	<b>109,1</b>
Cambio de uso de la tierra	-3.262,2	4,4	0,03	NA	17,2	0,5	NA	NA	<b>-3.240,1</b>
Manejo de desechos	NA	58,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<b>58,9</b>
<b>Total por gas</b>	<b>1.842,5</b>	<b>164,6</b>	<b>8,3</b>	<b>0,043</b>	<b>184,4</b>	<b>22,0</b>	<b>52,0</b>	<b>4,0</b>	<b>-----</b>

**Cuadro 7.2**  
**Emisión total de gases con efecto invernadero Año 2005**

Sector	Emisión total (Gg)								Total por sector
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>	
Energía	5.492,7	4,9	0,3	NA	246,4	25,1	37,6	4,5	<b>5.811,5</b>
Procesos industriales	496,6	NA	NA	0,121	NA	NA	31,4	0,38	<b>528,5</b>
Agricultura	NA	100,4	8,05	NA	1,07	0,025	NA	NA	<b>109,5</b>
Cambio de uso de la tierra	-3.667,7	6,93	0,05	NA	60,6	1,72	NA	NA	<b>-3.488,9</b>
Manejo de desechos	NA	62,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<b>62,9</b>
<b>Total por gas</b>	<b>2.321,6</b>	<b>175,1</b>	<b>8,4</b>	<b>0,121</b>	<b>308,1</b>	<b>26,8</b>	<b>69,0</b>	<b>4,9</b>	<b>-----</b>

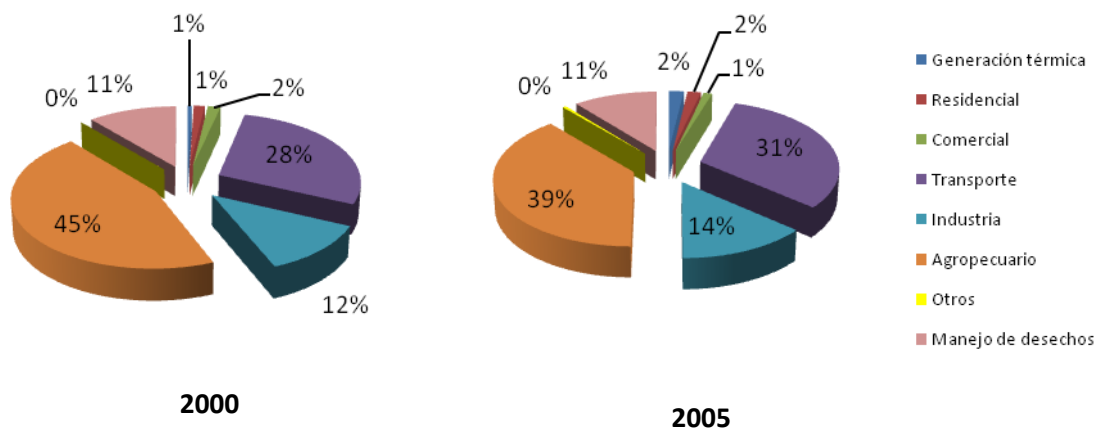
### 7.1 Emisión de CO<sub>2</sub> equivalente

Con el fin de determinar las emisiones relativas de los gases se expresa la emisión de los gases con efecto invernadero en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. Los resultados se determinaron para un horizonte de 100 años con valores equivalentes de CO<sub>2</sub> para metano de 21, para óxido nitroso de 310, para R-134a de 1300 y R-404a de 3260, anotados en el siguiente cuadro.

**Cuadro 7.3**  
**Emisión de gases con efecto invernadero como CO<sub>2</sub> equivalente**  
**para el 2000 y 2005**

Fuente de emisión	Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente (Gg)	
	2000	2005
Energía	4.805,6	5.688,6
Procesos industriales	449,8	672,5
Agricultura	4.608,6	4.603,9
Cambio de uso de la tierra y silvicultura	-3.160,5	-3.506,7
Desechos	1.236,9	1.320,9
<b>Total</b>	<b>7.940,5</b>	<b>8.779,2</b>

**Figura 7.1**  
**Distribución de la emisión de gases con efecto invernadero**  
**expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente para el 2000 y 2005**



## 7.2 Indicadores adicionales

Con el fin de ubicar al país en el contexto internacional se presentan algunos indicadores que permiten realizar comparaciones entre diferentes países.

