

Inventario nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero en Costa Rica

2015



Inventario nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero en Costa Rica

2015



- © 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 2019: Inventario Nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2015. Primera Edición.

Autores:

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

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..... 1. INTRODUCCIÓN

1.1 ARREGLOS INSTITUCIONALES	11
1.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL INGEI	12
1.3. ALCANCE Y METODOLOGÍA	13
1.4. CATEGORÍAS DE FUENTES CLAVE	15
1.4.1 Evaluación de nivel	15
1.4.2 Evaluación de tendencias	16
1.5 CONTROL DE CALIDAD/GARANTÍA DE LA CALIDAD	16
1.6 ARCHIVO	17
1.7 EXHAUSTIVIDAD	17
1.8 INCERTIDUMBRES	17

19..... 2. ENERGÍA

2.1 ACTIVIDADES DE COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES	19
2.1.1 Industrias de la energía	19
2.1.1.1 Generación de electricidad	19
2.1.1.2 Refinación de petróleo	20
2.1.1.3 Producción de carbón vegetal	20
2.1.2 Industria de manufactura y construcción	20
2.1.3 Sector transporte	20
2.1.4 Otros sectores	22
2.1.4.1 Sector residencial	22
2.1.4.2 Sector comercial, institucional y servicios	22
2.1.4.3 Sector agropecuario	22
2.2 EMISIONES FUGITIVAS PROVENIENTES DE LA EXTRACCIÓN Y MANIPULACIÓN DE COMBUSTIBLES Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA	22
2.2.1 Emisiones fugitivas procedentes de los sistemas de petróleo	22
2.2.2 Producción de energía geotérmica	22
2.3 EMISIONES DE COMBUSTIBLES A DEPÓSITO INTERNACIONAL	23
2.4 EMISIONES DE CO ₂ POR USO DE COMBUSTIBLES BIOMÁSICOS	23
2.5 COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE REFERENCIA CON EL MÉTODO SECTORIAL	23
2.6 EMISIÓN TOTAL DEL SECTOR ENERGÉTICO	24

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

3.1 INDUSTRIA DE LOS MINERALES	26
3.1.1 Producción de cemento	26
3.1.2. Producción de cal	26
3.1.3 Producción de vidrio	26
3.1.4 Otros usos de carbonatos: Uso de carbonato de sodio	27
3.2 INDUSTRIA QUÍMICA	27
3.2.1 Producción de carburo	27
3.3 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	27
3.3.1 Uso de lubricantes	27
3.3.2 Uso de ceras de parafina	28
3.4 USO DE PRODUCTOS SUSTITUTOS DE LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO	28
3.4.1 Refrigeración y aire acondicionado	28
3.5.2 Protección contra incendios	29
3.4.3 Aerosoles	29
3.5. MANUFACTURA Y UTILIZACIÓN DE OTROS PRODUCTOS	30
3.5.1 Emisiones de SF ₆ procedentes de los equipos eléctricos	30
3.6 EMISIÓN TOTAL	30

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

4.1 GANADO DOMÉSTICO	31
4.1.1 Fermentación entérica	31
4.1.1.1 <i>Fermentación entérica en bovinos</i>	31
4.1.1.2 <i>Fermentación entérica en otros animales domésticos</i>	32
4.1.2 Manejo de estiércol	32
4.1.2.1 <i>Manejo de estiércol en ganado bovino</i>	32
4.1.2.2 <i>Manejo de estiércol en otros animales domésticos</i>	33
4.2 TIERRAS	34
4.2.1 Tierras forestales	34
4.2.1.1 <i>Tierras forestales que permanecen como tales: Plantaciones forestales</i>	34
4.2.1.2 <i>Tierras convertidas en tierras forestales</i>	35
4.3 TIERRAS DE CULTIVO	35
4.3.1 Tierras de cultivo que permanecen como tales	35
4.3.2 Tierras convertidas en tierras de cultivo	36
4.4 PASTIZALES	36
4.4.1 Pastizales que permanecen como tales	36
4.4.2 Tierras convertidas en pastizales	36
4.5 HUMEDALES	36
4.5.1 Humedales gestionados	36
4.5.2 Tierras inundadas	37
4.5.2.1 <i>Emisiones de CH₄ provenientes de tierras inundadas</i>	37

