Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono

2012

minae

Instituto Meteorológico Nacional
Fundado en 1888

gef

PNUD
Al servicio de las personas y las naciones

Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono

2012

minae

imn
Instituto Meteorológico Nacional
Fundado en 1888

gef

PNUD
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, 2012 / Ana Rita Chacón Araya, Gladys Jiménez Valverde, Jhonny Montenegro Ballestero, Jihad Sasa Marín y Kendall Blanco Salas. -- San José, Costa Rica : MINAE, IMN, GEF, PNUD, 2012.
68 p., il. : col. ; 28 cm.

ISBN: 978-9977-50-125-3

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

1. Gases de Efecto Invernadero. 2. Costa Rica 3. Energia. 4. Mitigacion. 5. Procesos industriales 6. Agricultura 7. Silvicultura 8. Manejo de desechos. I. Chacón Araya, Ana Rita II. Jimenez Valverde, Gladys III. Montenegro Ballestero, Jhonny IV. Sasa Marín, Jihad V. Blanco Salas, Kendall VI. 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 2015: Inventario Nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2012. Primera Edición.

ISBN: 978-9977-50-125-3

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 ..... *Agradecimiento*

11 ..... *Resumen Ejecutivo*

15 ..... 1. INTRODUCCIÓN

1.1 METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO 15
1.2 CONTROL DE CALIDAD/GARANTÍA DE LA CALIDAD 17
1.3 ARCHIVO 17
1.4 EXHAUSTIVIDAD 17
1.5 INCERTIDUMBRES 17
1.6 ARREGLOS INSTITUCIONALES 18
1.7 CATEGORÍAS DE FUENTES CLAVE 18
1.7.1 Evaluación de nivel 19
1.7.2 Evaluación de tendencias 20

21 ..... 2. ENERGÍA

2.1 ACTIVIDADES DE COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES 21
2.1.1 Industrias de la energía 22
2.1.1.1 Generación de electricidad 22
2.1.1.2 Refinación de petróleo 22
2.1.1.3 Producción de carbón vegetal 22
2.1.2 Industria de manufactura y construcción 22
2.1.3 Sector transporte 23
2.1.4 Otros sectores 24
2.1.4.1 Sector residencial 24
2.1.4.2 Sector comercial, institucional y servicios 24
2.1.4.3 Sector agropecuario 24
2.2 EMISIONES FUGITIVAS PROVENIENTES DE LA EXTRACCIÓN Y MANIPULACIÓN DE COMBUSTIBLES Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA 24
2.2.1 Emisiones fugitivas procedentes de los sistemas de petróleo 24
2.2.2 Producción de energía geotérmica 25

Pág. . . . . .Capítulo Pág. subtítulo

2.3 EMISIONES DE COMBUSTIBLES A DEPÓSITO INTERNACIONAL 25
2.4 EMISIONES DE CO_2 POR USO DE COMBUSTIBLES BIOMÁSICOS 25
2.5 COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE REFERENCIA CON EL MÉTODO SECTORIAL 25
2.6 EMISIÓN TOTAL DEL SECTOR ENERGÉTICO 26

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 28
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 33
4.2 TIERRAS FORESTALES 33
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 de bosques 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 35
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
4.5.2 Tierras inundadas 36
4.5.2.1 Emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas 36

Pág. . . . . .Capítulo Pág. subtítulo

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 39
4.8.6 Productos de madera 39
4.9 EMISIÓN TOTAL 39

41 ..... 5. MANEJO DE RESIDUOS
5.1 ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS 41
5.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS 43
Compostaje 43
5.3 INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE RESIDUOS 43
Quema abierta de residuos 43
5.4 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES 44
5.4.1 Aguas residuales domésticas en Costa Rica. 44
5.4.2 Aguas residuales industriales 46
5.5 EMISIONES TOTALES DEL SECTOR 47

49 ..... 6. RESULTADOS TOTALES
6.1 EMISIONES TOTALES POR GAS 49
6.2 EMISIÓN TOTAL EXPRESADA EN CO_2 EQUIVALENTE 49
6.3 INCERTIDUMBRE 50
6.4 INDICADORES RELACIONADOS 50
6.5 COMPARACIÓN DE INVENTARIOS DE EMISIONES DE GEI 51

53 ..... 7. BIBLIOGRAFÍA

57 ..... ANEXOS
ANEXO A. REPORTE DEL INVENTARIO 57
ANEXO B. GLOSARIO 65

Índice de cuadros

Cuadro		Pág.
Cuadro 1	Emisiones de CO_2e en el Sector Energía	12
Cuadro 2	Emisiones de CO_2e en el Sector Procesos Industriales y Uso de Productos	12
Cuadro 3	Emisiones de CO_2e en el Sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra	12
Cuadro 4	Emisiones de CO_2e en el Sector Residuos	13
Cuadro 1.1	Niveles metodológicos utilizados en el inventario 2012	16
Cuadro 1.2	Análisis de incertidumbre del inventario 2012	18
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	20
Cuadro 2.1	Emisión de gases en las Industrias de la Energía-2012	22
Cuadro 2.2	Emisión de gases en la Industria de Manufactura y Construcción-2012	23
Cuadro 2.3	Emisión de gases en otros sectores durante el 2012	24
Cuadro 2.4	Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al Transporte internacional-2012	25
Cuadro 2.5	Comparación entre métodos de cálculo de CO_2 en el Sector Energía	26
Cuadro 2.6	Emisión de gases por sector para el 2012	26
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 gas en el 2012	28
Cuadro 3.5	Emisión total por proceso industrial en el 2012	29
Cuadro 4.1	Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino durante el 2012	32
Cuadro 4.2	Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos durante el 2012	32
Cuadro 4.3	Emisión de metano por manejo del estiércol de ganado bovino durante el 2012	33
Cuadro 4.4	Emisiones de metano y óxido nitroso por manejo del estiércol de otros animales domésticos durante el 2012	33
Cuadro 4.5	Absorción de CO_2 por las plantaciones forestales en el 2012	34

Cuadro		Pág.
Cuadro 4.6	Absorción de dióxido de carbono por la regeneración natural durante el 2012	34
Cuadro 4.7	Emisión de CO_2 por la conversión de bosques a tierras de cultivo	35
Cuadro 4.8	Emisión de CO_2 por la conversión de bosques a pastizales en Costa Rica en el 2012	35
Cuadro 4.9	Emisión de gases por quema de biomasa en bosques en el 2012	37
Cuadro 4.10	Emisión de gases por quema en el campo de residuos agrícolas en el 2012	37
Cuadro 4.11	Liberación de gases por quema de pasturas durante el 2012	37
Cuadro 4.12	Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos durante el 2012	38
Cuadro 4.13	Emisión de óxido nitroso del suelo cubierto con diferentes tipos de pasto durante el 2012	38
Cuadro 4.14	Emisión de metano en la producción de arroz anegado durante el 2012	39
Cuadro 4.15	Absorción de carbono y emisión de gases con efecto invernadero en el sector AFOLU durante el 2012	39
Cuadro 5.1	Residuos que han ingresado en los rellenos sanitarios en el año 2012	42
Cuadro 5.2	Segregación de residuos sólidos municipales	42
Cuadro 5.3	Factores de corrección de metano para cada sitio de disposición final de residuos sólidos	43
Cuadro 5.4	Emisiones de gases por tratamiento biológico de residuos	43
Cuadro 5.5	Emisiones de gases por incineración abierta de residuos	44
Cuadro 5.6	Disposición de las aguas residuales domésticas en Costa Rica. Año 2012	45
Cuadro 5.7	Factores de emisión de metano para los distintos tratamientos o disposiciones de tratamiento de aguas residuales domésticas	45
Cuadro 5.8	Emisiones totales del sector residuos en el año 2012	47
Cuadro 6.1	Emisión total de gases de efecto invernadero Año 2012	49
Cuadro 6.2	Emisión de gases con efecto invernadero como CO_2 equivalente para el 2012	49
Cuadro 6.3	Análisis de incertidumbre del inventario 2012	50
Cuadro 6.4	Indicadores para el 2012	50
Cuadro 6.5	Emisión de gases con efecto invernadero como CO_2 equivalente para los años 2005, 2010 y 2012	51

Índice de figuras

Figura		Pág.
Figura 1.1.	Estructura de los arreglos institucionales para elaboración del inventario.	18
Figura 2.1.	Emisión de GEI expresadas como CO_2e en el Sector Transporte- 2012.	23
Figura 2.2.	Emisiones del Sector Energético-2012.	26
Figura 6.1.	Distribución de la emisión de gases con efecto invernadero expresadas como CO_2 equivalente para el 2012.	50
Figura 6.2.	Emisiones de gases de efecto invernadero expresadas como CO_2e para los años 2005, 2010 y 2012.	51

Agradecimiento

El Instituto Meteorológico Nacional del Ministerio de Ambiente y Energía, como institución responsable de la preparación del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) al año 2012, manifiesta un enorme agradecimiento a las organizaciones, instituciones y empresas que proporcionaron datos, infraestructura y equipo técnico en la elaboración y revisión de este documento.

Colaboraron para la elaboración del mismo, la Dirección Sectorial de Energía (DSE), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Ministerio de Salud, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Refinadora Costarricense de Petróleo, Dirección para la Gestión de la Calidad del Aire, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, empresa privada, academia, organizaciones no gubernamentales, así como consultores privados.

Además, un gran reconocimiento a la colaboración financiera para el desarrollo del inventario, por parte del Fondo Mundial del Ambiente (GEF), por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, dentro del proyecto Costa Rica: Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

A todos muchas gracias.

Resumen Ejecutivo

El desarrollo del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (INGEI) por fuentes y absorción de carbono por sumideros en el año 2012, se realiza conforme a lo establecido en los artículos 4 y 12 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y a las Directrices sobre Comunicaciones Nacionales de las Partes no-Anexo I de la CMNUCC, adoptadas en la decisión 17/CP.8, que señalan que las Partes no-Anexo I deben incluir información en el inventario nacional de las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción antropogénica por los sumideros, de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, en la medida que lo permitan sus posibilidades, preparado utilizando las metodologías comparables que promueva y apruebe la Conferencia de las Partes.

La metodología utilizada fueron las Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios de Gases de efecto Invernadero y en el caso de los precursores de GEI, se utilizaron las Directrices 1996.

De acuerdo con estas directrices, el INGEI 2012 se divide en cuatro sectores: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos; Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra; y Residuos.

Los siguientes gases fueron los evaluados: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH4), óxido nitroso (N_2O), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC) y dióxido de azufre (SO2).

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

A continuación se presentan los resultados obtenidos por sector:

Sector Energía

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles, así como las emisiones fugitivas.