**Cuadro 7.4**  
**Indicadores para el 2000 y 2005**

<b>Indicador</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>
Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente por habitante	2,02	2,03
Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente por km <sup>2</sup>	155	172
Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de dólares*	498	440

\* PIB nominal

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ACEPSA, Asociación centro ejecutor de proyectos económicos y de salud ACEPESA. 1998. Resultados del estudio de la composición física de desechos sólidos en el Cantón de Flores, Provincia de Heredia.
- ANAM, Autoridad Nacional del Ambiente, 2000. Guía técnica para la reforestación en Panamá. Servicio de Administración Forestal. Panamá, Panamá: ANAM. 72 pag.
- Brown S, Gillespie, A and Lugo, A. 1989. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science*, Vol 35, Nº 4. Pp 881-902.
- Carpio. I. 1992. Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica. 334 p.
- CF, Cámara Costarricense Forestal. 2003. Estadísticas forestales. Cámara Costarricense forestal. San José, Costa Rica.
- Chacón, R, Gamboa, O.1989. Boletín Estadístico N°3. Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas. Dirección General Forestal. San José, Costa Rica.
- Chaves, E.; Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis L.f.*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE, Turrialba. 38 pág.
- CNP, Consejo Nacional de Producción. 2002 Dirección de mercadeo y agroindustria, servicio de información de mercados. Situación general de la producción de carne bovina, Subgerencia de desarrollo agropecuario.
- CNP. 2005, Consejo Nacional de Producción: Servicios de Información de Mercados.2005. [www.cnp.go.cr](http://www.cnp.go.cr)
- CONARROZ. 2006. Informe anual de la actividad arrocera. Periodos 1999-2002 y 2004-2005 74 pág.
- Cubero, J, Rojas S. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de melina, teca y pochote en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste. UNA, Heredia, Costa Rica. 94 pág.
- DGF/MINAET Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. Boletín Estadístico Forestal N°5 1990-1993. Dirección General Forestal. Departamento de planificación. San José, Costa Rica.
- DIGECA- Dirección de Gestión de Calidad Ambiental/MINAE, 2003. Revisión del actual reglamento de vertido y uso de aguas residuales. Informe Final.
- DSE, 1994. Dirección Sectorial de Energía: Diagnostico del sector energía. Periodo 1970-1993. San Jose, Costa Rica. 159 pág.
- DSE/MINAET, 1994. DIRECCION SECTORIAL DE ENERGIA

Estado de la Nación. 2004. Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica. Proyecto Estado de la Nación años 1997 al 2003.

FONAFIFO, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal/ MINAET. Estadísticas forestales del Pago de Servicios Ambientales. 1997-2003

GTZ-COSTA RICA, Gobierno de Costa Rica. 1991. Plan Nacional de Manejo de Desechos de Costa Rica. Holdridge, L et al. 1970. Forest environment in tropical life zones a pilot study. Oxford: Pergamon Press Inc. 736 pág.

Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica.

ICAA, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 2004. Dirección de Operación de Sistemas. Unidad de Aguas Residuales. Estudio sobre la situación del tratamiento de las aguas residuales en Costa Rica.

ICAFE, Instituto del Café de Costa Rica. 2005. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José Costa Rica, Diciembre 2000, 2002, 2004.

IMN, Instituto Meteorológico Nacional. 1998. Mapa de cobertura de la tierra para los años 1996-1997.

IMN/MINAET, 1999. Vulnerabilidad de bosques de Costa Rica ante el Cambio Climático. En Estudios de Cambio Climático en Costa Rica. Componente Bosques. San José, Costa Rica.

IMN/MIRENEM, 1995. Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases con efecto invernadero en Costa Rica. Proyecto GF/4102-92-42 (PP/3011).

INCOPECA, Instituto Costarricense de Pesca y Agricultura, Departamento de Estadística Pesquera, INCOPECA. Producción pesquera y acuícola en Costa Rica 1988-2004.

INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos. : IX Censo Nacional efectuado por INEC en junio del año 2000. [www.inec.go.cr](http://www.inec.go.cr)

INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos. Estadísticas de exportación para el año 2000.

IPCC. 1996. Directrices del IPCC para inventarios nacionales de gases con efecto invernadero.

IPCC. 2000. Orientación del IPCC sobre buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases con efecto invernadero.