4.6	ASENTAMIENTOS	37
4.6.1	Asentamientos que permanecen como asentamientos	37
4.6.2	Tierras convertidas en asentamientos	37
4.7	OTRAS TIERRAS	37
4.8	FUENTES AGREGADAS Y FUENTES NO CO ₂ DE LA TIERRA	37
4.8.1	Emisiones de GHG por quemado de biomasa	37
4.8.1.1	<i>Emisiones de la quema de biomasa en bosque</i>	37
4.8.1.2	<i>Emisiones de la quema de biomasa en cultivos</i>	38
4.8.1.3	<i>Emisiones de la quema de biomasa en pastizales</i>	38
4.8.2	Encalado	39
4.8.3	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	39
4.8.3.1	<i>Emisiones en pastos</i>	39
4.8.4	Cultivo de arroz	40
4.8.6	Productos de madera	40
4.9	EMISIÓN TOTAL	41
43	5. MANEJO DE RESIDUOS	
5.1	ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	43
5.2	TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	44
5.3	INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE RESIDUOS	45
5.3.1	Incineración abierta de residuos	45
5.4	TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	45
5.4.1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	46
5.4.2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	46
5.5	EMISIONES TOTALES DEL SECTOR	48
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 ASOCIADOS	50
6.5	INVENTARIOS DE EMISIONES DE GEI	50
53	7. BIBLIOGRAFÍA	
59	ANEXOS	
	ANEXO A. REPORTE DEL INVENTARIO	59
	ANEXO B. GLOSARIO	68



Índice de cuadros

Cuadro	Pág.
Cuadro 1.2. Niveles metodológicos utilizados en el inventario 2015	13
Cuadro 1.1. Potenciales de calentamiento global usados en el inventario 2015	13
Cuadro 1.3. Fuentes principales de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo con la evaluación de nivel	15
Cuadro 1.4. Fuentes principales de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo al análisis de tendencias	16
Cuadro 1.5. Análisis de incertidumbre del inventario 2015	17
Cuadro 2.1. Categorías estimadas en el sector Energía	19
Cuadro 2.2. Emisión de gases en las industrias de la energía en el 2015	20
Cuadro 2.3. Emisión de gases en la industria de manufactura y construcción en el 2015	21
Cuadro 2.4. Emisión de gases en otros sectores durante el 2015	22
Cuadro 2.5. Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al transporte internacional en el 2015	23
Cuadro 2.6. Comparación entre métodos de cálculo de CO ₂ en el sector Energía	23
Cuadro 2.7. Emisión de gases por sector para el 2015	24
Cuadro 3.1. Categorías estimadas en el sector procesos industriales y uso de productos	25
Cuadro 3.2. Emisión de CO ₂ en el proceso de producción de cemento	26
Cuadro 3.3. Emisión de CO ₂ en el proceso de producción de cal	26
Cuadro 3.4. Emisión de CO ₂ en el proceso de producción de vidrio	26
Cuadro 3.5. Emisión de CO ₂ por uso de carbonato de sodio	27
Cuadro 3.6. Emisión de CO ₂ por uso de carburo de calcio	27
Cuadro 3.7. Emisión de CO ₂ por uso de lubricantes	27
Cuadro 3.8. Emisión de CO ₂ por uso de ceras de parafina	28
Cuadro 3.9. Emisiones debidas a la refrigeración y aire acondicionado en el 2015	29
Cuadro 3.10. Emisión total por proceso industrial en el 2015	30
Cuadro 4.1. Categorías estimadas en el sector Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	31
Cuadro 4.1. Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino durante el 2015	32
Cuadro 4.2. Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos durante el 2015	32
Cuadro 4.3. Emisión de metano por manejo del estiércol de ganado bovino durante el 2015	33
Cuadro 4.4. Emisiones de metano y óxido nitroso por manejo del estiércol de otros animales domésticos durante el 2015	33
Cuadro 4.5. Absorción de CO ₂ por las plantaciones forestales en el 2015	35