En lo referente a las aplicaciones estacionarias se evaluaron:

- Industrias de la energía.
- Industrias de manufactura y construcción.
- Otros sectores (residencial, comercial, agrícola y pesca.

En lo concerniente a aplicaciones móviles se evaluaron:

- Transporte terrestre.
- Aviación civil.
- Ferrocarriles.
- Navegación marítima y fluvial.
- Otro transporte (todo terreno).

Además, se estimaron las emisiones fugitivas provenientes de la generación de electricidad por geotermia.

Las emisiones del sector energético se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1
Emisiones de CO_2e en el Sector Energía

Subsector	Emisiones Gg CO_2 equivalente
Industrias de la energía	595,07
Industria manufacturera y de la construcción	1.125,79
Transporte	4.955,55
Otros sectores	447,85
Fugitivas (geotérmica)	89,57
Total	7.213,83

Sector Procesos Industriales y Uso de Productos

En este sector se abordan las emisiones producidas por los procesos industriales y los usos de GEI en productos. Se evaluaron las emisiones de la industria de los minerales, que incluye la producción de cemento; cal y vidrio; la utilización de hexafluoruro de azufre (SF6) en equipo eléctrico; y el uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono en refrigeración y aire acondicionado.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de las emisiones de este sector.

Cuadro 2
Emisiones de CO_2e en el Sector Procesos Industriales y Uso de Productos

Subsector	Emisiones Gg CO_2 equivalente
Industria de los minerales	663,26
Uso de productos sustitutos de SAO	315,67
SF_6 en equipo eléctrico	1,75
Total	980,68

Sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra

En el sector AFOLU las emisiones de gases con efecto invernadero se producen en las siguientes 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 (embalses).

Cuadro 3
Emisiones de CO_2e en el Sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra

Subsector	Emisiones Gg CO_2 equivalente
Fermentación entérica y manejo de estiércol	2.182,81
Cultivo de arroz	248,64
Quema de residuos agrícolas y pastos	18,69
Suelos agrícolas	747,90
Tierras forestales	-2.053,65
Embalses	45,99
Total	1.190,38

También se considera la absorción de carbono en tierras forestales.

En el cuadro 3 se presentan las emisiones de este sector.

Sector Residuos

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

En el cuadro 4 se presentan las emisiones de este sector.

Cuadro 4
Emisiones de CO_2e en el Sector Residuos

Subsector	Emisiones Gg CO_2 equivalente
Residuos sólidos	1.250,56
Aguas residuales	613.71
Total	1.864,26

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 antropogénicas 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 cinco inventarios utilizando las diferentes metodologías, que para tal fin ha establecido 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 2012.

1.1 Metodología utilizada en la elaboración del inventario

La metodología utilizada para la elaboración del inventario, es la proporcionada por el IPCC denominada "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero". En el cálculo de las emisiones de precursores y emisiones indirectas de gases de efecto invernadero, se utilizaron las guías del IPCC de 1996.

Se abarcaron las cuatro categorías de emisión definidas en las Directrices del IPCC 2006: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos; Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra; y Residuos.

Con respecto a los gases evaluados, se contemplaron los gases: dióxido de carbono (CO2), metano (CH4), óxido nitroso (N2O), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF6), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC), y dióxido de azufre (SO2).

Con el fin de poder comparar las emisiones de los diferentes gases entre sí y medir la contribución de cada fuente al total nacional de emisiones, se utilizaron los potenciales de calentamiento global oficializados por la CMNUCC, que corresponden a los valores incluidos en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC.

Las emisiones en este inventario se contabilizan para cada GEI y también en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO2 eq.).

Los niveles metodológicos empleados para cada una de las categorías del inventario se muestran en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1
Niveles metodológicos utilizados en el inventario 2012

Categoría	Subcategoría	Fuente	Nivel	Factor de emisión
Energía	Industrias de la energía	Generación de electricidad Refinación de petróleo Producción de carbón vegetal	1	CO_2 específico Otros Por defecto
	Manufactura e industria de la construcción	Todas las industrias	1	CO_2 específico Otros Por defecto
	Transporte	Terrestre Ferrocarril Marítimo Aviación Civil doméstica 1 Aviación civil internacional	1 1 1 1 3ª	CO_2 específico Otros Por defecto
	Otros sectores	Comercial, residencial y agropecuario	1	CO_2 específico Otros Por defecto
	Emisiones fugitivas	Sistemas de petróleo	1	Por defecto
		Generación geotérmica	2	Específico del país
Procesos industriales y uso de productos	Industria de los minerales	Producción de cemento Producción de cal Producción de vidrio	2 2 1	Específico del país
	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 Manejo de estiércol	2 2	Ambos Por defecto
	Tierras forestales	Tierras forestales que permanecen como tales	2	Específico
	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 Suelos agrícolas Cultivo de arroz	1 2 2	Por defecto Específico del país Específico del país
Residuos	Eliminación de residuos sólidos	Sitios gestionados Sitios no gestionados	2	Ambos
	Tratamiento biológico de residuos sólidos		1	Por defecto
	Incineración e incineración abierta de residuos	Incineración Incineración abierta	2 2	Ambos Ambos
	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Aguas residuales domésticas Aguas residuales industriales	1	Por defecto Por defecto

1.2 Control de calidad/ garantía de la calidad

El proceso de control de calidad 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 trabaja en la mejora continua, tanto de los datos de actividad como de los factores de emisión, con el fin de ir evolucionando hacia el nivel 3 en todas las categorías, para ello, se consideran los resultados del análisis de categorías clave en la escogencia de los estudios a realizar.

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

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.

Para este inventario no se realiz**ó una verificación independiente, no obstante, las consideraciones y recomendaciones realizadas en la verificación del** Inventario de GEI 2010, fueron puestas en práctica 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 2012, 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: 1) Las emisiones por uso de lubricantes y ceras parafinas 2) Las emisiones producidas por los productos de madera recolectada. 3) 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, y 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 2012, 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

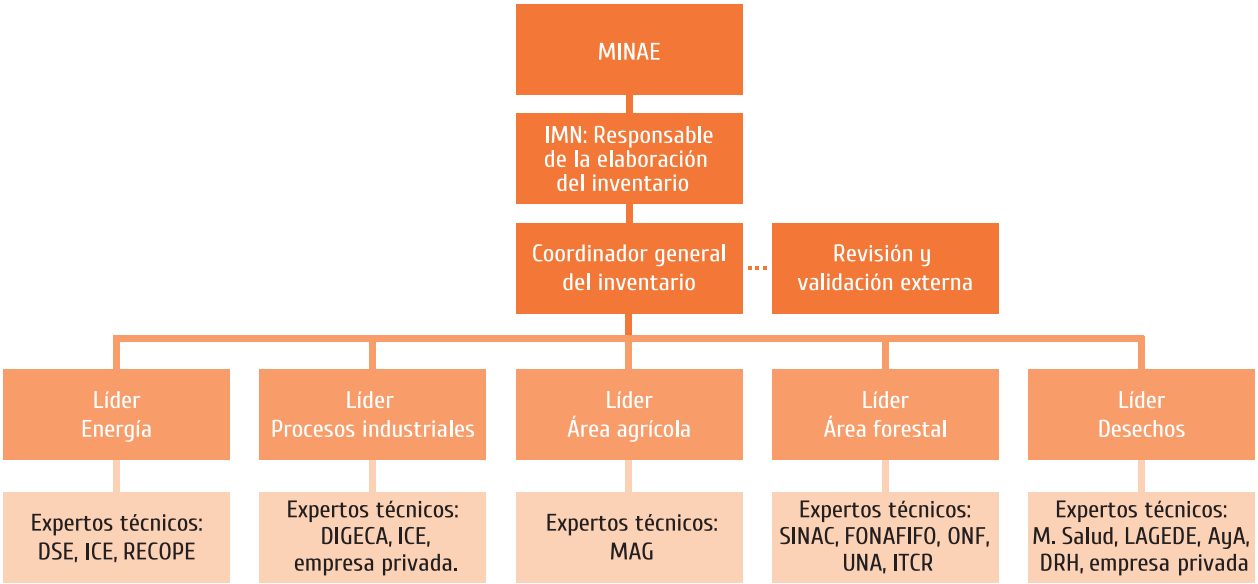

Figura 1.1: Estructura de los arreglos institucionales para elaboración del inventario.

del inventario, se realizó una estimación de la incertidumbre incluyendo y excluyendo el sector forestal.

Cuadro 1.2
Análisis de incertidumbre del inventario 2012

Tipo de análisis	Porcentaje de incertidumbre del inventario total	Incertidumbre de la tendencia
Incluyendo sector forestal	32,5	39,7
Excluyendo sector forestal	6,1	5,7

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 del control y garantía de calidad; y responsables técnicos de cada uno de los otros sectores.

Para la obtención de toda la información, 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 de Incendios forestales, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Oficina Nacional Forestal, Laboratorio de Gestión de Residuos de la Universidad Nacional, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, entre otros.

En la figura 1.1 se presenta la estructura para la elaboración del Inventario.

