



Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2010

COSTA RICA 2014



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

Ministerio de Ambiente y Energía
Instituto Meteorológico Nacional

Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2010



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

363.738.74

C8375-i Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía.
Instituto Meteorológico Nacional
Inventario nacional de gases de efecto
invernadero y absorción de carbono 2010 : Costa
Rica 2014 / Ministerio de Ambiente y Energía,
Instituto Meteorológico Nacional : MINAE, IMN,
GEF, PNUD ; Ana Rita Chacón Araya... [et al.], -- San
José, Costa Rica : MINAE, IMN, GEF, PNUD, 2014.
64 p., il. : col. ; 28 cm.

ISBN: 978-9977-50-117-8

Autores: Ana Rita Chacón Araya, Gladys
Jiménez Valverde, Johnny Montenegro Ballestero,
Jihad Sasa Marín, Kendal Blanco Salas

1. Gases de efecto invernadero. 2. Carbono
3. Inventario. 4. Costa Rica. 5. Agricultura.
6. Silvicultura. 7. Energía. 8. Procesos industriales.
9. Manejo de desechos. 10. Uso de la tierra. I. GEF.
II. PNUD. III. Chacón Araya, Ana Rita. IV. Título.

- © Ministerio del Ambiente y Energía
© Instituto Meteorológico Nacional
Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas
San José, Costa Rica
Teléfono (506) 2222-5616
www.imn.ac.cr | <http://cglobal.imn.ac.cr/>
© Costa Rica 2014: Inventario Nacional de gases de efecto
invernadero y absorción de carbono 2010. Primera
Edición.

ISBN: 978-9977-50-117-8

Autores:

Ana Rita Chacón Araya
Gladys Jiménez Valverde
Johnny Montenegro Ballestero
Jihad Sasa Marín
Kendal Blanco Salas

Edición:

Ana Rita Chacón Araya

Revisión:

Gladys Jiménez Valverde

Diseño y diagramación:

Rodrigo Granados Jiménez

De conformidad con la Ley Número 6683 de Derechos de
Autor y Derechos Conexos, es prohibida la reproducción
de este libro en cualquier forma o medio, electrónico o
mecánico incluyendo el fotocopiado, grabadoras sonoras y
otros, sin permiso escrito del editor.

Contenido

Pág.	Capítulo	Pág. subtítulo
9.....	<i>Agradecimiento</i>	
11.....	<i>Presentación</i>	
13.....	RESUMEN EJECUTIVO	
	EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	13
	Energía	13
	Procesos Industriales y uso de productos	13
	Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	14
	Desechos	14
15.....	1. INTRODUCCIÓN	
	1.1. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DEL INVENTARIO	15
	1.2. CONTROL DE CALIDAD/GARANTÍA DE LA CALIDAD	15
	1.3. ARCHIVO	17
	1.4. EXHAUSTIVIDAD	17
	1.5. INCERTIDUMBRES	17
	1.6. ARREGLOS INSTITUCIONALES	17
	1.7. CATEGORÍA DE FUENTES CLAVE	18
	1.7.1 Evaluación de nivel	19
	1.7.2 Evaluación de tendencias	19
21.....	2. ENERGÍA	
	2.1 ACTIVIDADES DE COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES	21
	2.1.1 Industrias de la energía	21
	2.1.1.1 Generación de electricidad	21
	2.1.1.2 Refinación de petróleo	21
	2.1.1.3 Producción de carbón vegetal	21
	2.1.2 Industria manufacturera y de la construcción	21
	2.1.3 Transporte	22
	2.1.4 Otros sectores	22
	2.1.4.1 Sector comercial, público y servicios	22
	2.1.4.2 Sector residencial	23
	2.1.4.3 Sector agropecuario	23

Pág.	Capítulo	Pág. subtítulo
	2.2 EMISIONES FUGITIVAS PROVENIENTES DE LA EXTRACCIÓN Y MANIPULACIÓN DE COMBUSTIBLES Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA	23
	2.2.1 Emisiones fugitivas procedentes de los sistemas de petróleo	23
	2.2.2 Producción de energía geotérmica	24
	2.3 EMISIONES DE COMBUSTIBLES A DEPÓSITO INTERNACIONAL	24
	2.4 EMISIONES DE CO ₂ POR USO DE COMBUSTIBLE BIOMÁSICO	24
	2.5 COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE REFERENCIA CON EL MÉTODO SECTORIAL	24
	2.6 EMISIÓN TOTAL DEL SECTOR ENERGÉTICO	25

27.....3. PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

	3.1 INDUSTRIA DE LOS MINERALES	27
	3.1.1 Producción de cemento	27
	3.1.2 Producción de cal	27
	3.1.3 Producción de vidrio	28
	3.2 INDUSTRIA QUÍMICA E INDUSTRIA DE LOS METALES	28
	3.3 USO DE PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y DE SOLVENTES	28
	3.4 INDUSTRIA ELECTRÓNICA	28
	3.5 SUSTITUTOS DE SUSTANCIAS DESTRUCTORAS DEL OZONO	28
	3.6 EMISIONES DE SF ₆ PROCEDENTES DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS	29
	3.7 EMISIÓN TOTAL	29

31.....4. AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

	4.1 GANADO DOMÉSTICO: FERMENTACIÓN ENTÉRICA Y MANEJO DE ESTIÉRCOL	31
	4.1.1 Fermentación entérica	31
	4.1.1.1 Fermentación entérica en bovinos	31
	4.1.1.2 Fermentación entérica en otros animales domésticos	32
	4.1.2 Manejo de estiércol	32
	4.1.2.1 Manejo de estiércol en ganado bovino	32
	4.1.2.2 Manejo de estiércol en otros animales domésticos	32
	4.2 TIERRAS FORESTALES	32
	4.2.1 Tierras forestales que permanecen como tales	33
	4.2.1.1 Plantaciones forestales	33
	4.2.2 Tierras convertidas en tierras forestales	34
	4.2.2.1 Regeneración natural	34
	4.3 TIERRAS DE CULTIVO	34
	4.3.1 Tierras de cultivo que permanecen como tales	34
	4.3.2 Tierras convertidas en tierras de cultivo	34
	4.4 PASTIZALES	35
	4.4.1 Pastizales que permanecen como tales	35
	4.4.2 Tierras convertidas en pastizales	35
	4.5 HUMEDALES	35
	4.5.1 Humedales gestionados	35

Pág.	Capítulo	Pág. subtítulo
	4.5.2 Tierras inundadas	35
	4.5.2.1 Emisiones de CH ₄ provenientes de tierras inundadas	35
	4.6 ASENTAMIENTOS	36
	4.6.1 Asentamientos que permanecen como asentamientos	36
	4.6.2 Tierras convertidas en asentamientos	36
	4.7 OTRAS TIERRAS	36
	4.8 OTRAS FUENTES	36
	4.8.1 Emisiones de la quema de biomasa en bosque	36
	4.8.2 Emisiones de la quema de biomasa en cultivos	37
	4.8.3 Emisiones de la quema de biomasa en pastizales	37
	4.8.4 Emisiones de suelos agrícolas	38
	4.8.4.1 Emisiones en cultivos	38
	4.8.4.2 Emisiones en pastos	38
	4.8.5 Cultivo de arroz	38
	4.8.6 Productos de madera	39
	4.9 EMISIÓN TOTAL	39
41	5. MANEJO DE DESECHOS	
	5.1 ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	41
	5.1.1 Rellenos sanitarios	41
	5.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS	44
	5.2.1 Compostaje	44
	5.3 INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS	44
	5.3.1 Quema abierta de desechos	45
	5.4 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	45
	5.4.1 Aguas residuales domésticas en Costa Rica	45
	5.4.2 Aguas residuales industriales	47
	5.5 EMISIONES TOTALES DEL SECTOR	49
51	6. RESULTADOS TOTALES	
	6.1 EMISIONES TOTALES POR GAS	51
	6.2 EMISIÓN TOTAL EXPRESADA EN CO ₂ EQUIVALENTE	51
	6.3 INDICADORES RELACIONADOS	52
53	BIBLIOGRAFÍA	
57	Anexos	
	ANEXO 1. REPORTE DEL INVENTARIO	57
	ANEXO 2. GLOSARIO	63

Índice de figuras

Figura		Pág.
Figura 1.1.	Estructura de los arreglos institucionales para elaboración del inventario.	18
Figura 2.1.	Emisiones del sector energético en el 2010.	25
Figura 6.1.	Distribución de la emisión de gases con efecto invernadero expresadas como CO ₂ equivalente para el 2010	51

Índice de cuadros

Cuadro		Pág.
Cuadro 1.1	Niveles metodológicos utilizados en el inventario 2010	16
Cuadro 1.2	Análisis de incertidumbre del inventario 2010	17
Cuadro 1.3	Fuentes principales de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo con la evaluación de nivel	19
Cuadro 1.4	Fuentes principales de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo al análisis de tendencias	19
Cuadro 2.1	Emisión de gases en las industrias de la energía en el 2010	22
Cuadro 2.2	Emisión de gases en la industria manufacturera durante el 2010	22
Cuadro 2.3	Emisión de gases en transporte en el 2010	23
Cuadro 2.4	Emisión de gases en otros sectores durante el 2010	23
Cuadro 2.5	Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al transporte internacional en el 2010	24
Cuadro 2.6	Comparación entre métodos de cálculo de CO ₂ en el sector Energía	24
Cuadro 2.7	Emisión de gases por sector para el 2010	25
Cuadro 3.1	Emisión de CO ₂ en el proceso de producción de cemento	27
Cuadro 3.2	Emisión de CO ₂ en el proceso de producción de cal	28
Cuadro 3.3	Emisión de CO ₂ en el proceso de producción de vidrio	28
Cuadro 3.4	Emisión de HFC por área de aplicación en el 2010	28
Cuadro 3.5	Emisión total por proceso industrial en el 2010	29
Cuadro 4.1	Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino durante el 2010	31
Cuadro 4.2	Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos durante el 2010	32
Cuadro 4.3	Emisión de metano por manejo del estiércol de ganado bovino durante el 2010	32
Cuadro 4.4	Emisiones de metano y óxido nitroso por manejo del estiércol de otros animales domésticos durante el 2010	33
Cuadro 4.5	Absorción de CO ₂ por las plantaciones forestales en el 2010	33
Cuadro 4.6	Absorción de dióxido de carbono por la regeneración natural durante el 2010	34
Cuadro 4.7	Emisión de CO ₂ por la conversión de bosques a tierras de cultivo	34
Cuadro 4.8	Emisión de CO ₂ por la conversión de bosques a pastizales en Costa Rica en el 2010	35
Cuadro 4.9	Criterios de emisión de CO ₂ e en embalses	36
Cuadro 4.10	Emisión de gases por quema de biomasa en bosques en el 2010	36
Cuadro 4.11	Emisión de gases por quema en el campo de residuos agrícolas en el 2010	37
Cuadro 4.12	Liberación de gases por quema de pasturas durante el 2010	37

Cuadro	Pág.
Cuadro 4.13 Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos durante el 2010	38
Cuadro 4.14 Emisión de óxido nitroso del suelo cubierto con diferentes tipos de pasto durante el 2010	38
Cuadro 4.15 Emisión de metano en la producción de arroz anegado durante el 2010	39
Cuadro 4.16 Absorción de carbono y emisión de gases con efecto invernadero en el sector AFOLU durante el 2010	39
Cuadro 5.1 Desechos que ingresan a los rellenos sanitarios desde 1996	42
Cuadro 5.2 Disposición final de residuos domiciliarios en Costa Rica	43
Cuadro 5.3 Segregación de desechos sólidos municipales	43
Cuadro 5.4 Carbono orgánico degradable (DOC) por tipo de desecho	43
Cuadro 5.5 Constante de generación de metano para cada tipo de residuo segregado	44
Cuadro 5.6 Factores de corrección de metano para cada sitio de disposición final de residuos sólidos	44
Cuadro 5.7 Disposición de las aguas residuales domésticas en Costa Rica. Año 2010	46
Cuadro 5.8 Factores de emisión de metano para los distintos tratamientos o disposiciones de tratamiento de aguas residuales domesticas	47
Cuadro 5.9 Estimación de la carga DBO que se transforma en metano (kg de DBO/año 2010)	48
Cuadro 5.10 Emisiones totales del sector desechos en el año 2010	49
Cuadro 6.1 Emisión total de gases de efecto invernadero Año 2010	51
Cuadro 6.2 Emisión de gases con efecto invernadero como CO ₂ equivalente para el 2010	51
Cuadro 6.3 Indicadores para el 2010	52

Agradecimiento

El inventario nacional de gases de efecto invernadero para el año 2010 se llevó a cabo gracias a la colaboración financiera del Fondo Mundial del Ambiente (GEF), por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo dentro del proyecto Costa Rica: Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

El inventario fue coordinado por el Instituto Meteorológico Nacional con la colaboración de 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), el Ministerio de Salud, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, la Refinadora Costarricense de Petróleo, la Dirección para la Gestión de la Calidad del Aire, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, la Universidad Nacional de Costa Rica, el Instituto Tecnológico de Costa Rica, la Universidad de Costa Rica, la empresa privada, las organizaciones no gubernamentales, así como consultores privados.



Presentación

El clima está cambiando a un paso acelerado. La Organización Meteorológica Mundial (OMM), ha informado que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (CO₂), es uno de los factores que ayuda a determinar la temperatura de la superficie terrestre. Tanto el CO₂ como la temperatura han aumentado marcadamente desde 1950 y el Quinto informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, nos afirma que esto es debido a la actividad del ser humano.

Las consecuencias ya las estamos observando, han sido muy variadas, pero la mayoría de ellas asociadas a eventos hidrometeorológicos. Si la severidad de los extremos climáticos continúa, y muchos científicos opinan que así será, podría presentarse una drástica afectación de los ecosistemas del planeta, así como en la disponibilidad del recurso hídrico, la producción de energía y muy serios problemas de seguridad alimentaria y salud pública.