Cuadro	Pág.
Cuadro 4.6. Absorción de dióxido de carbono por la regeneración natural durante el 2015	35
Cuadro 4.7. Balance de CO ₂ en tierras forestales durante el 2015	35
Cuadro 4.8. Emisión de CO ₂ por la conversión de bosques a tierras de cultivo	36
Cuadro 4.9. Emisión de CO ₂ por la conversión de bosques a pastizales en Costa Rica en el 2015	36
Cuadro 4.10. Emisión de gases por quema de biomasa en bosques en el 2015	38
Cuadro 4.11. Emisión de gases por quema en el campo de residuos agrícolas en el 2015	38
Cuadro 4.12. Liberación de gases por quema de pasturas durante el 2015	39
Cuadro 4.13. Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos durante el 2015	39
Cuadro 4.14. Emisión de óxido nitroso del suelo cubierto con diferentes tipos de pasto durante el 2015	40
Cuadro 4.15. Emisión de metano en la producción de arroz anegado durante el 2012	40
Cuadro 4.16. Absorción de carbono y emisión de gases con efecto invernadero en el sector AFOLU durante el 2015	41
Cuadro 5.1. Categorías estimadas en el sector manejo de residuos	43
Cuadro 5.3. Segregación de residuos sólidos municipales	44
Cuadro 5.2. Residuos que han ingresado en los sitios de disposición de residuos en el año 2015	44
Cuadro 5.4. Emisiones de gases por tratamiento biológico de residuos	45
Cuadro 5.5. Emisiones de gases por incineración abierta de residuos	45
Cuadro 5.6. Disposición de las aguas residuales domésticas en Costa Rica. Año 2015 planta de tratamiento en tercer lugar.	46
Cuadro 5.7. Emisiones totales del sector residuos en el año 2015	48
Cuadro 6.1. Emisión total de gases de efecto invernadero año 2015	49
Cuadro 6.2. Emisión de gases con efecto invernadero como CO ₂ equivalente para el 2015	50
Cuadro 6.3. Análisis de incertidumbre del inventario 2015	50
Cuadro 6.4. Indicadores relacionados a las emisiones GEI	50
Cuadro 6.5. Emisión de gases con efecto invernadero expresados como CO ₂ equivalente para los años 2005, 2010, 2012 y 2015	51



Índice de figuras

Figura	Pág.
Figura 1.1. Estructura de los arreglos institucionales para elaboración del inventario de GEI.	11
Figura 1.2. Ciclo de inventario de Costa Rica.	12
Figura 2.1. Emisión de GEI expresadas como CO ₂ e en el sector transporte en el 2015	21
Figura 2.2. Emisiones del sector energético en el 2015	24
Figura 4.1. Mapa de cobertura y uso de la tierra de Costa Rica Año 2015.	34
Figura 6.1. Emisiones de gases de efecto invernadero expresadas como CO ₂ e para los años 2005, 2010, 2012 y 2015	50



Agradecimiento

El Ministerio de Ambiente y Energía, a través del Instituto Meteorológico Nacional institución responsable de la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) para el año base 2015, agradece a todas las instituciones, organizaciones, empresas y actores clave, que contribuyeron con datos, conocimientos, infraestructura e insumos, para hacer posible la elaboración del presente informe país.

Expresamos nuestro agradecimiento especial por su colaboración en la preparación de la séptima edición del INGEI de Costa Rica, a la Secretaría de Planificación del Subsector Energía (SEPSE), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), la Universidad Nacional (UNA), la Dirección de Calidad del Aire (DIGECA), la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), la empresa privada, las organizaciones no gubernamentales, así como a los consultores que apoyaron la elaboración de este documento.

Agradecemos además el apoyo financiero brindado por el Fondo Mundial del Ambiente (GEF), a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, como parte del Proyecto Costa Rica: Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

A todos muchas gracias por la colaboración brindada.

1.

Introducción

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

Como país firmante de la Convención, Costa Rica inició el proceso de elaboración de

inventarios nacionales y ha publicado cinco inventarios utilizando las diferentes metodologías que para tal fin ha establecido el Grupo 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 2015.

1.1 Arreglos institucionales

El equipo gestor del inventario de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de GEI



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

de Costa Rica, está integrado por una coordinadora, quien a su vez, es la encargada del control y garantía de calidad así como del proceso de archivo; y cinco líderes técnicos responsables de cada uno de los sectores del inventario.