1.7 Categorías de fuentes clave

El concepto de "Categoría Principal de Fuente", fue creado por el IPCC como una herramienta para ayudar a los países a asignar recursos para mejorar los inventarios nacionales de

gases de efecto invernadero. Las categorías principales de fuente constituyen la mayor contribución de emisiones nacionales, además pueden ser las que con el tiempo tengan gran influencia en las tendencias de emisiones.[1]

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 el cuadro 1.3 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 lo 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	27,3	27,3
CO_2: Combustión móvil: transporte terrestre	23,5	50,8
CH_4: Fermentación entérica en ganadería	10,3	61,1
CO_2: Tierra forestal que cambia a pasto	4,6	65,6
CH_4: Disposición de residuos sólidos	4,4	70,0
CO_2: Conversión a tierras de cultivo	4,0	74,0
N_2O: Suelos agrícolas	3,1	77,1
CO_2: Producción de cemento	3,0	80,2
CO_2: Generación de electricidad	2,8	83,0
CO_2: Otras industrias	2,7	85,8

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).
<htpp://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gp gaum.htm>

Cuadro 1.3 continuación

Categoría de Fuente	Contribución %	Total acumulado %
CO_2: Industria de alimentos, bebidas y tabaco	2,0	87,8
CH_4: Tratamiento de aguas residuales domésticas	1,7	89,6
CH_4: Producción de arroz	1,2	90,7
HFC: Uso de SAOs	0,9	91,7
CO_2: Geotermia	0,9	92,6
CO_2: Residencial	0,7	93,3
CO_2: Comercial e institucional	0,6	93,9
CO_2: Agricultura, silvicultura y pesca	0,6	94,6
CH_4: Humedales	0,6	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 %
N_2O: Suelos agrícolas	25,7	25,7
CO_2: Por la combustión móvil: transporte terrestre	16,7	42,4
CO_2: Conversión a tierras forestales	16,3	58,7
CO_2: Generación de electricidad	5,6	64,3

Cuadro 1.4 continuación

Categoría de Fuente	Contribución %	Total acumulado %
CO_2: Otros sectores: Agricultura/forestal/pesca	3,7	68,1
CO_2: Tierra forestal que se convierte a pasto	3,2	71,3
CO_2: Tierra forestal que se convierte a cultivo	2,6	73,9
CH_4: Tratamiento de aguas residuales domésticas	2,2	76,1
CO_2: Geotermia	2,1	78,2
CO_2: Producción de cemento	2,0	80,2
CO_2 por la combustión móvil: transporte marítimo	1,9	82,0
CH_4: Disposición de residuos sólidos	1,8	83,8
CH_4: Humedales	1,4	85,2
CH_4: Tratamiento de aguas residuales industriales	1,4	86,6
CO_2: Otras industrias	1,2	87,8
CH_4: Por la producción de arroz	1,1	88,9
CO_2: Incineración e incineración abierta	0,9	90,0
N_2O: Gestión del estiércol	0,9	90,8
CO_2: Sector comercial	0,8	93,3
HFC: Uso de SAOs	0,8	92,4
CO_2: Refinación de petróleo	0,8	93,3
CH_4: Quema de biomasa	0,8	94,1
CH_4: Sector residencial	0,8	94,8
CO_2: Industria de sustancias químicas	0,7	95,6

2 Energía

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

Actividades de combustión de combustible

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles.

En lo referente a las aplicaciones estacionarias se evaluaron:

- Industrias de la energía.
- Industria de manufactura y construcción.
- Otros sectores (residencial, comercial, agrícola y pesca.

En lo concerniente a aplicaciones móviles se evaluaron:

- Transporte terrestre.
- Aviación civil.
- Ferrocarriles.
- Navegación marítima y fluvial.
- Otro transporte (todo terreno).

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

En esta sección se incluye:

- Transporte.
- Refinación.
- Almacenamiento de petróleo.
- Producción de electricidad con energía geotérmica.

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

2.1 Actividades de combustión de combustibles

El consumo de combustibles fue tomado del balance energético anual elaborado por la Dirección Sectorial de Energía y los factores de emisión fueron obtenidos de las Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de efecto Invernadero. En el caso del factor de emisión para dióxido de carbono, se realizó un análisis de contenido de carbono en los combustibles utilizados en el país, con ello se está utilizando a partir de este inventario un factor de emisión nacional.

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).

La generación de electricidad en el 2012 se distribuyó de la siguiente manera: un 71,8% hidráulica, 13,9% geotérmica, 5,2% eólica, 8,2% térmica, 0,8% biomásica y 0,003% solar.

Las emisiones por hidroelectricidad se contemplan en el sector AFOLU, pues corresponden a los embalses, en el caso de geotérmica se contemplan en emisiones fugitivas, en cuanto a la eólica y la solar, estas no tienen emisiones directas.

En el caso de las plantas térmicas del país, utilizan básicamente dos combustibles fósiles: el búnker y el diesel dependiendo de la tecnología utilizada. El bunker es el combustible más usado con 88%.

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.

2.1.1.3 Producción de carbón vegetal

En el 2012 se consumieron 142 TJ para la producción de 36 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 2012.

Cuadro 2.1
Emisión de gases en las Industrias de la Energía-2012

Tipo de industria	Emisión de CO_2 Gg	Emisión de CH_4 Gg	Emisión de N_2O Gg
Generación de electricidad	557,62	0,06	0,01
Refinación de petróleo	32,82	0,001	0,0006
Producción de carbón vegetal	0	0,004	0,0003
Total	590,44	0,07	0,01

2.1.2 Industria de manufactura y construcción

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

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

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

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

La industria de manufactura y construcción se subdividió en las siguientes clases, de acuerdo a la clasificación del balance energético:

- Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.
- Textiles y cuero.
- Madera y productos de la madera.
- Pulpa, papel e imprenta.
- Productos químicos.
- Construcción.
- Otras industrias.

En el cuadro 2.2 se presentan los resultados de la evaluación de emisiones, en el sector de industria de manufactura.

Cuadro 2.2
Emisión de gases en la Industria de Manufactura y Construcción-2012

Tipo de industria	Emisión de CO_2 Gg	Emisión de CH_4 Gg	Emisión de N_2O Gg
Alimentos, bebidas y tabaco	437,76	0,42	0,056
Textiles y cuero	46,76	0,002	0,0003
Madera y productos de madera	9,96	0,11	0,014
Pulpa, papel e imprenta	21,97	0,008	0,0012
Productos químicos	55,09	0,002	0,0004
Construcción	52,75	0,007	0,0004
Otras industrias	466,04	0,02	0,003
Total	**1.090,32**	**0,56**	**0,08**

2.1.3 Sector transporte

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

Para la contabilización de las emisiones se utilizó el factor de emisión de CO_2 nacional y para los otros gases 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, para reducir la incertidumbre por catalizadores en mal estado y ausencia de los mismos en los vehículos.

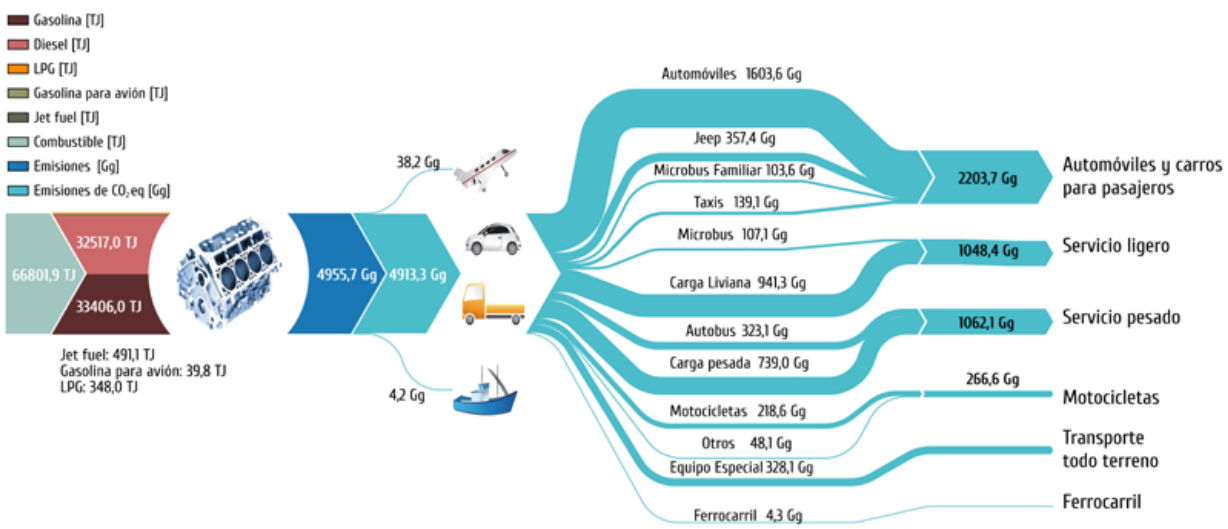

Figura 2.1 Emisión de GEI expresadas como CO_2e en el Sector Transporte- 2012.

En el 2012, el parque vehicular en circulación en Costa Rica fue de alrededor de 1.400.000 vehículos. No obstante lo anterior, por sus características el consumo de diesel y gasolina en transporte fue muy similar, produciéndose emisiones de CO_2 similares para ambos combustibles.

En la figura 2.1 se muestran los resultados de la evaluación de emisiones en el sector transporte.

Cuadro 2.3
Emisión de gases en otros sectores durante el 2012

Sector	Emisión de CO_2 Gg	Emisión de CH_4 Gg	Emisión de N_2O Gg
Residencial	147,43	2,09	0,03
Comercial, Público y servicios	116,99	0,30	0,004
Agropecuario	122,52	0,017	0,001
Total	**386,93**	**2,41**	**0,03**

2.1.4 Otros sectores

2.1.4.1 Sector residencial

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

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

Cabe aclarar que las emisiones netas de CO_2 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 o cercas vivas, no así la emisión de otros gases que si son contabilizadas en el total de emisiones.

2.1.4.2 Sector comercial, institucional 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 se utiliza gasolina y diesel, principalmente en restaurantes, hoteles, sodas, etc.

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, en tanto que la gasolina se usa exclusivamente en generación de fuerza motriz.

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.

En el 2012 no hubo importación de petróleo crudo, por lo que no existen emisiones en este rubro.

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, no obstante, 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 70% de la generación geotérmica en el año 2012, se realizaba en plantas flash y un 30% en plantas binarias, las cuales tienen 0 emisiones.

La generación total por plantas geotérmicas fue de 1403 GWh, correspondiendo a plantas flash un valor de 980 GWh.

El factor de emisión fue tomado de un estudio de medición directa en las plantas, cuyo valor es de 90 ton $CO_{2/GWh.}$ La emisión de CO_2 fue de 89,57 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 3A ya que se cuenta con la información de todos los vuelos por tipo de aeronave que ingresan y salen del país, mientras para el transporte marítimo se utilizó el nivel 1.

En el cuadro 2.4 se presentan las emisiones por transporte aéreo y marítimo internacional.

Cuadro 2.4
Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al Transporte internacional-2012

Tipo	Gas CO_2	CH_4 Gg	N_2O
Aéreo	552,53	0,005	0,001
Marítimo	57,35	0,005	0,016
Total	609,89	0,01	0,017

2.4 Emisiones de CO_2 por uso de combustibles biomásicos

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 CO_2 corresponde a 2.812,22 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 CO_2 por consumo de combustibles de la categoría de Energía estimadas con los métodos de Referencia y Sectorial, difieren en un 1,77 % entre ambos métodos, en el año 2012. 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 entre las estimaciones entre ambos métodos no es determinante, se considera que las estimaciones se realizaron correctamente (ver cuadro 2.5).

Cuadro 2.5
Comparación entre métodos de cálculo de CO_2 en el Sector Energía

Método sectorial	Método de referencia	Diferencia
6.895,35 Gg	6.773,57 Gg	1,77%

2.6 Emisión total del sector energético

Los resultados obtenidos en el 2012 se presentan en el cuadro 2.6, donde se muestran las emisiones por sector, para cada uno de los gases estimados. Se puede observar, que tanto el sector transporte como el sector industrial son los mayores contribuyentes, se muestra además, que dióxido de carbono aportó casi el 100% de las emisiones de este sector.