Los modelos de simulación muestran que la tendencia al calentamiento continúa, pero se requiere de datos para disminuir las incertidumbres asociadas al calentamiento global. Dadas estas circunstancias, existe preocupación en los científicos y en los tomadores de decisión, los cuales a través de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, exhortan a que cada país comunique sus emisiones por medio de un inventario nacional de emisiones antropogénicas por fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero (GEI) no controlados por el Protocolo de Montreal.

El Instituto Meteorológico Nacional del Ministerio de Ambiente y Energía ha concluido su Quinto Inventario Nacional de GEI, para el año 2010, utilizando las Directrices del IPCC 2006. Se detalla en el mismo la cantidad de estos gases emitidos a la atmósfera, constituyéndolo en un documento referente y fundamental para orientar y promover los esfuerzos nacionales de reducción de emisiones, con los que el país puede y debe contribuir a la meta global frente al cambio climático.

JUAN CARLOS FALLAS SOJO
Director General
Instituto Meteorológico Nacional



Resumen ejecutivo

En este documento se presenta la evaluación del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes y la absorción de carbono por sumideros en el año 2010.

La metodología utilizada fue la siguiente:

- Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios de Gases de efecto Invernadero.
- En el caso de los precursores de GEI se utilizaron las Directrices 1996.

Los gases evaluados fueron: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC) y dióxido de azufre (SO₂).

De acuerdo con la metodología del IPCC, el inventario se divide en cuatro sectores: Energía, Procesos Industriales y Uso de productos, Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la tierra y Desechos.

Se realizó una evaluación de nivel y de tendencia, 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 de efecto invernadero

Los resultados obtenidos con el inventario fueron los siguientes:

Energía

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas por la combustión y las fugas.

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

- Industrias de la energía
- Industria manufacturera y de la construcción
- Transporte
- Otros sectores

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

Las emisiones expresadas en CO₂ equivalente son las siguientes: Industria de la energía (610,56 Gg), Industria manufacturera y de la construcción (1.114,45 Gg), Transporte (4.705,80 Gg), Otros sectores (472,63 Gg), Fugitivas y geotérmica (177,76 Gg), para un total en el sector Energía de 7.081,20 Gg.

Procesos Industriales y uso de productos

La producción de cemento es la principal fuente evaluada dentro de este sector. También se evaluó la producción de cal, la producción de vidrio, la utilización de hexafluoruro de azufre (SF₆), perfluorocarbonos e hidrofluorocarbonos. Las emisiones expresadas en CO₂ equivalente en este sector corresponden a 802,72 Gg.

Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra

En el sector AFOLU las emisiones de gases con efecto invernadero se producen en una gran diversidad de fuentes:

- Fermentación entérica y manejo de estiércol en el ganado y otros animales domésticos
- Cultivo de arroz anegado
- Quema de pasturas
- Quema de residuos agrícolas en el campo
- Suelos agrícolas
- Tierras forestales
- Humedales

También se considera la absorción de carbono en tierras forestales.

El CO₂ en este sector es negativo, esto debido a la absorción de carbono en plantaciones forestales y regeneración natural, siendo el valor neto de -3.594,76 Gg de CO₂.

Las emisiones de metano fueron mayoritariamente generadas por el hato bovino y en

menor grado por el arroz anegado, mientras el N₂O en su gran mayoría durante el 2010, se emitió en los suelos dedicados a cultivos agrícolas y pasturas. La quema de los residuos agrícolas en el campo y la quema de pasturas generaron una cantidad mínima de este gas. Las emisiones de N₂O de este sector correspondieron a 2,304 Gg.

Desechos

En esta sección se analizan las emisiones de gases derivadas del manejo de los desechos sólidos, así como de las aguas residuales industriales y municipales.

La generación de metano producida por el manejo de desechos sólidos corresponde a 41,09 Gg, el CO₂ fue de 80,22 Gg y el óxido nítrico 0,013 Gg.

En el caso de las aguas residuales domésticas, se estimó que el aporte de metano corresponde a 15,88 Gg CH₄, mientras la emisión de óxido nítrico fue de 0,18 Gg. El aporte de las aguas residuales industriales fue de 1,99 Gg de metano.

El sector de desechos emitió en total 1.378,21 Gg de CO₂ equivalente, en el 2010.

1

Introducción

En el artículo 4 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) se manifiesta que las Partes deberán “elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes”.

Como país firmante de la Convención, Costa Rica inició el proceso de elaboración de inventarios nacionales y ha publicado cuatro inventarios utilizando las diferentes metodologías que para tal fin tiene establecidas el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC).

El presente documento incluye el Informe del Inventario Nacional por fuentes de gases de efecto invernadero y absorción por sumideros para el año 2010.

1.1. Metodología para evaluación del inventario

La metodología utilizada para la elaboración del inventario se basó en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Únicamente se utilizaron las guías del IPCC de 1996 para el cálculo de las emisiones de precursores.

Fueron evaluados los siguientes gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), monóxido de carbono (CO) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Los cálculos de las emisiones de GEI que se presentan en este documento, se realizaron para las cuatro categorías de emisión definidas por el IPCC: Energía; Procesos Industriales y uso de productos; Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra; y Desechos.

Las emisiones en este inventario se contabilizan por cada GEI y también en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.), con el fin de poder compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total nacional de emisiones.

Las directrices utilizadas para cada una de las categorías y niveles metodológicos empleados se muestran en el cuadro 1.1.

1.2. Control de calidad/garantía de la calidad

El proceso de control y garantía de calidad contempla los siguientes procedimientos: documentación de datos, proceso de archivo a las fuentes de los datos así como a los resultados, se realizó una verificación de 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 trabajó con algunos factores de emisión nacionales, especialmente en el sector agrícola que incluyó nuevos estudios de emisión de óxido nitroso en la producción de café, banano, caña de azúcar y en la especie de pasto Kikuyo.

Para el control de calidad de los datos de actividad se realiza donde es posible un control cruzado con los valores aportados por las diferentes instancias.

Cuadro 1.1
Niveles metodológicos utilizados en el inventario 2010

Categoría	Subcategoría	Fuente	Nivel	Factor de emisión	
Energía	Industrias de la energía	Generación de electricidad	1	Por defecto	
		Refinación de petróleo			
		Producción de carbón vegetal			
	Manufactura e industria de la construcción	Todas las industrias	1	Por defecto	
		Transporte	Terrestre	1	Por defecto
	Ferrocarril		1		
	Marítimo		1		
Aviación Civil doméstica 1	1				
Aviación civil internacional	3 ^a				
Otros sectores	Comercial, residencial y agropecuario	1	Por defecto		
Emisiones fugitivas	Sistemas de petróleo	1	Por defecto		
Procesos industriales y uso de productos	Generación geotérmica		2	Específico del país	
		Producción de cemento	2		
	Industria de los minerales	Producción de cal	1	Por defecto	
		Producción de vidrio	1		
	Uso de productos sustitutos de las SAOs		1	Por defecto	
	Manufactura y utilización de otros productos		1	Por defecto	
	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	Ganado	Fermentación entérica	2	Ambos
Manejo de estiércol			2	Por defecto	
Tierras forestales		Tierras forestales que permanecen como tales	1	Por defecto	
Tierras agrícolas		Tierras convertidas en tierras de cultivo	1	Por defecto	
Pastizales		Tierras convertidas en pastizales	1	Por defecto	
Asentamientos		NE			
Humedales		Tierras inundadas que permanecen como tales	2	Específicos del país	
Otras tierras		NO			
Fuentes agregadas y fuentes de emisión No CO ₂		Emisiones del quemado de biomasa		1	Por defecto
			Suelos agrícolas	2	Específico del país
	Cultivo de arroz		2	Específico del país	
Desechos	Eliminación de desechos sólidos	Sitios gestionados	2	Ambos	
		Sitios no gestionados			
	Tratamiento biológico de desechos sólidos		NA	NA	
	Incineración e incineración abierta de desechos	Incineración	2	Ambos	
Incineración abierta		2	Ambos		
Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Aguas residuales domésticas	1	Por defecto		
	Aguas residuales industriales	Por defecto	Por defecto		

El procedimiento de gestión y control de calidad incluye la documentación de datos, tanto en formato impreso como electrónico y que son guardados en un archivo en el Instituto Meteorológico Nacional.

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

Se realizó un proceso de verificación oficial del inventario; los resultados se validaron con expertos de cada sector.

Por último, se realizó una verificación independiente con el fin de mejorar y afinar la calidad del inventario.

1.3. Archivo

Se conserva la información referente a los datos y resultados del inventario realizado para el año 2010, tanto en formato escrito como electrónico. El archivo se mantiene en el Instituto Meteorológico Nacional.

1.4. Exhaustividad

El inventario de gases de efecto invernadero abarca todas las fuentes y sumideros, así como todos los gases que figuran en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, excepto: a) Las emisiones por uso de lubricantes y ceras parafinas; b) Las emisiones de PFC en la industria electrónica, para las cuales actualmente se realiza una investigación a ser incluida en el próximo inventario; c) Las emisiones producidas por los productos de madera recolectada; d) Las emisiones de carbono de suelos.

1.5. Incertidumbres

De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial para un inventario de emisiones exhaustivo. La estimación y reporte de las incertidumbres, permiten priorizar los esfuerzos

para mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro, definir los temas específicos en los que es necesario realizar investigación a fin de enriquecer los atributos del inventario y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología.

En el caso del Inventario 2010, las incertidumbres están asociadas tanto a los factores de emisión elegidos para cada fuente como a los datos de actividad empleados en las estimaciones.

Para el análisis de incertidumbre en el inventario se siguió el método 1 de las directrices del IPCC 2006. En el [cuadro 1.2](#) se presentan los resultados de la evaluación de incertidumbre del inventario.

Cuadro 1.2

Análisis de incertidumbre del inventario 2010

Año del inventario	Porcentaje de incertidumbre del inventario total	Incertidumbre de la tendencia
2010	8,50	9,53

1.6. Arreglos institucionales

El equipo gestor del inventario de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de GEI, está integrado por un coordinador que a su vez es el responsable técnico del sector energético y encargado del control y garantía de calidad; y cuatro líderes técnicos responsables de los otros sectores del inventario.

Para la obtención de toda la información necesaria se cuenta con 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 Nacional sobre Incendios Forestales, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Oficina Nacional Forestal, Instituto Tecnológico

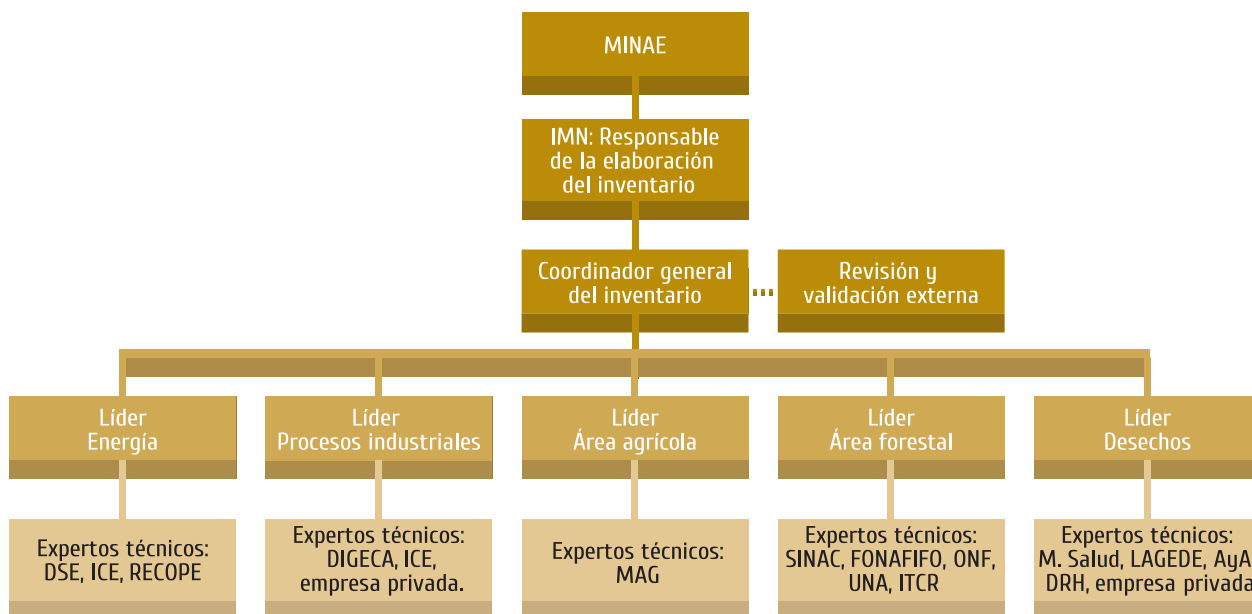


Figura 1.1. Estructura de los arreglos institucionales para elaboración del inventario.

de Costa Rica, Laboratorio de Gestión de Desechos y Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, entre otros.

En la [figura 1.1](#) se presenta la estructura para la elaboración del Inventario.

1.7. Categoría 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 de 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.¹

1. *La Orientación para Buenas Prácticas del PICC (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 (2000). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gp_gaum.htm>

En la evaluación del nivel se determina la contribución que tienen las emisiones de cada una de las categorías y los sectores a las emisiones totales, mientras que en la evaluación de tendencia se determina la contribución general de las emisiones del inventario a través del tiempo. Esta última evaluación permite identificar las fuentes que tienen una tendencia diferente de la tendencia general del inventario, multiplicado por el resultado de la evaluación por nivel para lograr una ponderación adecuada. Por lo tanto, una categoría principal de fuente será aquella cuya tendencia difiera significativamente de la tendencia total, ponderada por el nivel de emisiones de la correspondiente categoría de fuente.

Para mejorar el inventario nacional de gases de 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 los [cuadros 1.3](#) y [1.4](#) 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 USEPA. Se realizó una evaluación de niveles, con la cual se identificaron las principales fuentes que comprenden el 95% del total de emisiones en el país.