Los datos de actividad se obtienen de una amplia evaluación y apoyo de diferentes fuentes de información que incluyen instituciones públicas y empresa privada. Los expertos técnicos apoyan la labor de recolección y generación de información así como la escogencia de factores de emisión.

El proceso de revisión y validación externa se ha realizado con expertos en la revisión de inventarios de gases de efecto invernadero, en muchos casos, expertos y autores de las Directrices del IPCC.

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

1.2. Proceso de elaboración del INGEI

El proceso de elaboración del INGEI se lleva a cabo de la siguiente forma:



Figura 1.2. Ciclo de inventario de Costa Rica.

1.3. Alcance y metodología

En la elaboración del Inventario Nacional por fuentes de gases de efecto invernadero (GEI) y absorción por sumideros para el año 2015, se utilizaron las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* y la información suministrada en las directrices para declarar los precursores.

Las emisiones de GEI se evaluaron para las cuatro categorías de emisión definidas por el IPCC: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos; Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra; y Residuos.

Se evaluaron los siguientes gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC) y dióxido de azufre (SO₂). Adicionalmente se evaluó el carbono negro.

En este inventario se contabilizaron las emisiones por cada GEI y también en unidades

Cuadro 1.1. Potenciales de calentamiento global usados en el inventario 2015

Gas de efecto invernadero	Potencial de calentamiento global (PCG)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC-32	650
HFC-125	2.800
HFC-134a	1.300
HFC-143a	3.800
HFC-152	140
HFC-23	11.700
SF ₆	23.900

de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.), con el fin de poder compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total nacional de emisiones. Los potenciales de calentamiento global utilizados fueron los indicados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC para un horizonte de 100 años (cuadro 1.1).

Los niveles metodológicos empleados en cada fuente se observan en el cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Niveles metodológicos utilizados en el inventario 2015

Categoría	Subcategoría	Fuente	Nivel	Factores de emisión	
Energía	Industrias de la energía	Generación de electricidad	1	Por defecto	
		Refinación de petróleo			
		Producción de carbón vegetal			
	Manufactura e industria de la construcción	Todas las industrias	1	Por defecto	
	Transporte	Terrestre	Ferrocarril	1	Por defecto
			Marítimo	1	
			Aviación Civil doméstica	1	
			Aviación civil internacional	3a	
			Otros sectores	Comercial, residencial y agropecuario	
	Emisiones fugitivas	Sistemas de petróleo	Generación geotérmica	2	Específico del país

Cuadro 1.2. Continuación

Categoría	Subcategoría	Fuente	Nivel	Factores de emisión
Procesos industriales y uso de productos	Industria de los minerales	Producción de cemento	2	Por defecto y específico
		Producción de cal	2	Específico
		Producción de vidrio	1	Por defecto
		Uso de carbonato de sodio	1	Por defecto
	Industria química	Uso de carburo de calcio	1	Por defecto
	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	Uso de lubricantes	1	Por defecto
		Uso de ceras de parafina	1	Por defecto
	Uso de productos sustitutos de las SAOs	Refrigeración y aire acondicionado	1	Por defecto
		Agentes espumantes	1	
		Protección contra incendios	1	
Aerosoles		1		
Manufactura y utilización de otros productos	Equipos eléctricos	1	Por defecto	
Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	Ganado	Fermentación entérica	2	Por defecto y específico
		Manejo de estiércol	1	Por defecto
	Tierras forestales	Tierras forestales que permanecen como tales	2	Específico
	Tierras agrícolas	Tierras convertidas en tierras de cultivo	2	Por defecto y específico
	Pastizales	Tierras convertidas en pastizales	2	Por defecto y específico
	Asentamientos	NE		
	Humedales	Tierras inundadas que permanecen como tales	1	Por defecto
	Otras tierras	NO		
	Fuentes agregadas y fuentes de emisión No CO ₂	Emisiones del quemado de biomasa	1	Por defecto
		Suelos agrícolas	2	Específico
Cultivo de arroz		2	Específico	
Productos de madera		2	Por defecto	
Residuos	Eliminación de residuos sólidos	Sitios gestionados	2	Específico y por defecto
		Sitios no gestionados		
	Tratamiento biológico de residuos sólidos		1	Por defecto
	Incineración e incineración abierta de residuos	Incineración	2	Ambos
		Incineración abierta	2	Ambos
Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Aguas residuales domésticas	1	Por defecto	
	Aguas residuales industriales	1	Por defecto	

1.4. Categorías de fuentes clave

Las categorías principales de fuente constituyen la mayor contribución de emisiones nacionales y puede que con el tiempo tengan gran influencia en las tendencias de emisiones.