Cuadro 2.6
Emisión de gases por sector para el 2012

Subsector	Gas emitido (Gg) CO_2	CH_4	N_2O
Industrias de la energía	590,44	0,07	0,01
Industria de manufactura y construcción	1.090,32	0,56	0,08
Transporte	4.827,51	1,26	0,33
Otros sectores	386,93	2,41	0,03
Emisiones fugitivas	89,57		
TOTAL	6.984,77	4,3	0,45

En la figura 2.2 se muestra la distribución porcentual de las emisiones del sector energético, en el año 2012.

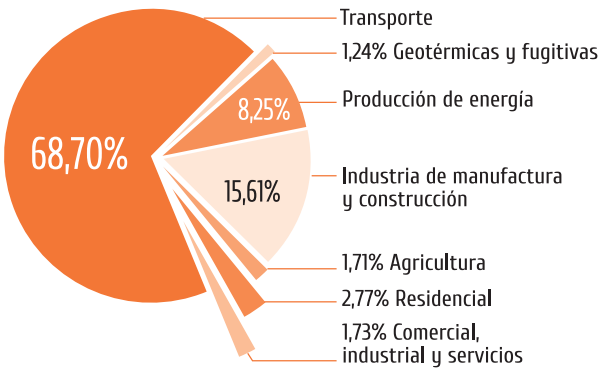

Figura 2.2. Emisiones del Sector Energético-2012.

3 Procesos Industriales y Uso de Productos

Las emisiones de gases en las actividades industriales se refieren principalmente a la transformación de materia prima por medios químicos o físicos, dentro de éstas se encuentran la producción de: cemento, cal, ácido adípico, ácido nítrico, aluminio y magnesio, la industria siderúrgica, la utilización de hexafloruro de azufre (SF_6), así como el uso de perfluorocarbonos e hidrofluorocarbonos en refrigeración y aire acondicionado. Adicionalmente existen otras fuentes no principales, como la fabricación de alimentos que incluyen bebidas alcohólicas, el procesamiento de carnes, elaboración de azúcar y pan, entre otros.

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

Para el cálculo de las emisiones se consideraron las Directrices del IPCC del 2006, solicitando la información de datos de actividad 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 ($CaCO_3$) es calcinado para producir óxido de calcio (CaO) emitiendo 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 CO_2 en el proceso de producción de cemento

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2012	639,08

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. Para la producción de cal se obtuvo un factor de emisión nacional.

En el cuadro 3.2 se presenta la emisión de CO2, en el proceso de producción de cal para el 2012.

Cuadro 3.2
Emisión de CO_2 en el proceso de producción de cal

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2012	4,58

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 CO_2 en el proceso de producción de vidrio, durante el 2012.

Cuadro 3.3
Emisión de CO_2 en el proceso de producción de vidrio

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2012	19,60

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 presente inventario. Actualmente se está realizando un estudio para ser incluido en inventarios posteriores.

3.4 Industria electrónica

No existen emisiones de compuestos fluorados en la fabricación de semiconductores. Las emisiones son recuperadas.

3.5 Sustitutos de sustancias destructoras del ozono

Los hidrofluorocarbonos (HFC) sirven como alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), 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.

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

Cuadro 3.4
Emisión de HFC por gas en el 2012

Área de aplicación	Gas	Emisión de HFC (Gg)
Refrigeración y AC	HFC-32	0,0048
	HFC-125	0,0278
	HFC-134ª	0,1145
	HFC-143ª	0,0222
	HFC-152ª	0,0100

aplicó el método de nivel 2, para la evaluación de las emisiones. Sólo se tiene aplicación en refrigeración y aire acondicionado.

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

3.6 Emisiones de SF_6 procedentes de los equipos eléctricos

El hexafluoruro de azufre (SF_6) 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 2012 fue de 73,3 kg de SF_6.

3.7 Emisión total

En el cuadro 3.5 se presenta la emisión total en los Procesos Industriales en el 2012 expresados en CO_2e.

Cuadro 3.5
Emisión total por proceso industrial en el 2012

Subsector	Emisión Gg CO_2e
Producción de cemento	639,08
Producción de cal	4,58
Producción de vidrio	19,60
Refrigeración y AC	315,67
Equipo eléctrico	1,75
Total	980,68

4 Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra

Las actividades agropecuarias y forestales generan emisiones de GEI o absorción de CO_2, mediante los diversos procesos de los ecosistemas como son la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación y desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión.

En este capítulo se evalúan dichos procesos, subdividiendo el sector en las siguientes áreas:

- La emisión de CH_4 producida por el ganado (fermentación entérica).
- Las emisiones de CH_4 y N_2O de los sistemas de gestión del estiércol.
- Las emisiones y absorciones de CO_2 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 CO_2 y no-CO_2 producidas por incendios en todas las tierras gestionadas.
- Las emisiones de N_2O de todas las tierras gestionadas.
- Las emisiones de CO_2 relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas.
- Las emisiones de CH_4 del cultivo del arroz.
- Las emisiones de CH_4 de tierras inundadas.
- 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 en rumiantes es un proceso anaeróbico, es decir en ausencia de oxígeno, en el cual por la acción de los microorganismos del rumen al degradar los forrajes consumidos, hace que parte de la energía consumida se transforme en metano. La cantidad de metano generado depende del volumen del forraje y los suplementos consumidos, de la calidad nutritiva y de la eficiencia animal.

En el caso de los bovinos la generación de metano es muy importante, debido a la población animal la cual supera el millón y medio de cabezas. Esta información, que procede de la Encuesta Ganadera Nacional realizada por CORFOGA en el 2012, se utilizó para validar un modelo poblacional, el cual permitió la obtención del inventario del hato nacional por sistema de producción (carne, leche, y doble propósito) y dentro de cada uno de ellos la población por categoría animal (vacas adultas, toros, novillas y novillos, toretes, terneros y terneras).

Mediante la utilización de un modelo matemático se estimó la emisión de metano para cada categoría animal, en cada sistema de producción para el 2012 (cuadro 4.1).

Los valores de la emisión de metano entérico muestran que la mayor cantidad se genera en el sistema de producción de carne y cría (40%), que es donde se ubica la mayor población animal (cuadro 4.1). El doble propósito con 36% de la emisión total, se ubica en la segunda posición, lo cual se explica por la población animal de este sistema de producción. Finalmente, el sistema de producción de leche es el que presentó la menor emisión de metano.

Cuadro 4.1
Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino durante el 2012

Sistema de producción	Población (cabezas)	Emisión de metano Gg
Leche	391.359	24,57
Carne	624.427	38,58
Doble propósito	559.965	33,20
Total	1.575.751	96,35

4.1.1.2 Fermentación entérica en otros animales domésticos

En el caso de cabras, búfalos y ovejas se utilizaron modelos poblacionales para estimar la cantidad de cada una de esas especies; la estimación de metano se realizó utilizando los valores sugeridos por el IPCC (2006) para todas las especies reseñadas en este acápite.

A pesar de que en el caso de los cerdos se utilizó el valor sugerido por el IPCC para estimar la emisión de metano, 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 ello ocurre, aproximadamente seis meses. El resultado del metano emitido se dividió entre el total de cerdos y de esta forma se obtuvo el factor ponderado mostrado.

Cuadro 4.2
Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos durante el 2012

Especie	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/ cabeza/año	Emisión de metano (Gg)
Cerdos	436.000	1,0	0,220
Cabras	24.281	3,5 – 5,0	0,102
Ovejas	2.923	3,5 – 5,0	0,009
Búfalos de agua	4.313	55,0	0,237
Caballos	125.800	18,0	2,264
Mulas	5.250	10,0	0,052
Total	597.902		2,884

Con respecto a la emisión de metano estimada para los caballos, esta es la mayor 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 y búfalos de agua son los que presentan mayor valor aunque la magnitud de la misma es muy pequeña.

4.1.2 Manejo de estiércol

4.1.2.1 Manejo de estiércol en ganado bovino

Debido a que no se dispone de investigaciones nacionales para la determinación de la emisión proveniente de las excretas bovinas, la estimación de metano para los animales mayores de un año se realizó utilizando el valor sugerido por el IPCC; para los terneros menores de un año se utilizó el 50% del valor sugerido al considerar que nacen durante todo el año. En el caso del sistema de producción de leche, donde se realiza la práctica de la distribución de las excretas sólidas en las pasturas cada día, basado en criterio técnico se estimó que

aproximadamente el 5% de las fincas realizan esta operación, siendo en este caso la emisión de metano igual a cero (IPCC, 2006).

La tendencia en la emisión por el manejo del estiércol es similar a la determinada para la entérica, ya que el mayor valor se determinó en el sistema de carne y cría, y el menor en el de leche, presentando el doble propósito un valor intermedio (cuadro 4.3).

Cuadro 4.3
Emisión de metano por manejo del estiércol de ganado bovino durante el 2012

Especie	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/ cabeza/año	Emisión de metano (Gg)
Leche	391.359	1,0	0,333
Carne	624.427	1,0	0,550
Doble propósito	559.965	1,0	0,496
Total	1.575.751	---	1,379

4.1.2.2 Manejo de estiércol en otros animales domésticos

La emisión de metano y de óxido nitroso proveniente del manejo del estiércol, fue mayor en cerdos y caballos, lo cual es el resultado de la combinación de la población e índice de emisión (cuadro 4.4).

4.2 Tierras forestales

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

4.2.1 Tierras forestales que permanecen como tales

4.2.1.1. Plantaciones forestales

Para el análisis de absorción de CO_2 en las plantaciones forestales, se consideró el área determinada en el mapa de cobertura de la tierra 2012. Para calcular el área plantada por especie se consideraron los resultados del Censo Agropecuario 2014.

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, debido a su extensión y

Cuadro 4.4
Emisiones de metano y óxido nitroso por manejo del estiércol de otros animales domésticos durante el 2012

Especie	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de metano (Gg)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de óxido nitroso (Gg)
Cerdos	436.000	1,0	0,220	0,18	0,080
Cabras	24.281	0,17	0,004	0,37	0,009
Ovejas	2.923	0,15	0,0003	0,26	0,0001
Búfalos de agua	4.313	1,0	0,004	0,90	0,004
Caballos	125.800	1,64	0,21	0,79	0,099
Mulas	5.250	0,90	0,005	0,66	0,004
Aves de corral		NA	NA	0,002	0,0002
Total	598.567		0,4433		0,1961

disponibilidad de información. El resto de las especies 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 y 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 CO_2.