1.7.1 Evaluación de nivel

Cuadro 1.3
Fuentes principales de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo con la evaluación de nivel

Categoría de Fuente	Contribución %	Total acumulado %
CO ₂ : Tierra forestal que permanece como tierra forestal	19,2	19,2
CO ₂ : Combustión móvil: transporte terrestre	19,08	38,26
N ₂ O: Suelos agrícolas	12,8	51,1
CH ₄ : Fermentación entérica en ganadería	9,6	60,7
CO ₂ : Conversión a tierras forestales	8,6	69,2
CO ₂ : Tierra de cultivo que permanece como tierras de cultivo	8,3	77,5
CO ₂ : Industrias de manufactura y construcción	5,0	82,5
CH ₄ : Disposición de desechos sólidos	3,4	86,0
CH ₄ : Tratamiento de aguas residuales	3,4	89,3
CO ₂ : Producción de cemento	2,6	91,9
CH ₄ : Producción de arroz	1,2	93,1
CO ₂ : Generación de electricidad	1,2	94,3
HFC: Uso de SAOs	0,9	95,2

1.7.2 Evaluación de tendencias

Cuadro 1.4
Fuentes principales de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo al análisis de tendencias

Categoría de Fuente	Contribución %	Total acumulado %
CO ₂ : Tierra forestal que permanece como tierra forestal	18,9	18,9
CO ₂ : Tierra de cultivo que permanece como tierras de cultivo	12,9	31,8
N ₂ O: Suelos agrícolas	11,1	42,8
CO ₂ : Conversión a tierras forestales	10,2	53,0
CO ₂ por la combustión móvil: transporte terrestre	9,1	62,1
CO ₂ : Otros sectores: Agricultura/forestal/pesca	7,4	69,5
CH ₄ por fermentación entérica en ganadería	5,8	75,3
CO ₂ : Generación de electricidad	3,9	79,2
CO ₂ por la combustión móvil: transporte marítimo	3,4	82,6
CH ₄ por la producción de arroz	2,8	85,3
HFC: Uso de SAOs	2,4	87,8
CO ₂ : Sector comercial	1,8	89,6
CH ₄ : Disposición de desechos sólidos	1,7	91,2
CH ₄ : Tratamiento de aguas residuales	1,6	92,8
CH ₄ : Sector residencial	1,4	94,2
CO ₂ : Autoconsumo	1,4	95,6



2

Energía

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas por la combustión de combustibles y volatilización de gases.

2.1 Actividades de combustión de combustibles

El consumo de combustibles fue tomado del balance energético anual, elaborado por la Dirección Sectorial de Energía, mientras que los factores de emisión fueron obtenidos de las Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

2.1.1 Industrias de la energía

En el apartado de industrias de la energía se consideró la generación de electricidad, la refinación de petróleo y la producción de carbón vegetal.

2.1.1.1 Generación de electricidad

Las emisiones de GEI por producción de electricidad se refieren a la generación basada en el uso de combustible fósil, biogás y residuos vegetales (bagazo y otros).

Costa Rica tiene una matriz energética asentada en fuentes limpias, en el 2010 el 77% de la generación fue hidroeléctrica, 13% geotérmica y 3,1% eólica. La generación térmica correspondió en el 2010 al 6,6% del total y la generación con biomasa a un 0,4%.

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 el año 2010 para la producción de energía eléctrica se utilizaban 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 y 5 MW la de biogás.

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.

2.1.1.2 Refinación de petróleo

Esta división se refiere a las emisiones producidas por el combustible consumido en la refinación de petróleo. Las emisiones se deben principalmente al consumo de IFO 380 y una pequeña parte al consumo de LPG.

2.1.1.3 Producción de carbón vegetal

En el 2010 se consumieron 167 TJ para la producción de 42 TJ de carbón vegetal. Las emisiones han sido contabilizadas en el inventario, con excepción del dióxido de carbono que no se agrega al valor final.

En el cuadro 2.1 se muestran las emisiones de la industria de la energía en el 2010.

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.

Cuadro 2.1
Emisión de gases en las industrias de la energía en el 2010

Tipo de industria	Emisión de CO ₂ (Gg)	Emisión de CH ₄ (Gg)	Emisión de N ₂ O (Gg)
Generación de electricidad	538,21	0,05	0,01
Refinación de petróleo	68,07	0,00	0,00
Producción de carbón vegetal	0	0,00	0,00
Total	606,28	0,06	0,01

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 un 37 %, seguida por la industria química con 15 % y otras industrias con 38%.

De acuerdo a la clasificación del balance energético la industria manufacturera se separó en las siguientes clases:

- Alimentos y tabaco
- Textiles y cuero
- Madera
- Papel
- Químicos
- Otras industrias

En el [cuadro 2.2](#) se muestran los resultados de la evaluación de emisiones en el sector industria de manufactura.

2.1.3 Transporte

El sector transporte comprende las emisiones de los vehículos utilizados en vías terrestres,

Cuadro 2.2
Emisión de gases en la industria manufacturera durante el 2010

Tipo de industria	Emisión de CO ₂ (Gg)	Emisión de CH ₄ (Gg)	Emisión de N ₂ O (Gg)
Alimentos y tabaco	398,53	0,464	0,062
Textiles y cuero	50,38	0,002	0,000
Madera	10,30	0,096	0,013
Papel	32,71	0,008	0,001
Químicos	56,03	0,002	0,000
Otras industrias	527,82	0,038	0,006
Total	1.075,78	0,610	0,083

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 contabilización de las emisiones se utilizaron los factores de emisión proporcionados por el IPCC. En el caso del sector transporte terrestre, los factores de emisión se tomaron para vehículos sin un sistema controlador de emisiones, con el fin de reducir la incertidumbre por catalizadores en mal estado y la ausencia de los mismos en los vehículos.

En el 2010, el total de vehículos en circulación en Costa Rica fue 1.369.274, de los cuáles 77% corresponden a vehículos de gasolina. No obstante, por sus características el consumo de diesel y gasolina en transporte fue muy parecido, produciéndose emisiones de CO₂ similares para ambos combustibles.

En el [cuadro 2.3](#) se muestran los resultados de la evaluación de emisiones en el sector transporte.

2.1.4 Otros sectores

2.1.4.1 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 LPG y leña, mientras que en la generación de fuerza motriz

Cuadro 2.3
Emisión de gases en transporte en el 2010

Tipo de vehículo o transporte	Emisión de CO ₂ (Gg)	Emisión de CH ₄ (Gg)	Emisión de N ₂ O (Gg)
Automóvil	1.423,54	0,677	0,066
Jeep	326,71	0,103	0,016
Microbús familiar	95,46	0,0289	0,005
Motocicletas	207,34	0,099	0,010
Microbus público	102,63	0,005	0,005
Autobuses	308,03	0,016	0,016
Taxis	128,30	0,068	0,006
Carga liviana	897,08	0,098	0,046
Carga pesada	718,55	0,038	0,038
Equipo especial	286,34	0,032	0,105
Otros	43,66	0,021	0,002
Etanol en combustible	-5,24	0	0
Total transporte terrestre	4.532,41	1,187	0,314
Transporte ferroviario	3,41	0,000	0,001
Transporte marítimo	6,30	0,000	0,000
Transporte aéreo nacional	40,50	0	0,001
Total	4.582,62	1,188	0,317

se utiliza gasolina y diesel, principalmente en restaurantes, hoteles, sodas, etc. (cuadro 2.4).

2.1.4.2 Sector residencial

El consumo de combustibles en el sector residencial obedece principalmente a necesidades de cocción, 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 CO₂ a partir de la leña y el carbón vegetal son consideradas nulas, esto debido a que su uso se considera sostenible pues proviene de podas del café

Cuadro 2.4
Emisión de gases en otros sectores durante el 2010

Sector	Emisión de CO ₂ (Gg)	Emisión de CH ₄ (Gg)	Emisión de N ₂ O (Gg)
Residencial	131,88	3,902	0,052
Comercial, Público y servicios	122,03	0,014	0,000
Agropecuario	119,50	0,016	0,001
Total	373,41	3,932	0,054

o cercas vivas, no así la emisión de otros gases que si son contabilizadas en el total de emisiones (cuadro 2.4).

2.1.4.3 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 (cuadro 2.4).

2.2 Emisiones fugitivas provenientes de la extracción y manipulación de combustibles y producción de energía geotérmica

2.2.1 Emisiones fugitivas procedentes de los sistemas de petróleo

Costa Rica es un país importador de petróleo, por lo que las emisiones fugitivas se producen únicamente por transporte, refinación y almacenamiento del petróleo importado, y la distribución de productos.

No obstante lo anterior, sólo se cuenta con el factor de emisión para el transporte del petróleo por tuberías, por lo que en este apartado

únicamente se contabiliza la emisión de metano que corresponde a 0,003 Gg.

2.2.2 Producción de energía geotérmica

Las emisiones de GEI de la energía geotérmica no tienen una metodología definida en las directrices del IPCC, sin embargo, en el caso de Costa Rica se hace una evaluación de las emisiones generadas en este sistema.

Para calcular las emisiones de este rubro, se determinó que un 91% de la generación geotérmica en el año 2010 se realizaba en plantas flash y un 9% en plantas binarias, las cuales tienen 0 emisiones.

La generación total por plantas geotérmicas fue de 1.176 GWh, correspondiendo a plantas flash un valor de 1.064 GWh. El factor de emisión fue tomado de un estudio de medición directa en las plantas, cuyo valor es de 167 ton CO₂/GWh. La emisión de CO₂ fue de 177,69 Gg.

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. Con el propósito de llevar una contabilidad de esas emisiones en forma informativa, se presentan los valores determinados por esta actividad.

Para realizar la evaluación de la aviación civil internacional se utilizó el nivel 3^a, ya que se cuenta con la información de todos los vuelos

Cuadro 2.5
Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al transporte internacional en el 2010

Tipo	Gas		
	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)
Aéreo	538,2	0,0054	0,015
Marítimo	84,8	0,008	0,002
Total	623,0	0,0134	0,017

por tipo de aeronave que ingresan y salen del país, mientras que para el transporte marítimo se utilizó el nivel 1.

En el [cuadro 2.5](#) se presentan las emisiones por transporte aéreo y marítimo internacional.

2.4 Emisiones de CO₂ por uso de combustible biomásico

Las emisiones por consumo de biomasa en el sector energético correspondieron al uso de leña, bagazo y otros residuos vegetales que incluyen cascarilla de arroz, cascarilla de café, residuos de palma y etanol. La generación de emisiones de CO₂ corresponde a 3.581,20 Gg, los cuáles no suman al total de emisiones por su origen biogénico.

2.5 Comparación del método de referencia con el método sectorial

Las emisiones de CO₂ por consumo de combustibles de la categoría de Energía estimadas con los métodos de Referencia y Sectorial, difieren en aproximadamente un 3% entre ambos métodos, en el año 2010. Lo anterior puede atribuirse al hecho de que el dato de consumo de energía usado en el método sectorial, resulta ser inferior al dato utilizado en el método de referencia.

El método de referencia usa datos sobre consumo de combustibles primarios y no considera las pérdidas por conversión de combustibles primarios a secundarios. El método sectorial por su parte, emplea datos de combustibles secundarios. Dado que la diferencia de las estimaciones entre ambos métodos no es determinante, se considera que estas se realizaron correctamente (ver [cuadro 2.6](#)).

Cuadro 2.6
Comparación entre métodos de cálculo de CO₂ en el sector Energía

Método sectorial	Método de referencia	Diferencia
6.638,08 Gg	6.829,90 Gg	2,9%

2.6 Emisión total del sector energético

Los resultados obtenidos en el 2010 se presentan en el cuadro 2.7, en el que se visualizan las emisiones por sector para cada uno de los gases estimados, de donde se desprende que

Cuadro 2.7
Emisión de gases por sector para el 2010

Subsector	Gas emitido (Gg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Industrias de la energía	606,28	0,06	0,01
Industria de manufactura y construcción	1.075,78	0,610	0,083
Transporte	4.582,62	1,188	0,317
Otros sectores	373,41	3,932	0,054
Emisiones fugitivas	177,69	0,003	--
TOTAL	6.815,77	5,794	0,464

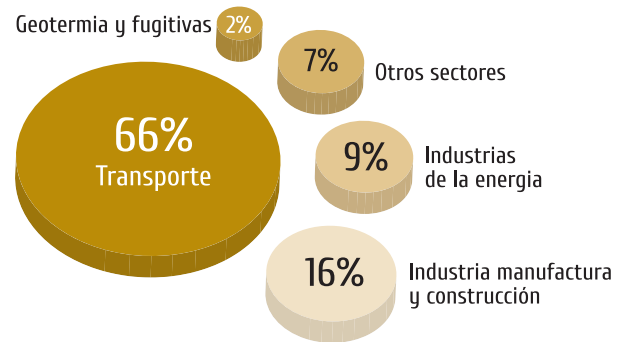


Figura 2.1. Emisiones del sector energético en el 2010.

tanto el sector transporte como el sector industrial son los mayores contribuyentes.

La figura 2.1 muestra la distribución porcentual de las emisiones del sector energético en el año 2010.

En lo referente a emisiones de cada gas, el dióxido de carbono aportó casi el 100% de las emisiones de este sector.



3

Procesos Industriales y uso de productos

Existen diferentes tipos de gases de 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 magnesio, la industria siderúrgica, la utilización de hexafluoruro de azufre (SF₆), perfluorocarbonos e hidrofluorocarbonos. Adicionalmente existen otras fuentes no principales, como son la fabricación de alimentos que incluyen bebidas alcohólicas, el procesamiento de carnes, y la 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 las Directrices del IPCC del 2006.