IPCC. 2003. Orientación del IPCC sobre buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura.

ITCR. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2004. Atlas digital de Costa Rica 2004. En cob9700, Laboratorio de Sistemas de Observación Terrestre (EOSL), Departamento de Ciencias de la Tierra y la Atmósfera. Universidad de Alberta. Cartago, Costa Rica.

Laboratorio de productos forestales de la UCR. Comunicación personal. San José, Costa Rica. 2005.



- MINSA, Ministerio de Salud. Análisis de Sector de Salud. Costa Rica. 2002. Sección III: Temas Especiales.
- Montenegro, J y Abarca, 2001. Importancia del sector agropecuario costarricense en la mitigación del calentamiento global. MAG-IMN. 137 pág.
- Murillo, O.; Valerio, J. 1991. Melina (*Gmelina arborea Roxb.*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 64 pág.
- Navarro, C. 1998. El pochote (*Bombacopsis quinatum*) en Costa Rica: guía silvicultura para el establecimiento de plantaciones. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 25 pág.
- Reglamento de uso y Vertido de Aguas Residuales. 26042-S-MINAE. 19 junio 1997.
- Segura, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis para optar el grado de licenciado en ciencias forestales con concentración en manejo forestal. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional.
- SINAC/MINAET. 2000. Sistema de Evaluación del Mejoramiento Continuo de la Calidad (SEMEC). Informe Nacional, Primer y Segundo semestre año 2000. San José, Costa Rica.
- Solórzano, R et al. 1992. La depreciación de los recursos naturales de Costa Rica y su relación con el Sistema de Cuentas Nacionales. San José, Costa Rica. CCT-WRL.
- [www.fscorg.com](http://www.fscorg.com). Resúmenes públicos de las empresas certificadas en Costa Rica. 2004-2005

## Anexo A

### Inventario Año 2000

#### Cuadro 1 REPORTE SECTORIAL PARA ENERGIA

Hoja 1 de 2

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2000 (Gg)							
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	No <sub>x</sub>	CO	NMVOG	SO <sub>2</sub>
<b>Energía total</b>	<b>4.717,2</b>	<b>1,7</b>	<b>0,17</b>	<b>21,5</b>	<b>165,8</b>	<b>27,6</b>	<b>3,8</b>
A Actividades de combustión de combustibles (aproximación sectorial)	<b>4.717,2</b>	<b>1,7</b>	<b>0,17</b>	<b>21,5</b>	<b>165,8</b>	<b>27,6</b>	<b>3,8</b>
1 Industrias de energía	<b>59,37</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0</b>	<b>0,18</b>	<b>0,26</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>
a Electricidad pública y producción de calor	59,3	0,01	0,0	0,18	0,26	0,02	0,05
b Refinación de petróleo	0,07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
c Manufactura de combustibles sólidos y otra energía							
2 Industrias de manufactura y construcción	<b>847,4</b>	<b>0,26</b>	<b>0,04</b>	<b>1,87</b>	<b>29,7</b>	<b>0,43</b>	<b>0,92</b>
a Hierro y acero							
b Metales no ferrosos							
c Químicos							
d Pulpa, papel e impresión							
e Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco							
f Otros							
3 Transporte	<b>3.103,0</b>	<b>0,62</b>	<b>0,012</b>	<b>18,2</b>	<b>123,4</b>	<b>25,7</b>	<b>2,44</b>
a Aviación							
b Transporte terrestre							
c Trenes							
d Navegación							
e Otro							
4 Otros sectores	<b>707,4</b>	<b>0,78</b>	<b>0,014</b>	<b>1,24</b>	<b>12,39</b>	<b>1,44</b>	<b>0,37</b>
a Comercial/Institucional	177,2	0,02	0,001	0,25	0,08	0,01	0,09
b Residencial	135,6	0,71	0,01	0,45	12,2	1,4	0,07
c Agricultura/Forestal/Pesca	394,6	0,05	0,003	0,54	0,11	0,03	0,21
5 Otros							

## Cuadro 1 REPORTE SECTORIAL PARA ENERGIA

Hoja 2 de 2

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2000 (Gg)							
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	SO <sub>2</sub>
B Emisiones fugitivas de combustibles		0,003					
1 Combustibles sólidos							
a Minería de carbón							
b Transformación de combustibles sólidos							
c Otros							
2 Petróleo y gas natural							
a Petróleo		0,003					
b Gas natural							
c Venteo y quemado							
Memo ítems							
Combustibles a depósito internacional	343,4	0,002	0,01	1,44	0,48	0,24	0,0
Aviación	343,4	0,002	0,01	1,44	0,48	0,24	0,0
Navegación							
Emisión de CO <sub>2</sub> de la biomasa	1.042,3						