Los valores de dióxido de carbono absorbido por las plantaciones forestales en el 2012 se presentan en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5
Absorción de CO_2 por las plantaciones forestales en el 2012

Especie	Area plantada Ha	Absorción de CO_2 Gg
Ciprés	1868,1	41,53
Eucalipto	1360	47,81
Laurel	2157,8	58,10
Melina	15308,9	439,60
Pino	1502,6	31,36
Pochote	3605,7	52,82
Teca	39598,1	532,28
Otras	9225,8	248,42
SubTotal		1.451,92
Pérdidas por remoción de madera	---	575,83
Pérdidas por perturbaciones	---	608,29
Total	----	267,80

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 de bosques

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 bosques secundario fue determinada por medio de la serie de mapas, elaborados para determinar el nivel de referencia de REDD.

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 2012

	Area Ha	Absorción de CO_2 Gg
Bosque muy húmedo	255.797,02	3.187,64
Bosque húmedo	485.278,7	5380,00
Bosque seco	24.461,64	108,54
Manglar	8299,53	114,90
Yolillal	20892,74	271,52
Subtotal	794.729,62	9062,59
Pérdidas por perturbaciones	6861,34	1891,90
Total		7.170,69

4.3 Tierras de cultivo

4.3.1 Tierras de cultivo que permanecen como tales

De acuerdo al mapa de cobertura de la tierra 2012, las áreas de cultivo corresponden a 171.306,5 ha de cultivos estacionales, que comprenden granos básicos, hortalizas, piña y 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 el caso de los cultivos permanentes corresponden a 350.381,3 ha que pertenecen a café, palma africana, pejibaye, cítricos, 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 abarca 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 de la serie de mapas elaborados para determinar el nivel de referencia de REDD.

La estimación del dióxido de carbono liberado por la conversión de bosques se presenta en el cuadro 4.7.

Cuadro 4.7
Emisión de CO_2 por la conversión de bosques a tierras de cultivo

Tipo de bosque	Area deforestada Ha	Emisión de CO_2 Gg
Bosque maduro	3.258,87	1.492,39
Bosque secundario	6.862,3	746,13
TOTAL		2.238,52

4.4 Pastizales

4.4.1 Pastizales que permanecen como tales

El área de pastos en el 2012 corresponde a 1.152.444,1 ha, de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra. 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 contiene los cambios de uso del suelo, en cuanto a la conversión de bosques a tierras de pastos permanentes. Se consideró que las tierras convertidas en pastizales se presentan en la región Pacífico Norte, asociada a la actividad ganadera que se presenta en esa zona.

Para el análisis de deforestación se utilizaron de la serie de mapas elaborados para determinar el nivel de referencia de REDD.

En relación a la biomasa después de la conversión, se consideró el valor recomendado en las directrices 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 CO_2 por la conversión de bosques a pastizales en Costa Rica en el 2012

Tipo de bosque	Area deforestada Ha	Emisión de CO_2 Gg
Bosque maduro	5.250,92	1.907,45
Bosque secundario	18.470,02	1.145,86
TOTAL		3.053,31

4.5 Humedales

4.5.1 Humedales gestionados

Se considera que el área de humedales en el país no es gestionada. El área correspondiente a humedales de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra 2012, es de 56.177,00 ha.

4.5.2 Tierras inundadas

4.5.2.1 Emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas

Se incluyeron las emisiones de CH_4 correspondientes a los embalses destinados a la generación hidroeléctrica.

Considerando los mecanismos por medio de los cuales los embalses liberan CH_4 a la atmósfera:

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

La metodología definida por el IPCC, en las guías 2006, para las emisiones de CH_4 en tierras inundadas en el nivel 1 sólo considera las emisiones por difusión.

Se empleó el factor de emisión por defecto proporcionado por el IPCC, ya que no existe un factor de emisión a nivel nacional que tenga la validez científica, para considerarlo en la evaluación de emisiones. Existen algunos estudios realizados pero se requiere más investigación al respecto.

Con estas consideraciones utilizando el área de cobertura de embalses, la emisión de metano corresponde a 2,19 Gg de CH_4 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 residuos sólidos que van a vertederos, por lo que las emisiones se contabilizan en el Sector Residuos.

De acuerdo al mapa de cobertura de la tierra, el área de asentamientos en el 2012 correspondió a 86.555,2 ha.

4.6.2 Tierras convertidas en asentamientos

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

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 31.171,80 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 del Programa de Control de Incendios, el área de bosque en donde se presentaron incendios forestales en el 2012 corresponde a 9.998,87 ha.

En el cuadro 4.9 se detallan las emisiones de metano y óxido nitroso emitidas por la quema en bosque y plantaciones.

Cuadro 4.9
Emisión de gases por quema de biomasa en bosques en el 2012

Tipo de bosque	Area quemada ha	Gas CH_4 (Gg)	Gas N_2O (Gg)
Bosque secundario	6.861,34	1,97	0,058
Plantaciones	3.137,53	1,13	0,033
Total		3,10	0,091

4.8.2 Emisiones de la quema de biomasa en cultivos

Una de las prácticas usualmente utilizadas por los agricultores durante la producción de los cultivos anuales, es alternar los terrenos que utilizan para producir. Esta alternancia implica que una fracción de los mismos es dejada en descanso y en consecuencia no son utilizados para la siembra de cultivos. Durante este lapso de tiempo en esos terrenos crece gran variedad de plantas, que dependiendo del tiempo de descanso se transforman en charral o tacotal.

Cuando dichos 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.

En ocasiones también ciertos residuos agrícolas son quemados luego de la cosecha, para 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.

Para ser contabilizados 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, ellos no pueden ser absorbidos por la planta durante su crecimiento, por lo que se considera su emisión neta.

La estimación de la emisión de estos gases (cuadro 4.10) se realizó basada en la metodología sugerida por el IPCC del 2006, para la preparación de inventarios.

Cuadro 4.10
Emisión de gases por quema en el campo de residuos agrícolas en el 2012

Residuos	Gas CH (Gg)	Gas N_2O (Gg)
Agrícola	0,572	0,0015
Charral, tacotal	0,062	0,0016
Total	0,634	0,0031

4.8.3 Emisiones de la quema de biomasa en pastizales

Debido a la ausencia de lluvias durante un periodo aproximado de 5 meses (de diciembre a abril), en la región del Pacífico Norte de Costa Rica, en su gran mayoría los pastos se secan completamente y la probabilidad de que se presenten incendios bajo esa condición es muy alta.

En el 2012, de acuerdo con la información de la Comisión Nacional de Incendios, se estimó que se quemaron 16.400 hectáreas de pasto. Para el cálculo de la cantidad de gas generado (cuadro 4.11) se utilizaron los valores sugeridos por el IPCC (2006).

Cuadro 4.11
Liberación de gases por quema de pasturas durante el 2012

Gas	Emisión Gg
CH_4	0,092
N_2O	0,008

4.8.4 Emisiones de suelos agrícolas

4.8.4.1 Emisiones en cultivos

La emisión de óxido nitroso de algunos cultivos permanentes (café, caña de azúcar y banano) se realizó utilizando valores que provienen de investigaciones efectuadas en el país, en el caso del plátano se utilizó el mismo índice que para banano, debido a que la fertilización utilizada es similar.

Las mayores emisiones se determinaron en los cultivos de café caña de azúcar y banano, cerca del 73% del total agrícola, debido principalmente al área de siembra de estos (cuadro 4.12). En un segundo grupo se ubica la palma africana (9%), seguido de actividades agrupadas como las frutas y los granos básicos. En general la emisión de este gas presenta valores relativamente bajos

Cuadro 4.12
Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos durante el 2012

Cultivo[1]	Área sembrada Ha	Factor de emisión kg/ha/año	Emisión de N_2O Gg
Café con sombra	60.953	7,78	0,474
Café sin sombra	31.700	2,92	0,093
Caña de azúcar	57.600	4,81	0,277
Banano	41.426	4,85	0,201
Plátano	9.000	4,85	0,044
Frutas[2]	77.600	---	0,088
Palma africana	63.500	---	0,131
Palmito	7.000	---	0,022
Granos básicos	68.425	---	0,075
Hortalizas	5.297	---	0,016
Otros	24.046	---	0,020
Total	446.547	---	1,441

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

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

4.8.4.2 Emisiones en pastos

Para estimar la emisión de óxido nitroso derivado de los suelos cubiertos por pastos, se utilizaron resultados de estudios realizados en fincas ganaderas y la aplicación o no fertilizante nitrogenado, los cuales se ajustaron por carga animal y cantidad de nitrógeno reciclado por los animales en pastoreo.

Adicionalmente, el área total en pasturas proviene de la Encuesta Ganadera realizada por CORFOGA en el 2012, y la estimación del área en diferentes especies de gramíneas se realizó utilizando los resultados de un estudio a nivel nacional, que se efectuó en el sector lechero. También para obtener la distribución de las áreas en cada especie se empleó criterio de experto.

En general, la emisión es relativamente baja y los valores totales están directamente ligados a la extensión de cada una de las especies referenciadas, de tal forma que en las pasturas naturales donde se estimó la mayor emisión, y en kikuyo la menor (cuadro 4.13). Las restantes especies mostraron valores intermedios y similares entre ellas.

Cuadro 4.13
Emisión de óxido nitroso del suelo cubierto con diferentes tipos de pasto durante el 2012

Pasto	Area estimada[1] Ha	Factor de emisión kg/ha/año	Emisión de N_2O Gg
Naturales	466.454	0,54	0,252
Estrella	138.659	0,92	0,128
Kikuyo	25.000	1,13	0,028
Brachiarias[2]	350.000	0,54	0,189
Otros mejorados	285.000	0,54	0,154
Total	1.265.113		0,751

1. Areas estimadas con criterio de varios experto y datos de encuesta lechera.

2. Incluye pasto natural, ratana, jaragua; Incluye varias especies

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 este grano. De acuerdo con SEPSA (2014), en el 2012 se sembraron 19.969 ha bajo este sistema, lo cual representó el 33% del área total sembrada con este grano.

El metano es el producto de la descomposición de materia orgánica bajo condiciones de falta de oxígeno, tal y como sucede en arroz anegado donde existe incorporación de material vegetal antes de la siembra de este grano, bajo condiciones de inundación o anegamiento. Una vez formado el metano sale en burbujas a la superficie del espejo de agua. Para su cuantificación se utilizó el índice desarrollado por Montenegro y Abarca (2001), bajo las condiciones de Costa Rica.

En el cuadro 4.14 se presentan las emisiones de metano por este rubro.

Cuadro 4.14
Emisión de metano en la producción de arroz anegado durante el 2012

Régimen de manejo de agua	Area cosechada (ha)	Factor de emisión kg/ha/día	Emisión de metano Gg
Continuamente inundado	19.969	4,94	11,84

4.8.6 Productos de madera

Para el año 2012 no se evaluaron las emisiones por productos de madera cosechada.