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

3.1 Industria de los minerales

3.1.1 Producción de cemento

Durante el proceso de fabricación de la clínker, el carbonato de calcio (CaCO₃) es

calcinado para producir óxido de calcio (CaO) y se emite CO₂ como subproducto, el CaO reacciona posteriormente con otros minerales para formar el clínker. Por esta razón, es una práctica recomendable calcular las emisiones de CO₂ a partir de los datos de clínker procesado y no de cemento.

Considerando lo anterior, se siguió el método de nivel 2 del IPCC, calculando las emisiones de CO₂ a partir de datos de producción de clínker de las empresas productoras de cemento a nivel nacional. Se asumió un porcentaje de CaO en el clínker del 65%, y además, que no hay otras cargas en los hornos que no sean carbonatos, mientras que el polvo de horno de cemento es reciclado al horno, en algunos casos.

En el cuadro 3.1 se presenta la emisión de CO₂ en el proceso de producción de cemento.

Cuadro 3.1
Emisión de CO₂ en el proceso de producción de cemento

Año	Emisión de CO ₂ (Gg)
2010	592,35

3.1.2 Producción de cal

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 CO₂ en el proceso de producción de cal para el 2010.

Cuadro 3.2
Emisión de CO₂ en el proceso de producción de cal

Año	Emisión de CO ₂ (Gg)
2010	3,75

3.1.3 Producción de vidrio

En la producción de vidrio se siguió el método de nivel 1, ya que sólo se cuenta con datos de producción total de vidrio y la cantidad de cullet utilizada proyectada.

En el [cuadro 3.3](#) se presenta la emisión de CO₂ en el proceso de producción de vidrio durante el 2010.

Cuadro 3.3
Emisión de CO₂ en el proceso de producción de vidrio

Año	Emisión de CO ₂ (Gg)
2010	25,43

3.2 Industria química e industria de los metales

En el país no existe producción química ni de metales.

3.3 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes

El uso de lubricantes y ceras de parafina no fue estimado para el año 2010. Actualmente se está realizando un estudio que será incluido en el Inventario 2012.

3.4 Industria electrónica

En el país solo existe una industria que utiliza compuestos fluorados en la fabricación de semiconductores. Las emisiones no han sido contabilizadas en el inventario actual, no

obstante, la evaluación preliminar indica que todas las emisiones son recuperadas.

3.5 Sustitutos de sustancias destructoras del ozono

Los hidrofluorocarbonos (HFC) sirven como una alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), las que están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal.

Las áreas de aplicación de los HFC corresponden a refrigeración y aire acondicionado, extinción de incendios y protección contra explosiones, aerosoles, limpieza con solventes y agentes espumantes ([cuadro 3.4](#)).

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 y se aplicó el método de nivel 2 para la evaluación de las emisiones.

Cuadro 3.4
Emisión de HFC por área de aplicación en el 2010

Area de aplicación	Gas	Emisión de HFC (Gg)
Refrigeración y AC	HFC-32	0,00157
	HFC-125	0,01385
	HFC-134 ^a	0,05739
	HFC-143 ^a	0,01261
	HFC-152 ^a	0,01024
Espumas	HFC-134 ^a	0,00833
	HFC-152 ^a	0,00142
Aerosoles	HFC-134 ^a	0,00123
	HFC-152 ^a	0,00019
Productos contra incendios	HFC-134 ^a	0,00233
	HFC-152 ^a	0,00000
Otras aplicaciones	NO	NO

Para propósitos de control de calidad se evalúa la emisión potencial de cada gas.

Cuadro 3.5
Emisión total por proceso industrial en el 2010

Subsector	Gas (Gg)						
	CO ₂	R-32	R-125	R-134a	R-143a	R-152	SF ₆
Producción de cemento	592,35						
Producción de cal	3,75						
Producción de vidrio	25,43						
Refrigeración y AC		0,00157	0,01384	0,05739	0,01262	0,01024	
Espumas				0,00833		0,00142	
Aerosoles				0,00123		0,00019	
Protección contra incendios			0,00000	0,00233			
Equipo eléctrico							0,0000726
Totales	621,53	0,00157	0,01384	0,06928	0,01262	0,01185	0,0000726

3.6 Emisiones de SF₆ procedentes de los equipos eléctricos

El hexafluoruro de azufre (SF₆) es utilizado en el país como aislante eléctrico y para interrumpir la corriente en los equipos utilizados en la transmisión y distribución de electricidad. Se lleva la contabilidad de las fugas que

se presentan en dichos equipos, por lo que la emisión es evaluada directamente. La cantidad generada en el 2010 fue de 72,6 kg de SF₆.

3.7 Emisión total

En el [cuadro 3.5](#) se presenta la emisión total en los Procesos Industriales en el 2010.



4

Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

El sector Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra incluye las siguientes áreas: las emisiones y absorciones de CO₂ resultantes de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta y suelos minerales, para todas las tierras gestionadas; las emisiones de CO₂ y no-CO₂ producidas por incendios en todas las tierras gestionadas; las emisiones de N₂O de todas las tierras gestionadas; las emisiones de CO₂ relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas; las emisiones de CH₄ del cultivo del arroz; las emisiones de CO₂ y N₂O de las tierras de cultivo orgánico; las emisiones de CH₄ de tierras inundadas; la emisión de CH₄ producida por el ganado (fermentación entérica); las emisiones de CH₄ y N₂O de los sistemas de gestión del estiércol; y el cambio en las existencias de carbono relacionado con los productos de madera recolectada.

4.1 Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo de estiércol

4.1.1 Fermentación entérica

4.1.1.1 Fermentación entérica en bovinos

La fermentación entérica por llevarse a cabo en condiciones de ausencia de oxígeno, como ocurre en bovinos y caprinos, hace que parte del forraje consumido se transforme en metano debido a la acción de los microorganismos del rumen.

En Costa Rica, para el cálculo de la emisión de metano en bovinos se han venido desarrollando estudios detallados, ya que esta especie tiene la mayor población animal. De esta forma, se han

obtenido valores de emisión de este gas producto de la fermentación entérica en cada sistema de producción bovino utilizado en nuestro país, los cuales son: carne, leche, y doble propósito.

Debido a la falta de información relacionada con la población animal, se diseñó un modelo para simular y de esta forma estimar la población de cada categoría animal en cada sistema de producción.

Para modelar la población de ganado bovino por sistema de producción y categoría animal (vacas adultas, toros, novillas y novillos, toretes, terneros y terneras) se utilizaron datos técnicos extraídos de las encuestas ganaderas, realizadas en el 2000 y el 2012. Posteriormente y con el resultado de estas simulaciones, se modeló la emisión de metano para cada categoría animal en cada sistema de producción para el 2010 (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1

Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino durante el 2010

Sistema de producción	Población (cabezas)	Emisión de metano (Gg)
Leche	357.533	22,09
Carne	584.568	36,13
Doble propósito	565.006	33,21
Total	1.507.107	91,43

Similarmente, se diseñaron otros modelos de simulación para estimar las poblaciones de cabras, búfalos y ovejas, pero con estas especies se utilizaron los valores sugeridos por el IPCC para estimar la emisión de metano.

Con respecto a la emisión de metano en bovinos, la mayor cantidad de este gas se genera en el sistema de producción de carne (40%) y doble propósito (36%), debido a que es donde se encuentra la mayor población de bovinos.

4.1.1.2 Fermentación entérica en otros animales domésticos

Para la estimación de la emisión de metano en todas las especies consideradas en este acápite, se utilizaron los valores sugeridos por el IPCC para América Latina. Sin embargo, a pesar de que en el caso de los cerdos se utilizó el valor por defecto sugerido por el IPCC, en el [cuadro 4.2](#) aparece un valor menor debido a que se hizo un ajuste de acuerdo con la cantidad de cerdos sacrificados para consumo (341.618) y la edad a la cual ocurre que es aproximadamente seis meses. El resultado del metano obtenido fue dividido entre el total de cerdos y de esta forma se obtuvo el factor ponderado mostrado.

La emisión es mayor en los caballos como resultado de la combinación de la población y el factor de emisión, el cual es el mayor de todas estas categorías. De las restantes especies, los cerdos son los que presentan mayor valor aunque la magnitud de la misma es muy pequeña.

Cuadro 4.2
Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos durante el 2010

Especie	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de metano (Gg)
Cerdos	438.000	0,61	0,27
Cabras	25.334	5,0	0,11
Ovejas	2.426	5,0	0,008
Búfalos de agua	3.051	55,0	0,17
Caballos	124.000	18,0	2,23
Mulas	5.200	10,0	0,05
Total	598.011	---	2,838

4.1.2 Manejo de estiércol

4.1.2.1 Manejo de estiércol en ganado bovino

Para la estimación de metano generado por las excretas se utilizó el valor sugerido por el IPCC. Sin embargo, para el caso del sistema de producción de leche debido a que se dispone de información proporcionada por personal técnico de la Cooperativa Dos Pinos, en la cual se tiene un estimado de que un porcentaje de fincas realiza la distribución de las excretas sólidas en las pasturas, se estimó que la emisión de metano es igual a cero (IPCC, 2006).

En todo caso la emisión por este concepto es similar al de la entérica, donde los sistemas de carne y doble propósito tienen las mayores emisiones producto de la población animal ([cuadro 4.3](#)).

Cuadro 4.3
Emisión de metano por manejo del estiércol de ganado bovino durante el 2010

Especie	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de metano (Gg)
Leche	357.533	1,0	0,330
Carne	584.568	1,0	0,584
Doble propósito	565.006	1,0	0,565
Total	1.507.107	---	1,493

4.1.2.2 Manejo de estiércol en otros animales domésticos

La mayor emisión de metano proveniente del manejo del estiércol fue determinada en los cerdos, como resultado de que la producción de excretas de esta especie fue mayor que en las restantes especies ([cuadro 4.4](#)).

4.2 Tierras forestales

Las fuentes de información utilizadas en el presente inventario comprendieron principalmente las estadísticas forestales del gobierno,

Cuadro 4.4
Emisiones de metano y óxido nítrico por manejo del estiércol de otros animales domésticos durante el 2010

Espece	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de metano (Gg)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de óxido nítrico (Gg)
Cerdos	438.000	0,61	0,267	0,20	0,0889
Cabras	25.334	0,17	0,004	0,37	0,0093
Ovejas	2.426	0,15	0,0003	0,26	0,0006
Búfalos de agua	3.051	1,0	0,003	0,64	0,0019
Caballos	124.000	1,64	0,203	0,79	0,0981
Mulas	5.200	0,90	0,005	0,66	0,0034
Aves de corral		0,025	0,138	0,002	0,0375
Total	598.011	---	0,482	---	0,2397

los mapas de cobertura de la tierra y los datos de biomasa almacenada y fijada según el tipo de bosque.

4.2.1 Tierras forestales que permanecen como tales

4.2.1.1. Plantaciones forestales

Para el análisis de absorción de CO₂ en las plantaciones forestales, se consideró el área determinada en el mapa de cobertura de la tierra 2010. Para calcular el área plantada por especie, se consideró la misma distribución de las especies sembradas que en el año 2000.

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

La proporción de carbono en la biomasa arbórea utilizada para estimar el carbono absorbido fue de 47%, tal como lo recomienda el IPCC en la metodología 2006.

Con la información anterior se procedió a determinar el carbono total absorbido, el

carbono emitido por cosecha y la absorción neta de CO₂.

Los valores de dióxido de carbono absorbido por las plantaciones forestales en el 2010 se presentan en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5
Absorción de CO₂ por las plantaciones forestales en el 2010

Espece	Área plantada Ha	Tasa de crecimiento Tdm/ha año	Absorción de CO ₂ (Gg)
Ciprés	2.017,3	10,3	-35,88
Eucalipto	6.407,9	16,3	-180,22
Jaúl	949,3	14,5	-23,72
Laurel	7.238,6	12,5	-155,93
Melina	47.109,9	13,3	-1.082,21
Pino	2.254,6	9,7	-37,65
Pochote	10.205,2	6,8	-119,59
Teca	12.341,1	6,2	-132,71
Otras	30.140,9	12,5	-649,28
SubTotal	118.664,9	----	-2.417,20
Pérdidas por remoción de madera	---	---	1.063,33
Pérdidas por perturbaciones	---	---	59,71
Total	----	----	-1.294,16

4.2.2 Tierras convertidas en tierras forestales

En este componente se consideraron las áreas de pasto y cultivos que se han regenerado y se encuentran clasificadas como bosque secundario.

4.2.2.1 Regeneración natural

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

El área de bosque secundario fue determinada por medio del mapa de cobertura de la tierra 2010, considerando las diferentes regiones para determinar la tasa de crecimiento.

Se determinó a juicio de expertos que el 80% de los bosques secundarios del país se encuentran en regeneración tardía y un 20% en regeneración temprana y media.

La absorción de dióxido de carbono por el crecimiento en tierras abandonadas (regeneración natural) se muestra en el [cuadro 4.6](#).

Cuadro 4.6
Absorción de dióxido de carbono por la regeneración natural durante el 2010

	Área ha	Tasa de crecimiento Ton dm/ha año	Absorción de CO ₂ (Gg)
Bosque seco > 20 años	274.332,12	1,25	-590,96
Bosque seco ≤ 20 años	68.583,03	5,00	-590,96
Bosque húmedo > 20 años	325.398,84	3,75	-2.102,89
Bosque húmedo ≤ 20 años	81.349,71	13,75	-1.927,65
Subtotal	749.663,70	---	-5.212,45
Pérdidas por perturbaciones	3.630,85	----	1.251,43
Total			-3.961,02

4.3 Tierras de cultivo

4.3.1 Tierras de cultivo que permanecen como tales

De acuerdo al mapa de cobertura de la tierra 2010, las áreas de cultivo corresponden a 262.947,35 ha de cultivos estacionales, que comprenden granos básicos, hortalizas, piña, legumbres.

En el caso de cultivos estacionales, se considera que se cosechan todos los años, por lo que no hay un almacenamiento a largo plazo del carbono en la biomasa.

En lo que respecta a los cultivos permanentes, estos corresponden a 554.961,63 ha, que comprenden café, palma africana, pejobaye, cítricos, y frutales como mango, entre otros.