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.

Costa Rica ha identificado las categorías de fuente, presentadas en los cuadros 1.3 y 1.4, como las que contribuyen mayormente a las emisiones nacionales, la evaluación fue realizada mediante un análisis de categorías principales de fuente y tendencia, tal y como se establece en el capítulo 4, volumen 1 de las *Directrices del IPCC de 2006*.

1.4.1 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	28,9	28,9
CO ₂ : Combustión móvil: transporte terrestre	17,4	46,3
CO ₂ : Pastizales	11,8	58,2
CO ₂ : Tierras de cultivo	8,7	66,9
CH ₄ : Fermentación entérica	8,1	75,0
CH ₄ : Eliminación de desechos sólidos	4,4	79,4
N ₂ O: Suelos agrícolas	2,6	82,0
CO ₂ : Producción de cemento	2,5	84,5
CO ₂ : Generación de electricidad	2,2	86,6
CH ₄ : Tratamiento de aguas residuales domésticas	2,0	88,6
CO ₂ : Otras industrias	1,8	90,5
CO ₂ : Industria de alimentos, bebidas y tabaco	1,7	92,2
HFC: Uso de SAOs	1,2	93,4
CH ₄ : Producción de arroz	1,0	94,4
CO ₂ : Residencial	0,6	95,0
CO ₂ : Agricultura, silvicultura y pesca	0,5	95,4

1.4.2 Evaluación de tendencias

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

Categoría de Fuente	Contribución %	Total acumulado %
CO ₂ : Combustión móvil: transporte terrestre	23,0	23,0
CO ₂ : Tierra forestal que se convierte a pasto	15,6	38,7
CO ₂ : Tierra forestal que se convierte a cultivo	11,5	50,1
CH ₄ : Fermentación entérica	10,7	60,8
CO ₂ : Conversión a tierras forestales	6,1	67,0
CH ₄ : Disposición de desechos sólidos	5,8	72,7
N ₂ O: Suelos agrícolas	3,5	76,2
CO ₂ : Producción de cemento	3,3	79,5
CO ₂ : Generación de electricidad	2,8	82,4
CH ₄ : Tratamiento de aguas residuales domésticas	2,6	85,0
CO ₂ : Otras industrias	2,4	87,4
CO ₂ : Industria de alimentos, bebidas y tabaco	2,2	89,7
HFC: Uso de SAOs	1,6	91,3
CH ₄ : Producción de arroz	1,3	92,6
CO ₂ : Sector residencial	0,8	93,4
CO ₂ : Otros sectores: Agricultura/forestal/pesca	0,6	94,0
CO ₂ : Sector comercial	0,6	94,6
CO ₂ : Incineración e incineración abierta	0,5	95,1

1.5 Control de calidad/garantía de la calidad

Para el aseguramiento y control de calidad se siguieron las *Directrices del IPCC de 2006* contemplando procedimientos como: documentación de datos, proceso de archivo a las fuentes de datos así como a los resultados, se realizó también 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 realizó una verificación independiente, no obstante, las consideraciones y recomendaciones realizadas en verificaciones anteriores fueron puestas en práctica con el fin de mejorar y afinar la calidad del inventario.

En el presente inventario se incluyeron tres nuevas fuentes de emisión en el sector Procesos Industriales como son: lubricantes y grasas, ceras de parafina, uso de carbonato de sodio y uso de acetileno y en el sector AFOLU se incluyó Productos de Madera recolectada.

Con respecto a la incertidumbre, se utilizó el método 1: propagación del error, de acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006*.