4.9 Emisión total

En el cuadro 4.15 se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero y absorción de CO_2 producidos en el sector AFOLU, durante el 2012.

Cuadro 4.15
Absorción de carbono y emisión de gases con efecto invernadero en el sector AFOLU durante el 2012

Actividad	Gas emitido Gg		
	CO_2	CH_4	N_2O
Fermentación entérica		99,23	
Manejo de estiércol		1,82	0,196
Tierras forestales	-7.438,50		
Tierras de cultivo	2.238,53		
Pastizales	3.053,32		0,7506
Humedales		2,19	
Asentamientos humanos			
Otras tierras			
Quema de biomasa en bosque		3,10	0,091
Quema de pasturas		0,634	0,0031
Quema de residuos agrícolas		0,092	0,008
Suelos agrícolas	69		1,441
Cultivo de arroz		11,84	
Total	-2.077,65	118,91	2,49

5 Manejo de residuos

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

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

La eliminación de residuos sólidos contempla los sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos Sanitarios), sitios no gestionados de eliminación de residuos (vertederos) y sitios no categorizados de eliminación de residuos. Las emisiones de metano procedente de estas actividades, suele ser la mayor fuente de emisiones de gases de efecto de invernadero del Sector Residuos.

El tratamiento biológico de los residuos sólidos involucra el compostaje a partir de residuos domésticos.

La incineración e incineración abierta de residuos, implica la incineración de residuos que contienen carbono fósil (por ejemplo plásticos) y son importantes fuentes de emisiones de CO_2 del Sector Residuos. No se incluye en las estimaciones, aquellas emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la conversión de residuos 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 residuos sólidos, el tratamiento de aguas residuales y la incineración de residuos no fósiles, producen CO_2 pero de origen biogénico y no se incluyen en este sector.

5.1 Eliminación de residuos sólidos

Los sitios de disposición final de los residuos domiciliarios en Costa Rica, en operación al 2012, se distribuyen de la siguiente manera:

A. Rellenos Sanitarios:

- Parque de Tecnología Ambiental Uruka, ubicado en San José, distrito de la Uruca. Opera desde el año 2000.
- Parque de Tecnología Ambiental Aczerrí, 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, es municipal pero está 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.
- Parque Ecoindustrial de Miramar. Inicia operaciones en el 2011.

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 pueden considerarse como vertederos controlados (PRESOL, 2007).

Para el cálculo de las emisiones de GEI se utilizaron las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, en su volumen 5: Residuos. La metodología propuesta por el IPCC para estimar las emisiones de CH_4 provenientes de los sitio de eliminación de residuos sólidos (SEDS), se basa en el método de descomposición de primer orden (FOD).

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)", basando el cálculo en la entrada en operación de cada uno de los rellenos.

Se utilizó el modelo de fases múltiples, dado los esfuerzos que en Costa Rica se han realizado para caracterizar la composición de los residuos sólidos. La información se recopiló a través de tres fuentes principales: municipalidades, entes rectores (Ministerio de Salud), administradores y operadores de sitios de disposición final de residuos sólidos.

La cantidad de residuos que ingresaron a los distintos rellenos sanitarios, en el año 2012 se muestra en el cuadro 5.1. Es importante señalar, que la cantidad de residuos mostrado 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.

Cuadro 5.1
Residuos que han ingresado en los rellenos sanitarios en el año 2012

Año	Total (t/año)
2012	894.525

De acuerdo a la información del INEC y PRESOL, se ha estimado que los rellenos sanitarios reciben el 58,3% de los residuos sólidos recolectados por los camiones recolectores, los vertederos controlados un 19,8% y los botaderos a cielo abierto un 21,3%.

De esta manera, la generación de residuos industriales para el año 2012 fue de 452.525 T/año.

En lo referente a la segregación de residuos en el cuadro 5.2 se muestra la segregación de los residuos ordinarios, obtenida en estudios de 14 municipalidades.

Cuadro 5.2
Segregación de residuos sólidos municipales

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

Los factores de carbono orgánico degradable (DOC) y carbono orgánico degradable asimilable (DOC_f) así como la constante de generación de metano (k), se tomaron de las directrices del IPCC, ya que no existe en el país información específica para cada uno de los tipos de residuos.

El factor de corrección de metano (MCF) es un indicativo del tipo de sitio de disposición final de residuos. Para el caso de Costa Rica, se consideraron los siguientes valores (cuadro 5.3).

Cuadro 5.3
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	Sitio manejado y profundo	Manejado	Manejado semiaerobio	No categorizado
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.

En cuanto al 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 2012 fueron de 70,20 Gg, de los cuales se logra recuperar un total de 16,44 Gg. Por lo tanto, la emisión de metano en sitios de disposición final, para el año 2012 fue de 53,76 Gg.

5.2 Tratamiento biológico de los residuos sólidos

Compostaje

Aunque el compostaje tiene un gran potencial debido a la elevada presencia de material orgánico en la composición de los residuos domiciliarios 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, sólo la experiencia desarrollada por la municipalidad de Jiménez se ha contabilizado en este inventario, obteniéndose los resultados del cuadro 5.4.

Cuadro 5.4
Emisiones de gases por tratamiento biológico de residuos

Gas	Emisión (Gg)
CH_4	0,001456
N_2O	0,0001

5.3 Incineración e incineración abierta de residuos

El Ministerio de Salud no cuenta con un listado de incineradores industriales en el país, sólo se posee de forma no oficial un listado de tres incineradores en funcionamiento. No obstante, la información de estos incineradores no se encuentra disponible.

Quema abierta de residuos

Los residuos sólidos municipales incinerados corresponden a 124.405 ton/año. En el cuadro 5.5 se presentan las emisiones de este rubro.

Cuadro 5.5
Emisiones de gases por incineración abierta de residuos

Gas	Emisión (Gg)
CO_2	91,06
CH_4	1,23
N_2O	0,015

5.4 Tratamiento y eliminación de aguas residuales

Los factores determinantes en la generación de metano de aguas residuales, son:

- La cantidad de materia orgánica degradable que poseen.
- El sistema empleado en el manejo de las aguas (los sistemas que proveen ambientes anaeróbicos generalmente producen metano, mientras que aquellos que poseen ambientes aeróbicos producen poco o nada de metano).
- La temperatura de las aguas (al aumentar la temperatura del medio, aumenta la producción de metano).

El grado de tratamiento de las aguas residuales es variable dentro del mismo 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 las 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 que se descarguen las aguas residuales domésticas a alcantarillados, no implica que se les efectúe un adecuado tratamiento, pues la mayoría de los casos esta agua se descarga a cuerpos de agua directamente sin tratamiento alguno.

5.4.1 Aguas residuales domésticas en Costa Rica.

En Costa Rica, la cobertura de saneamiento cubre un 99,38% de la población y se distribuyen de la siguiente manera:

- Servicios de alcantarillado sanitario con una cobertura de 25,56%.
- Tanques sépticos en un 70,54%.
- Fosas sépticas y letrinas 2,28% los de mayor alcance.

Los tanques sépticos tienen una cobertura del 70,54%, pero no necesariamente todas las aguas de un hogar se descargan en los mismos, en muchos casos éstos no se encuentran bien diseñados. También existe la posibilidad de que no exista supervisión sobre su construcción, operación y mantenimiento. En la mayoría de los casos, solamente se descargan en ellos las aguas negras; mientras que las provenientes de ducha, lavamanos, lavado de ropa y cocina son transportadas al alcantarillado pluvial. Esto implica que se descargarán en los cuerpos de agua tales como ríos, quebradas, etc. (Ruiz, 2012).

Por otro lado, solamente 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 que son administrados por el AyA, un 50% poseen lagunas anaeróbicas o facultativas, un 20% posee algún tipo de reactor anaeróbico, mientras que el restante 30% son sistemas aeróbicos. En el cuadro 5.6 se detalla la disposición de las aguas residuales domésticas de Costa Rica.

Cuadro 5.6
Disposición de las aguas residuales domésticas en Costa Rica. Año 2012

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

Con respecto a los condominios se tiene muy poca información, pero se ha observado que en la mayoría de los casos la construcción se lleva a cabo 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.

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 f unción del volumen de residuos generados y de un factor de emisión que caracteriza la forma en que tales residuos generan metano.

En caso de no contarse 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 5.7).

Cuadro 5.7
Factores de emisión de metano para los distintos tratamientos o disposiciones de tratamiento de aguas residuales domésticas

Tipos tratamiento	Gases	MCF
No tratada		
Río y lagos,pobres en oxidación	CH_4/N_2O	0,1
Alcantarilla cerrada	---	
Alcantarilla abierta(*)	CH_4	
Tratada		
Aeróbica	poco CH_4/N_2O	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

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

Emisiones de Metano = 24,43 Gg CH_4

Para el cálculo de la emisión de N_2O 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

industriales y comerciales co-eliminadas en el sistema de alcantarillado 1.25.

Con estos datos se determinó que la emisión de N_2O fue 0,1825 Gg N_2O en el 2012.

5.4.2 Aguas residuales industriales

Para realizar el estimado de la producción de metano aportado por aguas residuales industriales, se contemplan únicamente las industrias que poseen sistemas de tratamiento de aguas residuales con alguna unidad anaeróbica. Una vez calculado el índice de producción de materia orgánica (kg DBO o kg DQO/ unidades producidas o procesadas), se procede a estimar el cálculo de metano generado en dichas industrias.

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

La metodología empleada para realizar el cálculo de las emisiones de metano se detalla a continuación:

- Se consideran las actividades productivas que poseen alguna etapa anaeróbica en su sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR).
- Se establece un factor anaeróbico para cada empresa o actividad productiva incluida en la base de datos, el cual consiste en establecer el porcentaje que representa el sistema anaeróbico dentro del sistema total de tratamiento, para cada industria analizada. Este factor anaeróbico es tan solo una primera aproximación, por lo que a futuro deberá estudiarse más a fondo el mismo para establecer mejores aproximaciones.
- Se determina la carga contaminante en términos de DQO, mediante la multiplicación del caudal del agua residual por la concentración de DQO y el factor anaeróbico, para cada industria analizada.
- En los casos de industrias que no reporten valores de concentración DQO pero si valores de caudal, se empleará un valor de concentración promedio por actividad industrial.

Se asume que en forma general, las actividades industriales emiten aguas residuales en promedio durante 11 meses al año, 4,33 semanas al mes, 5 días a la semana. La excepción a esta suposición son los beneficios de café, 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 de petróleo, emplean sistemas totalmente aeróbicos para tratar sus aguas residuales y no se generan vinazas ni aguas residuales asociadas en la producción de alcohol, éste 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.