**Cuadro 2 REPORTE SECTORIAL PARA PROCESOS INDUSTRIALES**

Hoja 1 de 2

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2000								
(Gg)								
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOG	SO <sub>2</sub>	HFC
Total Procesos industriales	<b>387,5</b>					<b>24,39</b>	<b>0,22</b>	<b>0,043</b>
A Productos minerales	<b>387,5</b>					<b>20,71</b>	<b>0,22</b>	
1 Producción de cemento	387,5						0,22	
2 Producción de cal	0,004							
3 Uso de piedra caliza y dolomita								
4 Producción y uso de carbonato sódico								
5 Asfalto para techo								
6 Pavimentación de carreteras con asfalto						20,2		
7 Otros						0,51		
B Industria química								
1 Producción de amoníaco								
2 Producción de ácido nítrico								
3 Producción de ácido adípico								
4 Producción de carburo								
5 Otro								
C Producción de metales								
1 Producción de hierro y acero								
2 Producción de aleaciones de hierro								
3 Producción de aluminio								
4 Uso de SF <sub>6</sub> en fundiciones de aluminio y magnesio								
5 Otro								
D Otra producción								
1 Alimentos y bebidas						3,68		



**Cuadro 3. REPORTE SECTORIAL PARA AGRICULTURA**

Hoja 1 de 1

<b>Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2000</b>				
<b>(Gg)</b>				
<b>Categoría de fuentes y sumideros de GEI</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>
Total de agricultura	<b>99,59</b>	<b>8,12</b>	<b>0,029</b>	<b>1,41</b>
A Fermentación entérica	<b>85,11</b>			
1 Ganado bovino	84,87			
2 Búfalos				
3 Ovejas				
4 Cabras	0,05			
5 Camellos y llamas				
6 Caballos				
7 Mulas y asnos				
8 Cerdos	0,19			
9 Aves de corral				
10 Otros				
B Manejo de estiércol	<b>0,241</b>			
1 Ganado bovino				
2 Búfalos				
3 Ovejas				
4 Cabras	0,19			
5 Camellos y llamas				
6 Caballos				
7 Mulas y asnos				
8 Cerdos	0,002			
9 Aves de corral	0,049			
10 Anaeróbico				
11 Sistemas líquidos				
12 Almacenamiento y secado de sólidos				
13 Otros				
C Cultivo de arroz				
1 Irrigado	14,22			
2				
3 Agua				
4 Otro				
D Suelos agrícolas		<b>8,12</b>		
E Quema prescrita de sabanas	<b>0,051</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,009</b>	<b>0,77</b>
F Quema en el campo de residuos agrícolas	<b>0,043</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,02</b>	<b>0,647</b>
1 Cereales				
2 Legumbres				
3 Raíces y tubérculos				
4 Caña de azúcar	0,043	0,0001	0,02	0,647
5 Otros				
G Otros				

**Cuadro 4. REPORTE SECTORIAL PARA CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA**

<b>Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2000</b>						
<b>(Gg)</b>						
<b>Categoría de fuentes y sumideros de GEI</b>	<b>Emisión de CO<sub>2</sub></b>	<b>Absorción de CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>
Total de cambio de uso de la tierra y silvicultura	<b>1.055,6</b>	<b>-4.317,8</b>	<b>4,4</b>	<b>0,03</b>	<b>1,1</b>	<b>38,3</b>
A Cambios de biomasa en bosque y otros tipos de vegetación leñosa		<b>-1.823,0</b>				
1 Bosque tropical						
2 Bosque templado						
3 Bosque boreal						
4 Pastizales y tundra						
5 Otro						
B Conversión de bosques y pastizales	<b>1.055,6</b>		<b>4,4</b>	<b>0,03</b>	<b>1,1</b>	<b>38,3</b>
1 Bosque tropical						
2 Bosque templado						
3 Bosque boreal						
4 Pastizales y tundra						
5 Otro						
C Abandono de tierras cultivadas		<b>-2.494,8</b>				
1 Bosque tropical						
2 Bosque templado						
3 Bosque boreal						
4 Pastizales y tundra						
5 Otro						
D Emisión y absorción de CO <sub>2</sub> de suelos						
E Otros						