Para los cultivos permanentes, de acuerdo a la información tanto del mapa de cobertura como de los productores, el área de plantación no ha crecido y en el caso de renovación del cultivo es difícil determinar el área de cambio. Con esta consideración, se tomó un área nula de crecimiento de cultivos permanentes.

4.3.2 Tierras convertidas en tierras de cultivo

Esta sección incluye los cambios de uso del suelo, en cuanto a la conversión de bosques a tierras de cultivo, 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) y la estimación de deforestación realizada por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

Cuadro 4.7
Emisión de CO₂ por la conversión de bosques a tierras de cultivo

Área deforestada Ha	Emisión de CO ₂ (Gg)
1.520	772,74

En cuanto a la biomasa después de la deforestación, se consideró el factor por defecto presentado en el cuadro 5.9 de las Guías del IPCC 2006.

La estimación del dióxido de carbono liberado por la conversión de bosques se presenta en el [cuadro 4.7](#).

4.4 Pastizales

4.4.1 Pastizales que permanecen como tales

El área de pastos en el 2010 corresponde a 1.040.204,16 ha, de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra de ese año. Se considera que esta área no ha variado y que ha permanecido como tal en los últimos años.

4.4.2 Tierras convertidas en pastizales

Esta sección abarca los cambios de uso del suelo, en cuanto a la conversión de los bosques a tierras de pastos permanentes. Se consideró que las tierras convertidas en pastizales se presentan en la región Pacífico Norte, asociadas a la actividad ganadera que se presenta en esa zona.

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

En relación a la biomasa después de la conversión, se consideró el valor de 2,3 tal como se recomienda en el cuadro 6.4 del capítulo 6, volumen 4 de las Guías del IPCC 2006.

La estimación del dióxido de carbono liberado por la conversión de bosques se presenta en el [cuadro 4.8](#).

Cuadro 4.8

Emisión de CO₂ por la conversión de bosques a pastizales en Costa Rica en el 2010

Area deforestada Ha	Emisión de CO ₂ (Gg)
2.480	887,68

4.5 Humedales

4.5.1 Humedales gestionados

Se considera que el área de humedales en el país no está gestionada. El área correspondiente a humedales de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra 2010 es de 103.356,11 ha.

4.5.2 Tierras inundadas

4.5.2.1 Emisiones de CH₄ provenientes de tierras inundadas

Se incluyeron las emisiones de CH₄ correspondientes a los embalses destinados a la generación hidroeléctrica, considerando los mecanismos por medio de los cuales los embalses liberan CH₄ a la atmósfera:

- Difusión en la interface agua-aire
- Burbujeos de metano
- Descompresión del agua (“degassing”) al turbinarse y aguas abajo
- Flujo agua-aire a través de macrófitas (Tremblay, 2004 y IHA, 2008)

La metodología definida por el IPCC en las Guías 2006 para las emisiones de CH₄ en tierras inundadas en el nivel 1, sólo considera las emisiones por difusión, ya que existe discusión sobre la cantidad de emisiones reales de los embalses, especialmente los asociados a embalses con muy baja densidad de energía o de potencia (Montero, 2011). Además, como en el caso de generación hidroeléctrica, las emisiones por unidad de energía eléctrica dependen también de la cantidad de energía que se extraiga, relativa al tamaño del embalse (Montero, 2011).

Dada esta realidad, se utilizó la directriz de la UNFCCC contenida en el reporte de la reunión 23 del Comité Ejecutivo de MDL, que aborda el problema indicando los rangos de densidad de potencia (potencia/área, en W/m²) para los cuales reconocerá créditos de carbono y para los cuales se requerirá demostración explícita de los mismos. En el [cuadro 4.9](#) se muestran los criterios.

Cuadro 4.9
Criterios de emisión de CO₂e en embalses

Densidad de Potencia (W/m ²)	Recomendación
Menos de 4	No considerar con metodologías estándar en proyectos CDM
4-10	90 ton CO ₂ eq/GWh
Más de 10	Las emisiones pueden despreciarse.

Fuente: Basado en UNFCCC CDM EB23 Anexo 5.

La información sobre los embalses de plantas para producción de electricidad de Costa Rica menores a 20 MW, indica que ninguno de los embalses del país tiene una densidad de potencia menor a 4. Solamente el embalse Arenal tiene una densidad de potencia mayor a 4. El resto de los embalses tienen densidades de potencia mayores o mucho mayores a 10.

Sin embargo, no se esperaría que los embalses de Costa Rica estando en el extremo alto de densidad de potencia, produjeran grandes tasas de emisiones. Más bien se esperaría que se minimizaran los factores unitarios de emisiones a largo plazo, ya que producen mucha más energía por unidad de área que los casos clásicos de altas emisiones citados por la literatura (Montero, 2011).

Tomando en cuenta lo anterior y considerando una generación de 727,4 GWh en el 2010, la emisión de metano correspondió a 5,54 Gg de CH₄ en tierras inundadas.

4.6 Asentamientos

4.6.1 Asentamientos que permanecen como asentamientos

En el caso de los asentamientos que permanecen como tales, no se consideran las emisiones debidas a las pérdidas de biomasa de las ramas que se quitan durante la poda o los recortes del césped, ya que éstas son eliminadas como desechos sólidos que van a los vertederos, por lo que las emisiones se contabilizan en el sector Desechos.

El área de asentamientos en el 2010 correspondió a 87.782,62 ha, de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra.

4.6.2 Tierras convertidas en asentamientos

Para las tierras convertidas en asentamientos, no se ha determinado las emisiones de biomasa. Los nuevos asentamientos corresponden a terrenos de cultivo o pasto en su mayoría.

4.7 Otras tierras

En lo que se refiere a otras tierras se incluye el páramo y el terreno descubierto. En ambos casos, no se presentan emisiones en otras tierras que permanecen como tales y de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra no se presentan tierras que se conviertan en otras tierras. Las áreas de páramo y terreno descubierto corresponden a 43.326,64 ha.

4.8 Otras fuentes

4.8.1 Emisiones de la quema de biomasa en bosque

En este apartado se contemplan las emisiones de otros gases producto de los incendios forestales. De acuerdo a las estadísticas de la Comisión Nacional sobre Incendios Forestales, el área de bosque en donde se presentaron incendios forestales en el 2010 corresponde a 3.938,85 ha.

Cuadro 4.10
Emisión de gases por quema de biomasa en bosques en el 2010

Tipo de bosque	Área quemada ha	Gas	
		CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)
Bosque secundario	3.630,85	1,042	0,031
Plantaciones	308,0	0,111	0,003
Total		1,153	0,034

En el [cuadro 4.10](#) se detallan las emisiones de metano y óxido nitroso, emitidas por la quema en bosque y plantaciones.

4.8.2 Emisiones de la quema de biomasa en cultivos

Una de las prácticas usualmente utilizadas por los agricultores, es alternar los terrenos que utilizan para los cultivos. Esta alternancia implica que una fracción de la finca es dejada en descanso, lo que implica que no es utilizada para la siembra de cultivos. En estos terrenos crece gran variedad de plantas, que dependiendo del tiempo de descanso se transforman en charral, tacotal o yolillal.

Cuando estos terrenos van a ser utilizados nuevamente para el cultivo de especies agrícolas comestibles, la vegetación es cortada y en ocasiones quemada. Si bien este material vegetal que se quema no constituye residuo agrícola, el mismo se ha incluido en esta categoría ya que el período de descanso de los terrenos agrícolas es parte importante del sistema de producción.

También en ocasiones algunos residuos agrícolas son quemados luego de la cosecha, para liberar el suelo de este material y facilitar las labores de preparación para la siembra del nuevo ciclo de cultivo. Durante la quema se producen diversos gases con efecto invernadero, sin embargo, debido a que el dióxido de carbono es fijado por el proceso de fotosíntesis de las plantas durante el crecimiento, este no se considera para ser reportado.

En el inventario de gases con efecto invernadero solo se incluye al metano y al óxido nitroso, ya que además de tener una vida media relativamente larga, estos gases no pueden ser absorbidos por la planta durante su crecimiento, por lo que se considera su emisión neta.

La estimación de la cantidad emitida de estos gases ([cuadro 4.11](#)), se realizó basada en la metodología sugerida por el IPCC del 2006 para la preparación de inventarios.

4.8.3 Emisiones de la quema de biomasa en pastizales

En la región del Pacífico Seco de Costa Rica las pasturas presentan estacionalidad en el crecimiento, como resultado de las condiciones climáticas típicas de la región, la cual se caracteriza por tener una época con déficit hídrico que se extiende desde diciembre hasta inicios de mayo. Es precisamente durante esa época cuando la biomasa aérea de las gramíneas se encuentra totalmente seca, y ocasionalmente se producen incendios naturales.

De acuerdo con la información de la Comisión Nacional sobre Incendios Forestales, en el 2010 un total de 13.588 hectáreas de pasto fueron quemadas. Debido a la falta de información de la fracción de biomasa que se quema, se usó el valor sugerido por el IPCC, 2006.

La emisión estimada para cada uno de los gases generados durante las quemas ([cuadro 4.12](#)), fue calculada de acuerdo con el procedimiento sugerido en las Guías Metodológicas del IPCC (IPCC, 2006).

Cuadro 4.11

Emisión de gases por quema en el campo de residuos agrícolas en el 2010

Residuos	Gas	
	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)
Agrícola	0,553	0,002
Charral, tacotal*	0,063	0,001
Total	0,616	0,003

* También incluye yolillal.

Cuadro 4.12

Liberación de gases por quema de pasturas durante el 2010

Gas	Emisión (Gg)
CH ₄	0,034
N ₂ O	0,083

4.8.4 Emisiones de suelos agrícolas

4.8.4.1 Emisiones en cultivos

En general la emisión de óxido nitroso presenta valores relativamente bajos, siendo los mayores en café con sombra, caña de azúcar y banano, como resultado del área dedicada a estas actividades (cuadro 4.13). En un segundo grupo se encuentra el café sin sombra y la palma africana, los restantes cultivos presentaron emisiones sumamente bajas.

4.8.4.2 Emisiones en pastos

Para estimar la emisión de óxido nitroso, derivado de los suelos cubiertos por diferentes pasturas utilizadas en los tres sistemas de producción bovina, se consultaron expertos para tener una idea de la distribución de las áreas en cada especie. También se utilizó el resultado de un estudio realizado en el sector lechero, en el cual se determinó mediante una encuesta, la distribución de las especies gramíneas y sus respectivas áreas.

Cuadro 4.13
Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos durante el 2010

Cultivo ¹	Área sembrada Ha	Factor de emisión kg/ha/año	Emisión de N ₂ O (Gg)
Café con sombra	64.143	7,78	0,499
Café sin sombra	34.538	2,92	0,101
Caña de azúcar	55.730	4,81	0,268
Banano	43.031	4,85	0,049
Plátano	15.024	--	0,012
Frutas ²	79.350	--	0,101
Palma africana	57.000	--	0,117
Palmito	8.000	--	0,025
Granos básicos	83.569	--	0,066
Hortalizas	1.516	--	0,004
Papa	2.233	7,85	0,005
Cebolla	1.187	2,61	0,003
Otros	9.363	--	0,007
Total	454.684	--	1,257

1. Los cultivos en los cuales no aparece factor de emisión se utilizó el valor sugerido por el IPCC.

2. Frutas: rambután, papaya, mango, sandía, melón y fresa.

Cuadro 4.14

Emisión de óxido nitroso del suelo cubierto con diferentes tipos de pasto durante el 2010

Pasto	Área estimada ¹ Ha	Factor de emisión kg/ha/año	Emisión de N ₂ O (Gg)
Naturales ²	466.454	0,51	0,240
Estrella	138.659	0,70	0,098
Kikuyo	25.000	1,13	0,028
Brachiarias ³	350.000	0,53	0,187
Otros mejorados	285.000	0,47	0,134
Total	1.265.113	--	0,687

1. Áreas estimadas con criterio de varios expertos y datos de encuesta lechera.

2. Incluye pasto natural, ratana, jaragua;

3. Incluye varias especies

Con esta información y la utilización de factores de emisión resultantes del proceso de investigación realizado en Costa Rica, así como la metodología sugerida por el IPCC (2006) se estimó la emisión de N₂O para cada tipo de pasto. (cuadro 4.14).

Los valores de emisión fueron similares entre la mayoría de las especies, con la excepción del kikuyo que presenta poca cobertura, y las brachiarias que se han incrementado significativamente en los últimos años, lo cual influye en la emisión estimada (cuadro 4.14).

4.8.5 Cultivo de arroz

La producción de arroz anegado en Costa Rica ha variado históricamente entre 22% y 35% del área total sembrada. De acuerdo con SEPSA (2012), en el 2010 se sembraron 18.776 ha bajo este sistema, lo cual representó el 23% del área total sembrada con este grano.

La emisión de metano en el cultivo de arroz anegado se produce por la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, saliendo el gas producido en forma de burbujas. También la planta de arroz contribuye con el transporte de este gas, desde el suelo hasta la superficie del espejo de agua.

Para cuantificar la emisión de metano generado en este sistema de producción, se utilizaron

los resultados del estudio de campo realizado por Montenegro y Abarca (2001) quienes determinaron por medición directa el factor de emisión para las condiciones de producción del país (cuadro 4.15).

Cuadro 4.15
Emisión de metano en la producción de arroz anegado durante el 2010

Régimen de manejo de agua	Area cosechada (ha)	Factor de emisión kg/ha/día	Emisión de metano (Gg)
Continuamente inundado	18.776	4,94	11,13

4.8.6 Productos de madera

Para el año 2010 no se evaluaron las emisiones por productos de madera cosechada.

4.9 Emisión total

Las emisiones de gases de efecto invernadero y absorción de CO₂ producidos en el sector Agricultura, silvicultura y otros uso de la tierra, durante el 2010, se presentan en el cuadro 4.16.