Sobre los sectores de producción de almidón y procesamiento de frutas y vegetales, existe muy poca información, 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, ya que sus aguas residuales por lo general son tratadas de manera anaeróbica.

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

La cantidad de metano generada por las aguas residuales industriales correspondió a 2,1 Gg de CH_4, en el 2012.

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

5.5 Emisiones totales del sector

En el cuadro 5.8 se presentan las emisiones totales del sector Residuos.

Cuadro 5.8
Emisiones totales del sector residuos en el año 2012

GEI (Gg/año)	Sector Residuos sólidos	Sector Aguas Residuales	GRAN TOTAL
CH_4	54,99	26,53	81,52
N_2O	0,015	0,1825	0,198
CO_2	91,06	0	91,06

6 Resultados totales

6.1 Emisiones totales por gas

Las emisiones totales de gases de efecto invernadero se presenta en el cuadro 6.1.

6.2 Emisión total expresada en CO_2 equivalente

Con el fin de determinar las emisiones relativas de los gases, se presenta la emisión de los gases con efecto invernadero en términos de CO_2 equivalente. Los resultados se determinaron para un horizonte de 100 años, con valores equivalentes de CO_2 para metano de 21, para óxido nitroso de 310, para R-32 R-134a de 1300 y R-404a de 3260, anotados en el cuadro 6.2 y la figura 6.1.

Cuadro 6.2
Emisión de gases con efecto invernadero como CO_2 equivalente para el 2012

Fuente de emisión	Emisiones expresadas en CO_2 equivalente (Gg)
Energía	7.213,83
Procesos industriales y uso de productos	980,70
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	1.119,36
Residuos	1.864,31
Total	11.250,20

Cuadro 6.1
Emisión total de gases de efecto invernadero Año 2012

Sector	Emisión total (Gg)								
	CO_2	CH_4	N_2O	HFC*	SF_6	CO	NOx	NMVOC	SO_2
Energía	6984,78	4,24	0,45			344,30	55,56	67,36	6,49
Procesos industriales y uso de productos	663,26							24,68	0,49
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	-2077,65	118,91	2,49			35,46	2,71		
Residuos	91,06	81,52	0,20						
Total por gas	5661,45	204,67	3,14	0,179	0,000073	379,76	58,27	92,04	6,98

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

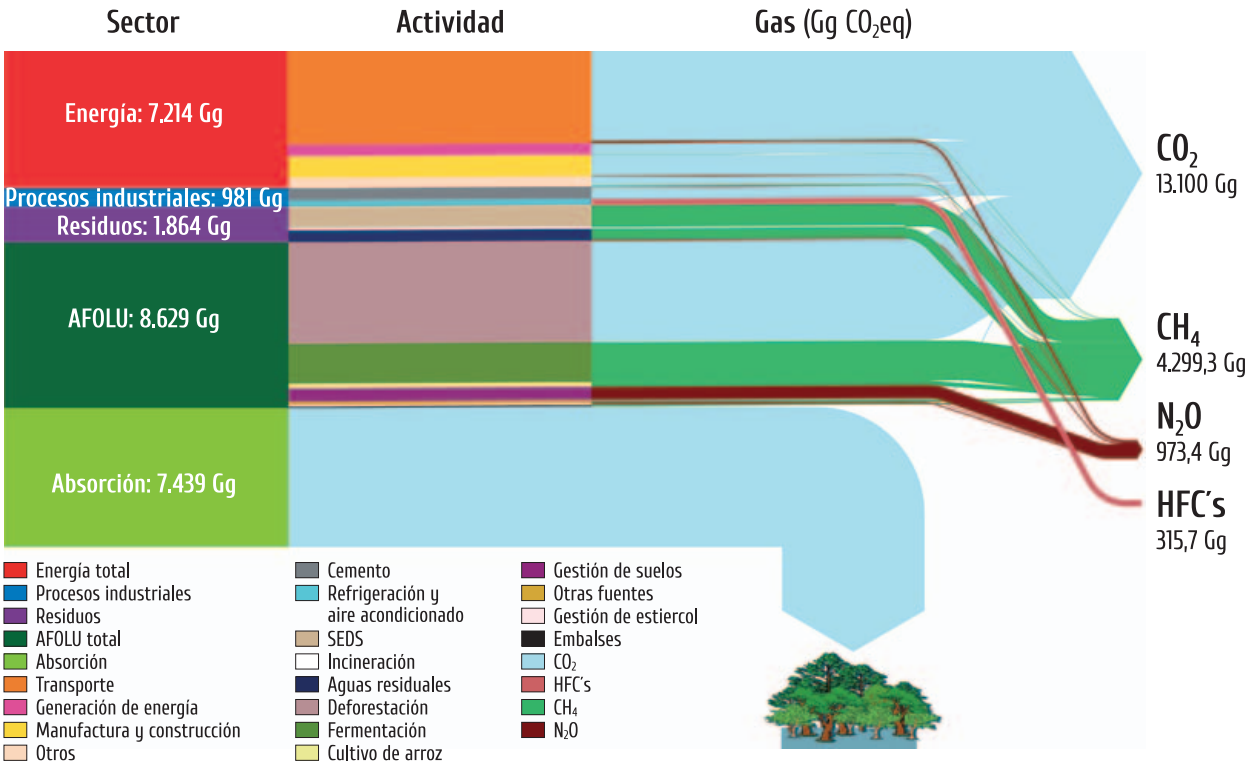

Figura 6.1. Distribución de la emisión de gases con efecto invernadero expresadas como CO_2 equivalente para el 2012.

6.3 Incertidumbre

En el caso del Inventario 2012, las incertidumbres están asociadas tanto a los factores de emisión elegidos para cada fuente, como a los datos de actividad empleados en las estimaciones.

En el cuadro 6.3 se presentan los resultados de la evaluación de incertidumbre del inventario.

Cuadro 6.3
Análisis de incertidumbre del inventario 2012

	Porcentaje de incertidumbre del inventario total	Incertidumbre de la tendencia
Incluyendo sector forestal	32,5	39,7
Excluyendo sector forestal	6,1	5,7

6.4 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 6.4
Indicadores para el 2012

Indicador	2012
Toneladas de CO_2 equivalente por habitante	2,41
Toneladas de CO_2 equivalente por km^2	220
Toneladas de CO_2 equivalente por millón de dólares*	248

* PIB nominal

6.5 Comparación de inventarios de emisiones de GEI

En el cuadro 6.5 y figura 6.2 se muestran los resultados del recálculo de los INGEI, para los años base 2005 y 2010 y el INGEI 2012, utilizando las Directrices 2006 del IPCC.

Los inventarios correspondientes a los años 1990, 1995 y 2000 se incluirán en la próxima Comunicación Nacional.

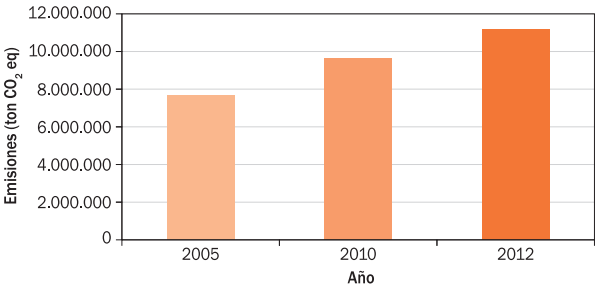

Figura 6.2. Emisiones de gases de efecto invernadero expresadas como CO_2e para los años 2005, 2010 y 2012.

Cuadro 6.5
Emisión de gases con efecto invernadero como CO_2 equivalente para los años 2005, 2010 y 2012

Fuente de emisión Sector	Emisiones expresadas en CO_2 equivalente (Gg) Año		
	2005	2010	2012
Energía	5.922,14	7.027,66	7.213,83
Procesos industriales y uso de productos	612,62	824,89	980,70
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	-228,64	224,7	1.119,36
Residuos	1.383,81	1.539,90	1.864,31
Total	7.689,93	9.617,15	11.250,20

7 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.

Agresta, DIMAP, UCR y Universidad Complutense de Madrid. (2015). *Generating a consistent historical time series of activity data from land use Change for the development of Costa Rica's REDD plus reference level*.

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.

Bach, O. (2013). *Decimonoveno Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Informe Final Agricultura rumbo hacia la sostenibilidad. San José, Costa Rica.

Barrantes, A., Ugalde, S. (2013). *Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2012*. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica.

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.

Carbon Decisions International. (2015). *Nivel de referencia de emisiones y absorciones forestales de Costa Rica ante el Fondo de Carbono de FCPF: metodología y resultados.* https://www.forestcarbonpartnership.org/sites/fcp/files/2015/October/6-Costa%20Rica-Nivel%20de%20referencia-Spanish.pdf

Cifuentes, M. (2008). *Aboveground Biomass and Ecosystem Carbon Pools in Tropical Secondary Forests Growing in Six Life Zones of Costa Rica*.

Chacón, A.R.; 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.

Chacón, A.R.; Montenegro, J. y Sasa, J. (2014). *Inventario Nacional de gases con efecto invernadero y absorción de carbono en Costa Rica en el 2010*. MINAE-IMN. San José, Costa Rica.

Chacón, P. Leblanc, H. y Russo, R. (2007) Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical*. 3 (1). pág. 1 – 11.

Cubero Madriz, G.A. (2011). Trabajo final de graduación. *Evaluación de un sistema de digestión anaerobia para la estabilización de los lodos provenientes de las aguas residuales.* Corporación PIPASA, San Rafael de Alajuela. 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 (2014). *Balance Energético Nacional de Costa Rica 2012. San José, Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía.* DSE. Costa Rica.

FONAFIFO (2015). *Aumentando los acervos de carbono en productos de madera y derivados en Costa Rica*. Informe final.

Fonseca, W.; Alice, F. y Rey, J.M. (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. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. (Vol.4). 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.5). 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 (2013). *Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica*. San José, Costa Rica.

Instituto Meteorológico Nacional (2014). *Mapa de cobertura de la tierra de Costa Rica para el año 2012*. 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 (2011). Clasificación de Actividades Económicas de Costa Rica (CAECR-2011) Estructura y notas explicativas. Vol. 1. San José, Costa Rica.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2012). *Encuesta Nacional de Hogares*. San José, Costa Rica.

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario*. Resultados generales. San José, Costa Rica.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2015). *Población total proyectada por sexo, según provincia, cantón y distrito 2000 – 2015.* San José, Costa Rica.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2015). *Producción de las principales actividades agropecuarias 2006-2012*.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2015). *Producción total de azúcar por tipo según año de la zafra, cosechas 2006/2007-2011/2012*.