**Cuadro 5. REPORTE SECTORIAL PARA DESPERDICIOS**

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2000						
(Gg)						
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC
Total de desechos						
A Disposición de desperdicios sólidos en tierra						
1 Disposición de desechos manejados en tierra		29,7				
2 Disposición de desechos no manejados						
3 Otros						
B Tratamiento de aguas residuales		29,1				
1 Aguas residuales industriales		6,8				
2 Aguas residuales domésticas y comerciales		22,3				
3 Otro						
C Incineración de desechos						
D Otro						







## Anexo B

### Inventario Año 2005

Cuadro 1 REPORTE SECTORIAL PARA ENERGIA

Hoja 1 de 2

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2005 (Gg)							
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOG	SO <sub>2</sub>
<b>Energía total</b>	<b>5.492,7</b>	<b>4,9</b>	<b>0,3</b>	<b>25,1</b>	<b>246,4</b>	<b>37,6</b>	<b>4,5</b>
A Actividades de combustión de combustibles (aproximación sectorial)	<b>5.492,7</b>	<b>4,9</b>	<b>0,3</b>	<b>25,1</b>	<b>246,4</b>	<b>37,6</b>	<b>4,5</b>
1 Industrias de energía	<b>290,8</b>	<b>0,02</b>	<b>0,0</b>	<b>0,75</b>	<b>0,52</b>	<b>0,04</b>	<b>0,26</b>
a Electricidad pública y producción de calor	233,5	0,02	0,0	0,67	0,5	0,04	0,18
b Refinación de petróleo	57,3	0,0	0,0	0,08	0,02	0,0	0,08
c Manufactura de combustibles sólidos y otra energía							
2 Industrias de manufactura y construcción	<b>978,9</b>	<b>0,45</b>	<b>0,06</b>	<b>2,6</b>	<b>48,8</b>	<b>0,76</b>	<b>1,34</b>
a Hierro y acero							
b Metales no ferrosos							
c Químicos							
d Pulpa, papel e impresión							
e Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco							
f Otros							
3 Transporte	<b>3.812,1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,2</b>	<b>20,0</b>	<b>137,5</b>	<b>29,7</b>	<b>2,44</b>
a Aviación							
b Transporte terrestre							
c Trenes							
d Navegación							
e Otro							
4 Otros sectores	<b>410,7</b>	<b>3,64</b>	<b>0,052</b>	<b>1,8</b>	<b>59,68</b>	<b>7,12</b>	<b>0,43</b>
a Comercial/Institucional	134,2	0,02	0,0008	0,2	0,04	0,01	0,05
b Residencial	121,2	3,6	0,05	1,4	59,6	7,1	0,3
c Agricultura/Forestal/Pesca	155,3	0,02	0,001	0,2	0,04	0,01	0,08
5 Otros							

## Cuadro 1 REPORTE SECTORIAL PARA ENERGIA

Hoja 2 de 2

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero Año 2005							
(Gg)							
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	SO <sub>2</sub>
B Emisiones fugitivas de combustibles		0,04					
1 Combustibles sólidos							
a Minería de carbón							
b Transformación de combustibles sólidos							
c Otros							
2 Petróleo y gas natural							
a Petróleo		0,04					
b Gas natural							
c Venteo y quemado							
Memo ítems							
Combustibles a depósito internacional	550,8	0,004	0,02	2,31	0,77	0,39	0,0
Aviación	550,8	0,004	0,02	2,31	0,77	0,39	0,0
Navegación							
Emisión de CO <sub>2</sub> de la biomasa	2.748,7						

**Cuadro 2 REPORTE SECTORIAL PARA PROCESOS INDUSTRIALES**

Hoja 1 de 2

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2005								
(Gg)								
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOG	SO <sub>2</sub>	HFC
Total Procesos industriales	<b>496,6</b>					<b>31,4</b>	<b>0,38</b>	<b>0,121</b>
A Productos minerales	<b>496,6</b>					<b>27,4</b>		
1 Producción de cemento	496,6						0,38	
2 Producción de cal	0,004							
3 Uso de piedra caliza y dolomita								
4 Producción y uso de carbonato sódico								
5 Asfalto para techo								
6 Pavimentación de carreteras con asfalto						26,8		
7 Otros						0,59		
B Industria química								
1 Producción de amoníaco								
2 Producción de ácido nítrico								
3 Producción de ácido adípico								
4 Producción de carburo								
5 Otro								
C Producción de metales								
1 Producción de hierro y acero								
2 Producción de aleaciones de hierro								
3 Producción de aluminio								
4 Uso de SF6 en fundiciones de aluminio y magnesio								
5 Otro								
D Otra producción						<b>4,007</b>		
1 Alimentos y bebidas						4,007		