Cuadro 4.16
Absorción de carbono y emisión de gases con efecto invernadero en el sector AFOLU durante el 2010

Actividad	Gas emitido (Gg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Fermentación entérica	NA	94,27	NA
Manejo de estiércol	NA	1,975	0,240
Tierras forestales	-5255,18	NA	NA
Tierras de cultivo	772,74	NA	NA
Pastizales	887,68	NA	NA
Humedales	NA	5,54	NA
Asentamientos humanos	NE	NA	NA
Otras tierras	NO	NA	NA
Quema de biomasa en bosque	NA	1,153	0,034
Quema de pasturas	NA	0,034	0,083
Quema de residuos agrícolas	NA	0,616	0,003
Suelos agrícolas	NA	NA	1,944
Cultivo de arroz	NA	11,13	NA
Total	-3.594,76	114,63	2,304



5

Manejo de desechos

En esta sección se estimaron las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, debidas a las siguientes categorías:

- Eliminación de desechos sólidos
- Tratamiento biológico de los desechos sólidos
- Incineración e incineración abierta de desechos
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales

La eliminación de desechos sólidos contempla los sitios gestionados de eliminación de desechos (rellenos sanitarios), sitios no gestionados de eliminación de desechos (vertederos) y sitios no categorizados de eliminación de desechos. Las emisiones de metano procedente de estas acciones, suelen ser la mayor fuente de emisiones de gases de efecto de invernadero del sector desechos.

El tratamiento biológico de los desechos sólidos implica el compostaje a partir de desechos domésticos.

La incineración e incineración abierta de desechos, implica la incineración de desechos que contienen carbono fósil (por ejemplo plásticos) y son importantes fuentes de emisiones de CO₂ del sector desechos. No se incluye en las estimaciones de este punto, a aquellas emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la conversión de desechos en energía, donde el material de desecho se usa directamente como combustible, ya que estos fueron tomados en cuenta en el sector energía.

Es importante señalar que los sitios de disposición final de los desechos sólidos, el

tratamiento de aguas residuales y la incineración de desechos no fósiles, producen CO₂ pero de origen biogénico, y por lo tanto, no se incluye como elemento a declarar en este sector.

5.1 Eliminación de desechos sólidos

Los sitios de disposición final de los residuos domiciliarios en Costa Rica, en operación al 2010 se distribuyen de la siguiente manera:

5.1.1 Rellenos sanitarios

- Parque de Tecnología Ambiental Uruca, ubicado en San José, en el distrito de la Uruca. Opera desde el año 2000.
- Parque de Tecnología Ambiental Aczerri, ubicado en San José, en el cantón de Aserrí, distrito de Salitrillos. Opera desde el año 2007.
- Parque de Tecnología Ambiental Tomatal, ubicado en Limón, en el cantón Central, distrito de Santa Rosa. Opera desde el año 2009.
- Río Azul, situado entre Desamparados, La Unión y Curridabat, actualmente con cierre técnico, este es municipal pero administrado por una empresa privada.
- Relleno Sanitario Los Mangos, ubicado en Alajuela, actualmente con cierre técnico.
- Relleno Sanitario Los Pinos, ubicado en Cartago.
- Relleno Sanitario de Garabito, ubicado en Garabito.

- Relleno Sanitario de Santa Cruz, Guanacaste, actualmente en cierre técnico.
- Relleno Sanitario de Orotina, actualmente en cierre técnico.

Se estima que para el año 2007, los rellenos sanitarios del país cubrían entre el 55% y el 67% de la población nacional. El resto de sitios de disposición final corresponden a 39 botaderos aproximadamente, y de ellos unos 18 sitios podrían considerarse como vertederos controlados (PRESOL, 2007).

Para el cálculo de las emisiones de GEI se tomaron como referencia las Directrices del IPCC de 2006, para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en su volumen 5: Desechos. La metodología propuesta por el IPCC para estimar las emisiones de CH₄ provenientes de los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS), se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD).

Aunque el IPCC recomienda incluir los datos de eliminación de residuos de 50 años para atrás, según lo sugerido como buena práctica se aclara que para el caso de Costa Rica, los sitios de disposición final de residuos sólidos controlados son de creación reciente por lo que se toma el año de inicio de operaciones.

De acuerdo a la información recopilada durante este estudio, se seleccionó el método de Nivel 2, el cual utiliza el método FOD del IPCC y algunos parámetros por defecto, y que requiere además datos de la actividad específicos del país de buena calidad sobre la eliminación actual e histórica de desechos en los SEDS. Para la estimación de las emisiones se utilizó la hoja de cálculo "IPCC Spreadsheet for Estimating Methane Emissions from Solid Waste Disposal Sites (IPCC Waste Model)".

El IPCC Waste Model mencionado, establece dos formas de estimar las emisiones a partir de los desechos sólidos municipales (DSM), dependiendo de la disponibilidad de datos en el país. La primera opción es un modelo por fases múltiples, basado en datos sobre la descomposición de los desechos para el cual se requiere conocer las cantidades de cada tipo de material de

desecho degradable (alimentos, desechos de jardines o parques, papel y cartón, madera, textiles, etc.). La segunda opción (modelo de fase única), se basa en la información de los desechos como un todo (desechos brutos). Considerando que en Costa Rica se han realizado esfuerzos en caracterizar la composición de los residuos sólidos, se optó por aplicar el modelo de fases múltiples.

La información se recopiló a través de tres fuentes principales: municipalidades, entes rectores (Ministerio de Salud) y administradores y operadores de sitios de disposición final de residuos sólidos.

El promedio de la información recolectada sobre la cantidad de residuos que ingresaron a los distintos rellenos sanitarios, desde el año de inicio de cada uno de ellos, se detalla en el [cuadro 5.1](#).

Cuadro 5.1
Desechos que ingresan a los rellenos sanitarios desde 1996

Año	Total (t/año)	Año	Total (t/año)
1996	49.789	2004	348.371
1997	51.049	2005	349.864
1998	52.294	2006	415.903
1999	53.516	2007	559.456
2000	63.787	2008	622.606
2001	234.109	2009	711.525
2002	328.678	2010	787.988
2003	357.678		

Es importante señalar que la cantidad de residuos señalados en el [cuadro 5.1](#), corresponde tanto a residuos domiciliarios como a los residuos comerciales e industriales que ingresan a los rellenos sanitarios del país.

De acuerdo a la información del INEC y PRESOL, se ha estimado que los rellenos sanitarios reciben el 58,3% de los desechos sólidos recolectados por los camiones recolectores, los vertederos controlados un 19,8% y los botaderos a cielo abierto un 21,3%. Por tanto, para el año 2010 el valor en toneladas es:

Residuos que ingresaron a rellenos sanitarios:	787.988,76 T/año
Residuos que ingresaron a vertederos controlados:	267.618,82 T/año
Residuos que ingresaron a botaderos a cielo abierto:	287.893,00 T/año

El [cuadro 5.2](#) muestra los diferentes mecanismos de disposición final de los residuos domiciliarios según el censo 2011 del INEC.

Cuadro 5.2
Disposición final de residuos domiciliarios en Costa Rica

Disposición final	Cantidad de viviendas	%
Camión recolector municipal	1.010.256	83,36
Enterrada	61.462	5,07
Quemada	124.405	10,26
En lote baldío	4.007	0,33
Botada en río, quebrada o mar	806	0,07
Otro	11.028	0,91
Total	1.211.964	100

Fuente: INEC, Censo nacional.

Empleando los porcentajes señalados en el [cuadro 5.2](#) y con base en la cantidad de residuos recolectados por camión recolector (suma de residuos que ingresaron a rellenos sanitarios, vertederos y botaderos a cielo abierto) en el año 2010, se estimó la disposición final de los desechos sólidos recolectados para ese año:

Cantidad de residuos recolectados municipal:	1.351.610,22 T/año
Cantidad de residuos enterrados:	82.205,66 T/año
Cantidad de residuos quemados:	166.357,02 T/año
Cantidad de residuos dispuestos en lotes baldíos:	5.350,66 T/año
Cantidad de residuos dispuestos en cuerpos de agua:	1.135,00 T/año
Cantidad de residuos dispuestos de otras maneras:	14.754,86 T/año

Con el fin de estimar la cantidad de residuos industriales producidos en el país, se asume que

la diferencia entre el total de residuos generados y el total de residuos domiciliarios será el total de residuos industriales. Esta suposición establecería que todos los residuos industriales ingresan a rellenos sanitarios y que además la recolección de los desechos en el país es del 100%.

De esta manera, la generación de residuos industriales para el año 2010 fue de 655.143,35 T/año.

En lo referente a la segregación de desechos, en el [cuadro 5.3](#) se muestra la segregación de los residuos ordinarios obtenida en estudios de 14 municipalidades.

Cuadro 5.3
Segregación de desechos sólidos municipales

Componente	Porcentaje (%)
Papel/cartón	14
Textil	3
Desechos Alimentos	40
Madera	2
Jardín	4
Desechos sanitarios	8
Plástico	29

Para obtener el carbono orgánico degradable (DOC) y carbono orgánico degradable asimilable (DOCf) se utilizaron los valores por defecto, debido a que no existe en el país información específica para cada uno de los tipos de residuos. Los valores utilizados son mostrados en el [cuadro 5.4](#).

Cuadro 5.4
Carbono orgánico degradable (DOC) por tipo de desecho

Tipo de residuo	Carbono Orgánico Degradable (DOC) (fracción en peso en base húmeda)
Desechos de comida (orgánicos)	0,15
Residuos de jardinería	0,20
Papel	0,40
Residuos de madera	0,43
Textiles	0,24
Residuos sanitarios domésticos	0,24

Para la constante de generación de metano (k), se utilizó el valor por defecto para clima húmedo. Los valores son mostrados en el [cuadro 5.5](#).

Cuadro 5.5
Constante de generación de metano para cada tipo de residuo segregado

Tipo de residuos	Constante de generación de metano (k) (años ⁻¹)
Desechos de comida (orgánicos)	0,4
Residuos de jardinería	0,17
Papel	0,07
Residuos de madera	0,035
Textiles	0,07
Desechos sanitarios domésticos	0,17

El factor de corrección de metano (MCF), es un indicativo del tipo de sitio de disposición final de desechos. Para el caso de Costa Rica, dado que los rellenos sanitarios gestionados son los que constituyen la principal fuente de información de este estudio, se utilizó la distribución señalada en el [cuadro 5.6](#).

Cuadro 5.6
Factores de corrección de metano para cada sitio de disposición final de residuos sólidos

Tipo de sitio de disposición final de residuos sólidos				
Sitio no manejado		Manejado		No categorizado
Sitio no manejado	manejado y profundo	Manejado	semiaerobio	
Factor de corrección de metano (MCF)				
0,4	0,8	1	0,5	0,6
Distribución (%)				
10	10	58	0	21

Para la fracción de metano en el gas de vertedero generado (F) se utilizó un valor de 46,5% de metano, encontrado en un estudio de análisis de campo de los vertederos en el país. Como factor de oxidación se utilizó el valor de 0.

Al realizar la simulación en el programa IPCC Waste Model, para cada uno de los rellenos sanitarios, se obtuvo que las emisiones de

metano generadas para el año 2010 son 51 Gg, de los cuales se logra recuperar un total de 11 Gg. Por lo tanto, la emisión de metano en sitios de disposición final, para el año 2010, fue de 40 Gg.

5.2 Tratamiento biológico de los desechos sólidos

5.2.1 Compostaje

Aunque el compostaje tiene un gran potencial debido a la elevada presencia de material orgánico en la composición de los residuos domiciliarios (entre ellos los residuos de mercados, supermercados y ciertos residuos industriales), en el país no existe ninguna planta de tamaño mediano o grande de este tipo.

Las experiencias actuales respecto al compostaje de la parte orgánica de los residuos domiciliarios, se presentan a nivel de proyectos piloto. Ejemplo de este tipo de proyectos son los desarrollados en la Universidad EARTH en Guápiles y también la experiencia desarrollada por la municipalidad de Jiménez. En Jiménez, además de realizar recolección separada de inorgánico y otros residuos, también se realiza compostaje de material orgánico (10-12 toneladas semanales) mediante el uso de microorganismos eficientes con el que generan lombricompost. Otras municipalidades que han desarrollado actividades de compostaje son las de Santo Domingo y Juan Viñas.

No hay información sobre datos de producción de compostaje de residuos orgánicos domésticos para el año 2010.

5.3 Incineración e incineración abierta de desechos

El Ministerio de Salud no cuenta con un listado de incineradores industriales en el país, sin embargo, posee de forma no oficial un listado de tres incineradores en funcionamiento. Según información ofrecida por los encargados de estos incineradores, los mismos entraron a

operar a partir del 2011, con excepción de uno que inicio operaciones en el año 2006.

El único incinerador en operación para el 2010, señala un consumo de 2.200 kg de desechos incinerados por año, de tipo orgánico, por lo que puede clasificarse como desechos de alimentos.

Asumiendo, que el comportamiento de estos residuos es similar a los residuos domiciliarios, de tipo desechos alimentos, no se generan emisiones de CO₂, en estos residuos.

5.3.1 Quema abierta de desechos

Los desechos sólidos municipales incinerados corresponden a 166.357,02 ton/año, de acuerdo a la estimación realizada en la sección 5.1.

Al calcular las emisiones de GEI, por la quema de estos desechos para el año 2010, se obtiene:

Emisiones de CO₂ = 80,22 Gg

Emisiones de CH₄ = 1,09 Gg

Emisiones de N₂O = 0,013 Gg

5.4 Tratamiento y eliminación de aguas residuales

El factor determinante en la generación de metano de aguas residuales, es la cantidad de materia orgánica degradable que posean las mismas y el sistema empleado en su manejo. 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 que aquellos con temperaturas inferiores dificultan los procesos de fermentación, con lo que a su vez disminuye la producción de metano.