Madrigal J. y Fallas, M. (2013). *Informe de encuesta ganadera 2012*. CORFOGA. Costa Rica. 72 p.

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.

Mokany, K., Raison, J. & Prokushkin, A. (2006) Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology* (2006) 12, 84–96

Montero, J. (2013). *Inventario de gases de efecto invernadero del sistema eléctrico nacional Etapa de generación año 2012*. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica.

Orozco, D.R. (2011). *Dimensionamiento y costeo de un digestor anaerobio para el tratamiento de aguas residuales de una granja porcina*. Trabajo final de graduación. Universidad Nacional. Costa Rica.

PROCOMER (2012). *Estadísticas de Comercio Exterior Costa Rica*. San José, Costa Rica.

Quesada, G. (2000). *Tecnología de la palma aceitera*. MAG. Costa Rica.

Ramírez, J.M. (2011*). Resultados sobre calidad de aguas residuales en los sistemas de tratamiento operados y administrados por AyA y estudios especiales*. Informe Anual 2011 Instituto Costarricense de Acueductos y alcantarillados.

Ramírez, J.M. (2012). *Informe anual aguas residuales.* Informe Anual 2012. Instituto Costarricense de Acueductos y alcantarillados. 2012.

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. 24. San José, Costa Rica. 188 p.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (2010). *Reporte Estadístico Forestal 2012*. Sistema de Información de Recursos Forestales. San José, Costa Rica.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (2015). *Inventario Forestal Nacional de Costa Rica*. Avance de Resultados. Programa REDD-CCAD-GIZ. 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.

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 A. Reporte del inventario

Año del inventario	2012
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. Cuadro de resumen (1 de 6)

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_X	CO	NMVOC	SO_2
	Gg			Equivalente de CO_2 (Gg)			Gg			
Total de emisiones y absorciones nacionales	5.661,41	204,73	3,14	315,67		1,75	58,27	379,76	92,04	6,98
1 ENERGÍA	6.984,77	4,3	0,45				55,56	344,30	67,36	6,49
1A1 Industrias de la energía	590,44	0,067	0,010				1,11	0,25	0,03	3,24
1A2 Industrias manufactureras y de construcción	1.090,32	0,56	0,076				6,75	13,05	5,70	3,07
1A3 Transporte	4.827,51	1,26	0,33				46,27	302,55	57,13	NE
1A4 Otros sectores	386,93	2,41	0,033				1,43	28,45	4,50	0,18
1A5 No especificado	NA	NA	NA				NA	NA	NA	NA
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	89,57	0	NO				NO	NO	NO	NE
1B1 Combustibles sólidos	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
1B2 Petróleo y gas natural	NO	0	NO				NO	NO	NO	NO
1B3 Otras emisiones provenientes de la producción de energía	89,57	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. Cuadro de resumen (2 de 6)

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_X	CO	NMVOC	SO_2
		Gg		Equivalente de CO_2 (Gg)			Gg			
2 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	663,26	NO	NO	315,67	0	1,75			24,68	0,49
2A Industria de los minerales	663,26	NO								
2A1 Producción de cemento	639,08	NO								0,49
2A2 Producción de cal	4,58	NO								
2A3 Producción de vidrio	19,6	NO								
2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos: cerámicas	NE	NO								
2A5 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B Industria química	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B1 Producción de amoníaco	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B2 Producción de ácido nítrico	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B3 Producción de ácido adípico	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B4 Producción de caprolactama, glyoxal y ácido glyoxílico	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B5 Producción de carburo	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B6 Producción de dióxido de titanio	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B7 Producción de ceniza de sosa	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B8 Producción petroquímica y de negro de humo	NO	NO	NO				NO	NO	NO	
2B9 Producción fluoroquímica							NO	NO	NO	
2B10 Otros (sírvase especificar)	NO						NO	NO	NO	

Cuadro A. Cuadro de resumen (3 de 6)

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	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 (sírvase 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	19,77	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	19,77	NO
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. Cuadro de resumen (4 de 6)

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_X	CO	NMVOC	SO_2
	Gg			Equivalente de CO_2 (Gg)			Gg			
2F Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono				315,67	0		NO	NO	NO	NO
2F1 Refrigeración y aire acondicionado	NA			315,67	NO		NO	NO	NO	NO
2F2 Agentes espumantes	NA				NO		NO	NO	NO	NO
2F3 Productos contra incendios	NA				NO		NO	NO	NO	NO
2F4 Aerosoles					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						1,75	NO	NO	NO	NO
2G1 Equipos eléctricos					NO	1,75	NO	NO	NO	NO
2G2 SF_6 y PFC del uso de otros productos					NO	NO	NO	NO	NO	NO
2G3 N_2O del uso de productos			NE				NO	NO	NO	NO
2G4 Otros (sírvase especificar)	NO	NO		NO			NO	NO	NO	NO
2H Otros (sírvase especificar)	NA	NA	NA				NO	NO	4,91	NO
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	4,91	NO
2H3 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO

Cuadro A. Cuadro de resumen (5 de 6)

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_X	CO	NMVOC	SO_2
		Gg		Equivalente de CO_2 (Gg)			Gg			
3 AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	-2.077,65	118,91	2,49				2,71	35,46		
3A Ganado		101,05								
3A1 Fermentación entérica		99,23								
3A2 Gestión del estiércol		1,82	0,20							
3B Tierra	-2.077,65	2,19	0							
3B1 Tierras forestales	-7.438,5									
3B2 Tierras de cultivo	2.238,5									
3B3 Pastizales	3.053,32									
3B4 Humedales	NO	2,19								
3B5 Asentamientos	IE									
3B6 Otras tierras	NO									
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 en la tierra		15,67	2,29				2,71	35,46	NE	NO
3C1 Quemado de biomasa	IE	3,83	0,10				2,71	35,46	NE	NO
3C2 Encalado	69									
3C3 Aplicación de urea	IE									
3C4 Emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados			2,19							
3C5 Emisiones indirectas de N_2O de los suelos gestionados			IE							
3C6 Emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol			IE							
3C7 Cultivo del arroz		11,84	NO							
3C8 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							
3D Otros										
3D1 Productos de madera recolectada	NE									
3D2 Otros (sírvase especificar)	NO									

Cuadro A. Cuadro de resumen (6 de 6)

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_X	CO	NMVOC	SO_2
		Gg		Equivalente de CO_2 (Gg)			Gg			
4 RESIDUOS	91,06	81,52	0,20							
4A Eliminación de residuos sólidos	NO	53,76								
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos		0,0015	0,0001							
4C Incineración e incineración abierta de residuos	91,06	1,23	0,015							
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	NA	26,53	0,18							
4E Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							
5 OTROS										
5A Emisiones indirectas de N_2O de la deposición atmosférica de nitrógeno en NO_X y NH_3			IE							
5B Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO							
Elementos recordatorios (5)										
Tanques de combustible internacional	NO									
Aviación internacional (Tanques de combustible internacional)	552,53	0,005	0,016				2,53	0,554	0,049	NE
Transporte marítimo y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	57,35	0,005	0,001				0,002	0,0001	0,00005	NE
Operaciones multilaterales	NO									

Cuadro B. Cuadro de resumen

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_X	CO	NMVOC	SO_2
		Gg		Equivalente de CO_2 (Gg)			Gg			
Total de emisiones y absorciones nacionales	5.661,41	204,73	3,14	315,67		1,75	58,27	379,76	92,04	6,98
1 ENERGÍA	6.984,77	4,3	0,45				55,56	344,30	67,36	6,49
1A Actividades de quema de combustible	6.895,2	4,3	0,45				55,56	344,30	67,36	6,49
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	89,57	NO	NO				NO	NO	NE	NO
1C Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono	NO									
2 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	663,26			315,67		1,75			24,68	0,49
2A Industria de los minerales	663,26									
2B Industria química										
2C Industria de los metales										
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente									19,77	
2E Industria electrónica						1,75				
2F Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono										
2G Manufactura y utilización de otros productos										
2H Otros									4,91	
3 AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	-2.077,65	118,91	2,49				2,71	35,46	NE	NO
3A Ganado		101,05	0,20							
3B Tierra	-2.146,65	2,19	0							
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 en la tierra	69	15,67	2,29							
3D Otros										

Cuadro B. Cuadro de resumen (continuación)

Categorías	CO_2 neto	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NO_X	CO	NMVOC	SO_2
		Gg		Equivalente de CO_2 (Gg)			Gg			
4 RESIDUOS	91,06	81,52	0,20							
4A Eliminación de residuos sólidos		53,76								
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos		0,0015	0,0001							
4C Incineración e incineración abierta de residuos	91,06	1,23	0,015							
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales		26,53	0,18							
4E Otros (sírvase especificar)										
5 OTROS										
5A Emisiones indirectas de N_2O de la deposición atmosférica de nitrógeno en NO_X y NH_3										
5B Otros (sírvase especificar)										
Elementos recordatorios (5)										
Tanques de combustible internacional										
Aviación internacional (Tanques de combustible internacional)	552,53	0,005	0,016				2,53	0,554	0,049	
Transporte marítimo y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	57,35	0,005	0,001				0,002	0,0001	0,00005	
Operaciones multilaterales										

Anexo B. 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.

$CACO_3$: 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.

CH_4: Metano.

CO_2: Dióxido de carbono.

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

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

DBO_5: Demanda bioquímica de oxígeno con prueba de cinco días, expresada en miligramos por litro.

DQO: Demanda química de oxígeno.

Residuos 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.

HNO_3: Ácido nítrico.

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

kha: Kilohectáreas, miles de hectáreas.

kt, kton: Kilotoneladas, miles de toneladas.

LPG: Siglas en inglés de gases licuados de petróleo, fracciones de hidrocarburos ligeros de la serie de las parafinas, que se derivan de los procesos de refinería y de las plantas de

estabilización del petróleo crudo. Son principalmente propano y butano o una mezcla de estos dos hidrocarburos.

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.

Ml: Megalitros, un millón de litros.

NH_3: Amoníaco.

NH_4+: Amonio.

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

N_2O: 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.

SO_2: Dióxido de azufre.

Tasas de emisiones de otros gases: Las tasas de los compuestos de carbono son la masa de carbono liberada como CH_4 o CO (en unidades de C) con respecto a la masa total de carbono liberado por combustión (en unidades de C). Las de compuestos de nitrógeno se expresan como las tasas de nitrógeno liberado como N_2O 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

minae

imn
Instituto Meteorológico Nacional
Fundado en 1888

gef

PNUD
Al servicio de las personas y las naciones