### Cuadro 3. REPORTE SECTORIAL PARA AGRICULTURA

Hoja 1 de 1

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2005 (Gg)				
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO
Total de agricultura	<b>100,37</b>	<b>8,05</b>	<b>0,025</b>	<b>1,07</b>
A Fermentación entérica	<b>88,66</b>			
1 Ganado bovino	88,3			
2 Búfalos				
3 Ovejas				
4 Cabras	0,07			
5 Camellos y llamas				
6 Caballos				
7 Mulas y asnos				
8 Cerdos	0,3			
9 Aves de corral				
10 Otros				
B Manejo de estiércol	<b>0,35</b>			
1 Ganado bovino				
2 Búfalos				
3 Ovejas				
4 Cabras	0,297			
5 Camellos y llamas				
6 Caballos				
7 Mulas y asnos				
8 Cerdos	0,002			
9 Aves de corral	0,051			
10 Anaeróbico				
11 Sistemas líquidos				
12 Almacenamiento y secado de sólidos				
C Cultivo de arroz	<b>11,19</b>			
1 Irrigado	11,19			
2				
3 Agua				
D Suelos agrícolas		<b>8,05</b>		
E Quema prescrita de sabanas	<b>0,027</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,005</b>	<b>0,41</b>
F Quema en el campo de residuos agrícolas	<b>0,044</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,02</b>	<b>0,66</b>
1 Cereales				
2 Legumbres				
3 Raíces y tubérculos				
4 Caña de azúcar	0,044	0,0001	0,02	0,66

**Cuadro 4. REPORTE SECTORIAL PARA CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA**

Hoja 1 de 1

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2005						
(Gg)						
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Absorción de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO
Total de Cambio de uso de la tierra y silvicultura	<b>1.671,5</b>	<b>-5.339,2</b>	<b>6,93</b>	<b>0,05</b>	<b>1,72</b>	<b>60,61</b>
A Cambios de biomasa en bosque y otros tipos de vegetación leñosa		<b>-1.606,9</b>				
1 Bosque tropical						
2 Bosque templado						
3 Bosque boreal						
4 Pastizales y tundra						
5 Otro						
B Conversión de bosques y pastizales	<b>1.671,5</b>		<b>6,93</b>	<b>0,05</b>	<b>1,72</b>	<b>60,61</b>
1 Bosque tropical						
2 Bosque templado						
3 Bosque boreal						
4 Pastizales y tundra						
5 Otro						
C Abandono de tierras cultivadas		<b>-3.732,3</b>				
1 Bosque tropical						
2 Bosque templado						
3 Bosque boreal						
4 Pastizales y tundra						
5 Otro						
D Emisión y absorción de CO <sub>2</sub> de suelos						
E Otros						



**Cuadro 5. REPORTE SECTORIAL PARA DESPERDICIOS**

Hoja 1 de 1

Reporte sectorial para el Inventario de Gases con efecto Invernadero del 2005						
(Gg)						
Categoría de fuentes y sumideros de GEI	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC
Total de desechos		62,9				
A Disposición de desperdicios sólidos en tierra		31,7				
1 Disposición de desechos manejados en tierra		31,7				
2 Disposición de desechos no manejados						
3 Otros						
B Tratamiento de aguas residuales		31,2				
1 Aguas residuales industriales		6,3				
2 Aguas residuales domésticas y comerciales		24,9				
3 Otro						
C Incineración de desechos						
D Otro						





## Anexo C

### GLOSARIO

**Biomasa:** Materia orgánica tanto de la superficie de la tierra como subterránea, viva o muerta, por ejemplo, árboles, cultivos, pastos, restos de árboles, raíces, etc. Cuando se queman para obtener energía se denominan combustibles de biomasa.