El grado de tratamiento de las aguas residuales es variable dentro del país. Muchas industrias descargan sus aguas residuales directamente a cuerpos de agua naturales, algunas de ellas poseen sistemas de tratamiento y otras no lo tienen. En materia de aguas residuales domésticas, el caso es similar, algunos domicilios, residenciales y similares colectan las aguas sanitarias por medio del alcantarillado sanitario, mientras otras descargan directamente a cuerpos de agua. El hecho de descargar las aguas residuales domésticas al alcantarillado no implica que se les efectúe un adecuado tratamiento, pues en la mayoría de los casos esta agua se descarga directamente a cuerpos de agua, sin tratamiento alguno.

La información requerida para el cálculo de las emisiones por este método se recopiló de los siguientes entes:

- Dirección General de Aguas. Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)
- Dirección de Protección al Ambiente Humano. Ministerio de Salud (MINSALUD)
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)
- Sedes Regionales del Ministerio de Salud
- Instituto del Café
- Empresas privadas
- Liga de la Caña

5.4.1 Aguas residuales domésticas en Costa Rica

En Costa Rica, la cobertura de saneamiento cubre un 99,4% de la población, siendo los servicios de alcantarillado sanitario con una cobertura de 25,56%, el de tanques sépticos un 70,54% y el de fosas sépticas y letrinas 2,28%, los de mayor alcance. Entretanto, sólo el 0,39% no posee cobertura alguna y se desconoce el método utilizado por un 0,23% de la población (INEC, Encuesta Nacional de Hogares, 2010).

Los servicios de alcantarillado están a cargo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Municipalidad de Alajuela, la Municipalidad de Cartago, Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC), Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS), el Ministerio de Salud Pública (MSP) y en un menor grado de operadores privados (Ruiz, 2012).

A pesar de que existe una cobertura del 70,54% con tanque séptico, esto no implica que la totalidad de las aguas se dirijan a estos, o que los mismos estén bien diseñados, o inclusive que existan una supervisión sobre su construcción, operación y mantenimiento. En la mayoría de los casos únicamente disponen en ellos las aguas negras, mientras que las aguas provenientes de ducha, lavamanos, lavado de ropa y cocina son conducidas al alcantarillado pluvial, el cual descarga en cuerpos de agua (ríos, quebradas, etc.) (Ruiz, 2012).

Asimismo, tan solo un 2,4% de la población posee acceso a un alcantarillado sanitario seguido de un sistema de tratamiento de aguas residuales en operación. De los STARS de aguas residuales domésticas, administrados por el AyA un 50% poseen lagunas anaeróbicas o facultativas y un 20% posee algún tipo de reactor anaeróbico; el restante 30% son sistemas aeróbicos. En el [cuadro 5.7](#) se detallan la disposición de las aguas residuales domésticas de Costa Rica.

Cuadro 5.7
Disposición de las aguas residuales domésticas en Costa Rica. Año 2010

Tipo de tratamiento	%
Alcantarillado sanitario (AS)	25,56
AS seguido de reactor anaeróbico	0,40
AS seguido de lagunas anaeróbicas	1,20
AS seguido de sistema aeróbico	0,80
Tanque séptico	70,54
Salida a río	0,90
Letrina	3,00

En la mayoría de los casos, la construcción de condominios se realiza en terrenos que no reúnen las características de infiltración necesarias, lo cual no permite un funcionamiento óptimo del sistema de drenaje que recibe los líquidos efluentes del tanque séptico, sin embargo, en el caso de los condominios, la información existente es insuficiente.

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

En caso de no contar con información de las características de las fuentes de aguas residuales, se puede aplicar el “método de examen” para la determinación de las emisiones de metano debidas a las aguas residuales domésticas.

Los valores de [FCM](#) definen la porción de metano producida según el sistema de manejo o tratamiento de las aguas residuales domésticas. Sus valores varían de 0,0 en sistemas completamente aeróbicos, a valores asignados al FCM según el tipo de sistema de manejo o tratamiento de aguas residuales domésticas analizado. Dichos valores se establecieron mediante consulta con diversos expertos del sector de educación superior ([cuadro 5.8](#)).

Con base en la población y los parámetros determinados, se logró obtener el metano producido proveniente de aguas residuales domésticas.

Emisiones de Metano = 15,88 Gg CH₄

Para el cálculo de la emisión de N₂O en las aguas residuales domésticas, proveniente de la degradación de la proteína consumida; se estimó que la proteína consumida per cápita anual, a nivel nacional es de 22,63 kg/p.a. Además de esta proteína, la cantidad de nitrógeno presente es de 0,16 kg N/kg proteína.

El IPCC establece como factor de proteínas no consumidas 1.1, y un factor de proteínas

Cuadro 5.8
Factores de emisión de metano para los distintos tratamientos o disposiciones de tratamiento de aguas residuales domesticas

Tipos tratamiento	Gases	MCF
No tratada		
Río y lagos, pobres en oxidación	CH ₄ /N ₂ O	0,1
Alcantarilla cerrada	---	
Alcantarilla abierta(*)	CH ₄	
Tratada		
Aeróbica	poco CH ₄ /N ₂ O	0
Anaeróbica	CH ₄	
- reactor	CH ₄	0,8
- laguna poco profunda	CH ₄	0,2
- laguna profunda	CH ₄	0,8
No recolectada		
Pozo séptico	CH ₄	0,5
Letrina	CH ₄	0,7

industriales y comerciales co-eliminadas en el sistema de alcantarillado 1.25. Con estos datos se determinó que la emisión de N₂O fue 0,18 Gg N₂O en el 2010.

5.4.2 Aguas residuales industriales

Toda actividad productiva, que genere aguas residuales debe cumplir con el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. 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.

La información base consiste en las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales existentes en el año 2010, así como también los caudales y los principales parámetros físico químicos (principalmente DBO y DQO) presentes en las aguas residuales. Las diversas instituciones anteriormente señaladas, poseen algún tipo de información segregada, no existe un instituto o organización que cuente con dicha información de manera centralizada.

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. En dichos sistemas, los gases generados (biogás) se recuperan y emplean en diferentes usos (calentamiento, cocina, generación eléctrica, iluminación, etc.). Estos sistemas se encuentran diseminados en todo el país con diferentes experiencias, las cuales han demostrado su factibilidad de empleo y aprovechamiento del biogás generado. Sin embargo, no se ha podido cuantificar la recuperación del biogás producido ni el porcentaje de aprovechamiento del mismo.

Para poder realizar el estimado de la producción de metano aportado por aguas residuales industriales, se contemplan las industrias que poseen sistemas de tratamiento de aguas residuales con alguna unidad anaeróbica.

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.

Para el cálculo de las emisiones de metano, se consideraron las actividades productivas que poseen alguna etapa anaeróbica en su sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR); se estableció un factor anaeróbico para cada empresa o actividad productiva incluida en la base de datos y la carga contaminante en términos de DQO.

Se asume en forma general, que las actividades industriales emiten aguas residuales en promedio durante 11 meses al año, 4,33 semanas al mes y 5 días a la semana. La excepción a esta suposición son los beneficios de café, pues para ellos se estima que la generación de aguas residuales se realiza por 4 meses al año, durante 24 horas.

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, se consideraron los siguientes sectores:

- Beneficios de café
- Ingenios Azucareros
- Mataderos
- Producción de Almidón
- Producción de aceite vegetal
- Frutas y Vegetales

Las empresas manufactureras de papel, empresas productoras de cerveza y la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), emplean sistemas totalmente aeróbicos para tratar sus aguas residuales y no se generan vinazas ni aguas residuales asociadas en la producción de alcohol, pues este lo producen algunos ingenios azucareros.

Además, en el país no se producen hules, ni químicos orgánicos, en 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 de efecto de invernadero, por lo que no se consideran en este apartado.

Existe muy poca información sobre los sectores de producción de almidón y procesamiento de frutas y vegetales, por lo que estos sectores no se analizarán en el presente inventario, pero se estudiarán en inventarios posteriores, principalmente el sector de producción de aceite vegetal pues sus aguas residuales por lo general son tratadas de manera anaeróbica.

Se consideró un valor de B_0 de 0,25 Kg. Metano / Kg. DQO y un factor de corrección del metano (MFC) establecido por defecto para Latinoamérica por el IPCC de un 90%. Por último, la fracción de agua residual tratada se estima en un 20% para Latinoamérica (cuadro 6.8 IPCC).

Con estos valores se realiza el estimado del DQO que se transforma en metano, tanto por

sector generador de agua residual industrial como también general, como se muestra en el cuadro 5.9.

Cuadro 5.9

Estimación de la carga DBO que se transforma en metano (kg de DBO/año 2010)

Sector	Carga DBO que se transforma en Metano (kg DBO)
Bobinos sacrificados	867.695
Porcinos sacrificados	823.459
Aves sacrificadas	625.006
Beneficiado de café	3.938.638
Ingenios azucareros	39.663
Aceite	78.553
Carga total de DBO	6.373.014

Entonces, la cantidad de metano generada por las aguas residuales industriales equivale a:

$$\text{Emisiones} = 6.373.014 * 0,25 = 1.593.253,5 \text{ kg CH}_4/\text{año} = 1,59 \text{ Gg CH}_4/\text{año}$$

Se escogió este método de determinación de las emisiones de metano debidas a aguas residuales industriales, ya que emplean datos sectoriales completos y no datos individuales de actividades productivas. Esto conlleva a obtener resultados más confiables.

Finalmente y asumiendo que la fracción de agua residual tratada se estima en un 20% para Latinoamérica, entonces se puede estimar que las emisiones de metano por aguas residuales industriales serán:

$$\text{Emisiones} = (1,59 \text{ Gg CH}_4/\text{año})/0,8 = 1,99 \text{ Gg CH}_4/\text{año}$$

Al sumar el aporte debido a las aguas residuales domésticas con el aporte de las aguas residuales industriales, la cantidad de metano producida es:

$$1,99 \text{ Gg CH}_4 + 15,88 \text{ Gg CH}_4 = 17,87 \text{ Gg CH}_4 / \text{año}$$

Este valor no contempla el aporte de los lodos, aguas residuales industriales que no se encuentren canalizadas a sistemas de

tratamiento, aguas residuales que descargan en el alcantarillado sanitario, ni tampoco contempla a la recuperación debida al empleo de biodigestores.

5.5 Emisiones totales del sector

En el [cuadro 5.10](#) se presentan las emisiones totales del sector Desechos.

Cuadro 5.10
Emisiones totales del sector
desechos en el año 2010

G.E.I (Gg/año)	Sector Desechos sólidos	Sector Aguas Residuales	GRAN TOTAL
CH ₄	41,09	17,87	58,96
N ₂ O	0,013	0,18	0,193
CO ₂	80,22	NO	80,22



6

Resultados totales

6.1 Emisiones totales por gas

Las emisiones totales de gases de efecto invernadero se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 6.1
Emisión total de gases de efecto invernadero Año 2010

Sector	Emisión total (Gg)								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC*	SF ₆	CO	NO _x	NMVOC	SO ₂
Energía	6.815,77	5,794	0,464	NA	NA	351,64	53,4	67,95	4,15
Procesos industriales y uso de productos	621,53	--	--	0,109	0,000073	0	0		0,45
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	-3.594,76	114,63	2,304	NA	NA	53,69	1,48	0	0
Desechos	80,22	58,96	0,193	NA	NA			0	0
Total por gas	3.922,76	179,38	2,961	0,109	0,000073	405,33	54,88	85,44	4,6

*Corresponde a R-32, R-125, R-134^a, R-143^a y R152a

6.2 Emisión total expresada en CO₂ 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 CO₂ equivalente. Los resultados se determinaron

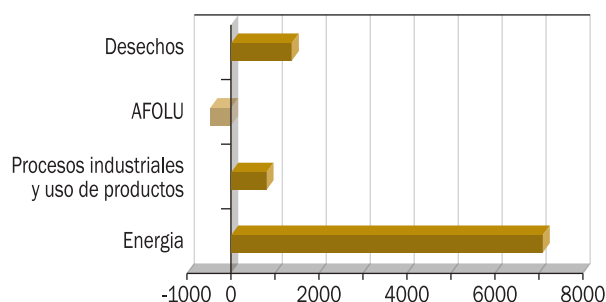


Figura 6.1. Distribución de la emisión de gases con efecto invernadero expresadas como CO₂ equivalente para el 2010

para un horizonte de 100 años, con valores equivalentes de CO₂ para metano de 21, para óxido nitroso de 310, para R-32 R-134a de 1.300, y para R-404a de 3.260, anotados en el cuadro 6.2 y la figura 6.1.

Cuadro 6.2
Emisión de gases con efecto invernadero como CO₂ equivalente para el 2010

Fuente de emisión	Emisiones expresadas en CO ₂ equivalente (Gg)
Energía	7.081,20
Procesos industriales y uso de productos	802,72
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	-473,29
Desechos	1.378,21
Total	8.788,84

6.3 Indicadores relacionados

Con el fin de realizar consideraciones en el contexto internacional, se presentan algunos indicadores útiles asociados a las emisiones de gases de efecto invernadero ([cuadro 6.3](#)).