**Calcinación:** Proceso químico de la fabricación de cemento en el cual las materias primas (carbonato de calcio) se calientan en hornos obteniéndose cal y dióxido de carbono.

**CaCO<sub>3</sub>:** Carbonato de calcio.

**CaO:** Oxido de calcio.

**Ca(OH)<sub>2</sub>:** Hidróxido de calcio.

**Carbono almacenado:** La cantidad de un combustible que no se quema para obtener energía, la cual se debe restar del consumo aparente antes de calcular las emisiones.

**CCT:** Centro Científico Tropical.

**CFC:** Clorofluorocarbonados. Conjunto de sustancias químicas que se han utilizado en la refrigeración, aerosoles, etc. Los CFC contribuyen a la reducción de la capa de ozono de la tierra en la atmósfera superior. Aunque son gases que provocan el efecto invernadero, no se han incluido en las directrices porque ya se han regulado bajo el Protocolo de Montreal.

**CH<sub>4</sub>:** Metano.

**CIEDES:** Centro de Investigación en Desarrollo Sostenible.

**CO:** Monóxido de carbono.

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono.

**Combustibles de depósito internacional:** Combustibles utilizados en el transporte marítimo y aéreo y no son asignados a un país específico.

**DBO:** Demanda bioquímica de oxígeno, la cantidad de oxígeno consumido por la materia orgánica en aguas residuales durante la descomposición.

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda bioquímica de oxígeno con prueba de cinco días, expresada en miligramos por litro.

**DQO:** Demanda química de oxígeno.

**Desechos biodegradables:** Desperdicios sólidos orgánicos que pueden reaccionar con bacterias aeróbicas y anaeróbicas y generar metano.

**Desperdicios sólidos municipales:** Desperdicios sólidos que recogen regularmente los municipios, por ejemplo, las basuras caseras.

**Factor de emisión:** Coeficiente que relaciona las emisiones reales con los datos de actividad como tasa estándar de emisión por unidad de actividad.

**Fermentación entérica:** Producto de la digestión de herbívoros que genera metano como subproducto.

**GAM:** Gran Area Metropolitana.

**GEF:** siglas en inglés Fondo Global del Ambiente.

**Gg:** unidad de medida de masa, significa gigagramos y es equivalente a  $1 \times 10^9$  gramos.

**hl:** hectolitro.

**HFC:** Hidrofluorocarbono.

**HNO<sub>3</sub>:** ácido nítrico.

**IPCC:** siglas en inglés del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático.

**kha:** kilohectáreas, miles de hectáreas.

**kt, kton:** kilotoneladas, miles de toneladas.

**LPG:** Siglas en inglés de gases licuados de petróleo, fracciones de hidrocarburos ligeros de la serie de las parafinas, que se derivan de los procesos de refinería y de las plantas de estabilización del petróleo crudo. Son principalmente propano y butano o una mezcla de estos dos hidrocarburos.

**MI:** megalitros, un millón de litros.

**NH<sub>3</sub>:** amoníaco.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** amonio.

**NMVOC:** siglas en inglés de otros compuestos volátiles diferentes al metano.

**N<sub>2</sub>O:** óxido nitroso.

**NO<sub>x</sub>:** Oxidos de nitrógeno.

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Una organización regional de 24 democracias de libre mercado de Norteamérica, Europa y el Pacífico.

**PCG:** Potencial de calentamiento global.

**PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

**Protocolo de Montreal:** Acuerdo internacional que solicita a sus signatarios que controlen e informen de las emisiones de CFC y otras sustancias químicas relacionadas que reducen la capa de ozono de la tierra. El protocolo de Montreal se firmó en 1987 siguiendo los principios para la protección de la capa de ozono acordados en la Convención de Viena (1985). El Protocolo entró en vigor en 1989 y ha establecido unos requisitos concretos de control y generación de informes para las sustancias que reducen el ozono.

**SO<sub>2</sub>:** dióxido de azufre.

**Tasas de emisiones de otros gases:** Las tasas de los compuestos de carbono son la masa de carbono liberada como CH<sub>4</sub> o CO (en unidades de C) con respecto a la masa total de carbono liberado por combustión (en unidades de C). Las de compuestos de nitrógeno se expresan como las tasas de nitrógeno liberado como N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub> en relación con el contenido de nitrógeno del combustible (en unidades de N)

**TJ:** unidad de energía, significa terajulios.