Cuadro 6.3
Indicadores para el 2010

Indicador	2010
Toneladas de CO ₂ equivalente por habitante	1,93
Toneladas de CO ₂ equivalente por km ²	172,0
Toneladas de CO ₂ equivalente por millón de dólares*	242,1

* PIB nominal

Bibliografía

- Agencia Europea del Medio Ambiente. (2013). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013: *Technical guidance to prepare national emission inventories*. Ciudad de Luxemburgo, Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Recuperado de <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>.
- Aguilar, H. (2011). *Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques tropicales en la península de Osa, Costa Rica*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Araya, D. (2000). *Pequeñas plantas de tratamiento y estaciones de bombeo de aguas residuales. Área Metropolitana*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.
- Barrantes, A., Paniagua, R. y Salazar, G. (2011). *Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2010*. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica.
- Bermúdez, LA. y Chaves, MA. (2011). *Resultado Agroindustrial de la Zafra 2010-2011*. Liga Agrícola Industrial de la Caña.
- Bogantes, A. (2010). *Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de palmito de pejibaye Bactris gasipaes* H.B.K. INTA-MAC, San José, Costa Rica.
- Chacón, AR.; Montenegro, J. y Sasa, J. (2009). *Inventario Nacional de gases con efecto invernadero y absorción de carbono en Costa Rica en el 2000 y 2005*. MINAET-IMN. San José, Costa Rica.
- Dirección Sectorial de Energía. (2005). *Encuesta de consumo energético nacional en el sector transporte de Costa Rica año 2004*. San José, Costa Rica.
- Dirección Sectorial de Energía. (2012). *Balance Energético Nacional de Costa Rica 2011*. San José, Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía. DSE. Costa Rica.
- FAO. (2010). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010*. Informe Nacional Costa Rica. Departamento de Recursos Forestales. Roma.
- Fonseca, W.; Alice, F. y Rey, JM. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Revista Bosque*. 30 (1).
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Manual de Referencia*. (Vol.3). Londres, Reino Unido: IPCC.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. (Vol.2). Kanagawa, Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. (Vol.3). Kanagawa, Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales.

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Manual de Referencia*. (Vol.4) 1-2. IGES, Japón.
- Instituto del Café de Costa Rica. (2010). *Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2014). *Mapa de uso de la tierra de Costa Rica para el año 2010*. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2012). *Memoria Anual 2011-2012*. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2003). *Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples., Módulo Vivienda (2000-2004)*. San José, Costa Rica.
- IPCC (s.f). *Orientación del IPCC sobre buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*.
- Janssen, J. (2012). *Estimación del Potencial de Mitigación en el Ámbito de GIR en Costa Rica*. MIDEPLAN, MINAET, CICR, IFAM, GIZ.
- Madrigal, J. y Fallas, M. (2013). *Informe de encuesta ganadera 2012*. CORFOGA. Costa Rica. 72 p.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2010). *Propuesta para la preparación de Readiness R-PP Costa Rica. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. 560 p.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2011). *Estudio de la Producción Sostenible y Propuesta de Mecanismos permanentes para el fomento de la producción sostenible*. Consultoría SPO-12-2009. Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00186.pdf>.
- Montero, J. (2011). *Propuesta de factores para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero del sistema eléctrico nacional y su aplicación a un inventario del año 2010*. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica.
- Obando, V. (2013). *Fondo de Biodiversidad Sostenible: invirtiendo hoy para un mejor futuro*. Heredia, Costa Rica.
- Programa de Competitividad y Medio Ambiente. (2008). *Plan de Residuos Sólidos Costa Rica (PRESOL)*. Plan de Acción. San José, Costa Rica: CYMA.
- PROCOMER. (2012). *Estadísticas de Comercio Exterior Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Quesada, G. (2000). *Tecnología de la palma aceitera*. MAG. Costa Rica.
- Ramos, P.; Porras, S.; Alpízar, G.; Aguilar, B.; Quirós, R. y Valverde, Y. (2011). *Manual de Productos*. RECOPE.
- Refinadora Costarricense de Petróleo. (2014). *Ventas Anuales por Productos del 2003 al 2013*. San José, Costa Rica: Departamento de Servicio al Cliente. Recuperado de <https://www.recope.go.cr/productos/ventas/>.
- Rosales, R. (2011). Situación del búfalo de agua en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. 24 (5):19-24.
- Ruiz, F. (2012). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en Costa Rica*. FOCARS-APS. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE. SICA. AyA.
- Sasa, J. y Alfaro, C. (2006). *Inventario de emisiones de metano en sitios de disposición final de residuos sólidos para el año 2000*. IMN. San José, Costa Rica.
- SEPSA. (2012). *Boletín estadístico agropecuario*. No. 22. San José, Costa Rica. 186 p.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2010). *Reporte Estadístico Forestal 2010*. Sistema de Información de Recursos Forestales. San José, Costa Rica.

- Tinoco, R. y Acuña, A. 2008. *Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de arroz*. INTA. Costa R. 78 p.
- Ulate, C. (2011). *Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Valerio, LG. (2011). *Ingeniería Básica Ambiental para el Diseño de Mejoras del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Refinería de RECOPE S.A en Moín-Limón*. Proyecto final de graduación para el Grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. ITCR, Costa Rica.
- Vega, E. (2014). *Desarrollo de un modelo de montos diferenciados de PSA considerando el costo de oportunidad asociado al uso de la tierra*. FONAFIFO. San José, Costa Rica. Recuperado de http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias_investigaciones/inf_MontosDiferenciadosPSA.pdf
- Villegas, G. (2009). *Encuesta del recorrido medio anual de los vehículos en circulación en Costa Rica*. Comisión Económica de América Latina – Dirección Sectorial de Energía.



Anexos

Anexo 1. Reporte del inventario

Año del inventario	2010
Nombre del contacto	Ana Rita Chacón Araya
País	Costa Rica
Organización	Instituto Meteorológico Nacional Ministerio de Ambiente y Energía
Domicilio	San José, Costa Rica
Teléfono	(506) 2222 5616
Fax	(506) 2223 1837
Correo electrónico	archacon@imn.ac.cr

Cuadro A. Resumen (1 de 6)

Categorías	CO ₂ neto	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
	(Gg)	(Gg)	(Gg)	Equivalente de CO ₂ (Gg)			(Gg)			
Total de emisiones y absorciones nacionales	3.922,76	179,52	2,961	179,45	0	1,74	54,88	405,33	85,44	4,6
1 ENERGÍA	6.815,77	5,794	0,464				53,4	351,64	67,95	4,15
1A Actividades de quema de combustible	6.638,09	5,791	0,464				53,4	351,64	67,95	4,15
1A1 Industrias de la energía	606,28	0,06	0,01				0,71	0,24	0,017	0,89
1A2 Industrias manufactureras y de construcción	1.075,78	0,610	0,083				6,37	13,67	6,05	3,01
1A3 Transporte	4.582,62	1,188	0,317				44,34	285,07	53,77	NE
1A4 Otros sectores	373,41	3,932	0,054				1,98	52,66	8,11	0,246
1A5 No especificado	NA	NA	NA							
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	177,69	0,003	NO				NO	NO		
1B1 Combustibles sólidos	NO	NO	NO							
1B2 Petróleo y gas natural	NO	0,003	NO				NO	NO		NO
1B3 Otras emisiones provenientes de la producción de energía	177,69	NO	NO				NO	NO	NO	NO
1C Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono	NO						NO	NO	NO	NO
1C1 Transporte de CO ₂	NO						NO	NO	NO	NO
1C2 Inyección y almacenamiento	NO						NO	NO	NO	NO

Cuadro A. Resumen (2 de 6)

Categorías	CO ₂ neto	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
	(Gg)			Equivalente de CO ₂ (Gg)					(Gg)	
2 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	621,53	NA	NA	179,45	0	1,74				0,45
2A Industria de los minerales	621,53	NA								
2A1 Producción de cemento	592,35	NA								0,45
2A2 Producción de cal	3,75	NA								
2A3 Producción de vidrio	25,43	NA								
2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos: cerámicas	NE	NA								
2A5 Otros (sírvese especificar)	NA	NA	NA							
2B Industria química	NO	NO	NO							
2B1 Producción de amoníaco	NO	NO	NO							
2B2 Producción de ácido nítrico	NO	NO	NO							
2B3 Producción de ácido adípico	NO	NO	NO							
2B4 Producción de caprolactama, glyoxal y ácido glyoxílico	NO	NO	NO							
2B5 Producción de carburo	NO	NO	NO							
2B6 Producción de dióxido de titanio	NO	NO	NO							
2B7 Producción de ceniza de sosa	NO	NO	NO							
2B8 Producción petroquímica y de negro de humo	NO	NO	NO							
2B9 Producción fluoroquímica										
2B10 Otros (sírvese especificar)	NO									

Cuadro A. Resumen (3 de 6)

Categorías	CO ₂ neto	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
	(Gg)			Equivalente de CO ₂ (Gg)					(Gg)	
2C Industria de los metales	NO	NO	NO				NO	NO		NO
2C1 Producción de hierro y acero	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2C2 Producción de ferroaleaciones	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2C3 Producción de aluminio	NO	NO			NO		NO	NO	NO	NO
2C4 Producción de magnesio	NO			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2C5 Producción de plomo	NO						NO	NO	NO	NO
2C6 Producción de zinc	NO						NO	NO	NO	NO
2C7 Otros (sírvese especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	NE	NO	NO				NO	NO	13,55	NO
2D1 Uso de lubricante	NE						NO	NO	NO	NO
2D2 Uso de la cera de parafina	NE						NO	NO	NO	NO
2D3 Uso de solvente							NO	NO	NO	NO
2D4 Otros (Usos de asfalto)	NO	NO	NO				NO	NO	13,55	NO

Continuación Cuadro A. Resumen (3 de 6)

Categorías	CO ₂ neto (Gg)	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NMVOC (Gg)	SO ₂
	Equivalente de CO ₂ (Gg)									
2E Industria electrónica										
2E1 Circuito integrado o semiconductor	NE						NO	NO	NO	NO
2E2 Pantalla plana tipo TFT							NO	NO	NO	NO
2E3 Productos fotovoltaicos							NO	NO	NO	NO
2E4 Fluido de transporte y transferencia térmica							NO	NO	NO	NO
2E5 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Cuadro A. Resumen (4 de 6)

Categorías	CO ₂ neto (Gg)	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NMVOC (Gg)	SO ₂
	Equivalente de CO ₂ (Gg)									
2F Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono				179,45	0		NO	NO	NO	NO
2F1 Refrigeración y aire acondicionado	NA			163,77	NO		NO	NO	NO	NO
2F2 Agentes espumantes	NA			11,03	NO		NO	NO	NO	NO
2F3 Productos contra incendios	NA			3,03	NO		NO	NO	NO	NO
2F4 Aerosoles				1,62	NO		NO	NO	NO	NO
2F5 Solventes				0	NO		NO	NO	NO	NO
2F6 Otras aplicaciones							NO	NO	NO	NO
2G Manufactura y utilización de otros productos										
2G1 Equipos eléctricos					NO	1,74	NO	NO	NO	NO
2G2 SF ₆ y PFC del uso de otros productos					NO	NO	NO	NO	NO	NO
2G3 N ₂ O del uso de productos			NE				NO	NO	NO	NO
2G4 Otros (sírvase especificar)	NO	NO		NO			NO	NO	NO	NO
2H Otros (sírvase especificar)										
2H1 Industria de la pulpa y del papel	NA	NA					NO	NO	NO	NO
2H2 Industria de la alimentación y la bebida	NA	NA					NO	NO	3,94	NO
2H3 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO

Cuadro A. Resumen (5 de 6)

Categorías	CO ₂ neto (Gg)	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NMVOC (Gg)	SO ₂
				Equivalente de CO ₂ (Gg)						
3 AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	-3.594,76	114,69	2,22							
3A Ganado		96,245								
3A1 Fermentación entérica		94,27								
3A2 Gestión del estiércol		1,975	0,234							
3B Tierra	-3.594,76	5,54								
3B1 Tierras forestales	-5.255,18									
3B2 Tierras de cultivo	772,74									
3B3 Pastizales	887,68									
3B4 Humedales	NO	5,54								
3B5 Asentamientos	IE									
3B6 Otras tierras	NO									
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra		12,90	1,984				1,48	53,69	NE	NO
3C1 Quemado de biomasa	IE	1,774	0,04				1,48	53,69	NE	NO
3C2 Encalado	IE									
3C3 Aplicación de urea	IE									
3C4 Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados			1,944							
3C5 Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados			IE							
3C6 Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol			IE							
3C7 Cultivo del arroz		11,13	NO							
3C8 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							
3D Otros										
3D1 Productos de madera recolectada	NE									
3D2 Otros (sírvase especificar)	NO									

Cuadro A. Resumen (6 de 6)

Categorías	CO ₂ neto (Gg)	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NMVOC (Gg)	SO ₂
				Equivalente de CO ₂ (Gg)						
4 DESECHOS	80,22	58,96	0,193							
4A Eliminación de desechos sólidos		40								
4B Tratamiento biológico de los desechos sólidos		NE	NE							
4C Incineración e incineración abierta de desechos	80,22	1,09	0,013							

Anexo 2. GLOSARIO

AFOLU: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, por sus siglas en inglés.

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.

CaCO₃: Carbonato de calcio.

CaO: óxido de calcio.

Ca(OH)₂: 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.

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.

CH₄: Metano.

CO₂: Dióxido de carbono.

Combustibles a 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.

DBO₅: 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 Área Metropolitana.

GEF: siglas en inglés de Fondo Global del Ambiente.

Gg: unidad de medida de masa, significa gigagramos y es equivalente a 1 E 9 gramos o 1000 toneladas.

hl: hectolitro.

HFC: Hidrofluorocarbono.

HNO₃: 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 refinación y de las plantas de estabilización del petróleo crudo. Son principalmente propano y butano o una mezcla de estos dos hidrocarburos.

FCM: Factor de corrección de metano, se refiere a la fracción de materia orgánica que se degrada anaeróbicamente según el tipo de tratamiento. MCF por sus siglas en inglés.

MI: megalitros, un millón de litros.

NH₃: amoníaco.

NH₄⁺: amonio.

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

N₂O: óxido nitroso.

NO_x: Óxidos 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.

SO₂: dióxido de azufre.

Tasas de emisiones de otros gases: Las tasas de los compuestos de carbono son la masa de carbono liberada como CH₄ 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 N₂O y NO_x en relación con el contenido de nitrógeno del combustible (en unidades de N)

TJ: unidad de energía, significa terajulios.

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

www.imn.ac.cr | imn@imn.ac.cr
<http://cglobal.imn.ac.cr>

Tel. +506 2222-5616
Apartado postal: 5563-1000
San José, Costa Rica



*Al servicio
de las personas
y las naciones*