1.6 Archivo

Se conserva la información referente a los datos y resultados del inventario realizado para el año 2015, tanto en formato escrito como electrónico. El archivo se mantiene en el Instituto Meteorológico Nacional. Los resultados están siendo incluidos en el Sistema Nacional de Métrica de Cambio Climático (SINAMECC).

1.7 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 las emisiones de carbono de suelos.

1.8 Incertidumbres

De acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006*, las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial para un inventario de emisiones exhaustivo. La estimación y reporte de las incertidumbres permiten priorizar los esfuerzos para mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro, definir los temas específicos en los que es necesario realizar investigación a fin de enriquecer los atributos del inventario y orientar las decisiones sobre la elección de la metodología.

En el caso del INGEI 2015, 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 de 2006*. En el cuadro 1.5 se presentan los resultados de la evaluación de incertidumbre del inventario, se realizó una estimación de la incertidumbre incluyendo y excluyendo el sector forestal.

Cuadro 1.5. Análisis de incertidumbre del inventario 2015

	Porcentaje de incertidumbre del inventario total	Porcentaje de incertidumbre de la tendencia
Incluyendo sector forestal	27,43	29,20
Excluyendo sector forestal	6,44	6,30

2.

Energía

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la combustión de combustibles y volatilización de gases. Las categorías y subcategorías estimadas, así como los gases emitidos en este sector se muestran en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Categorías estimadas en el sector Energía

Categorías de fuentes de gases de efecto invernadero	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1.A. Actividades de quema de combustible			
1.A.1. Industrias de la energía	X	X	X
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	X	X	X
1.A.3. Transporte	X	X	X
1.A.4. Otros sectores	X	X	X
1.B. Emisiones fugitivas provenientes de la producción de combustibles			
1.B.2. Petróleo y gas natural		X	
1.B.3. Otras emisiones provenientes de la producción de energía	X		

2.1 Actividades de combustión de combustibles

El consumo de combustibles fue tomado del balance energético anual elaborado por la Secretaría de Planificación del Subsector 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 cuenta con el contenido de carbono de algunos 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).

En el caso de las plantas térmicas del país, utilizan básicamente dos combustibles fósiles: el búnker y el diésel dependiendo de la tecnología utilizada. El búnker es el combustible más usado con 94%.

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

Cuadro 2.2. Emisión de gases en las industrias de la energía en el 2015

Tipo de industria	Emisión de CO ₂ Gg	Emisión de CH ₄ Gg	Emisión de N ₂ O Gg
Generación de electricidad	73,19	0,042	0,006
Refinación de petróleo	29,95	0,001	0,0002
Producción de carbón vegetal	NA	0,007	0,001
Total	103,20	0,05	0,007

del dióxido de carbono que no se agrega al valor final.

2.1.1.2 Refinación de petróleo

A pesar de que en el 2015 no hubo refinación de petróleo, se presentó un consumo de IFO 380 en la refinería.

2.1.1.3 Producción de carbón vegetal

Se contabilizan las emisiones de metano y óxido nitroso siendo el dióxido de carbono contabilizado, pero no se agrega al valor final.

En el cuadro 2.2 se muestran las emisiones de la industria de la energía en el 2015.

2.1.2 Industria de manufactura y construcción

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

En 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 diésel 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 54% de la energía, seguida por otras industrias con 20% y madera y productos de la madera con 17%.

La industria de manufactura y construcción se subdividió en las siguientes clases, de acuerdo con 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 2.3 se muestran los resultados de la evaluación de emisiones en el sector de industria de manufactura.

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

Cuadro 2.3. Emisión de gases en la industria de manufactura y construcción en el 2015

Tipo de industria	Emisión de CO ₂ Gg	Emisión de CH ₄ Gg	Emisión de N ₂ O Gg
Alimentos, bebidas y tabaco	352,58	0,40	0,054
Textiles y cuero	42,61	0,002	0,0003
Madera y productos de madera	13,39	0,11	0,015
Pulpa, papel e imprenta	35,03	0,013	0,002
Productos químicos	38,65	0,001	0,0003
Construcción	80,95	0,011	0,0006
Otras industrias	522,75	0,027	0,004
Total	1.085,96	0,56	0,08

exhaustividad mundial, pero no se suma a las emisiones del país.

Para la contabilización de las emisiones se utilizó el factor de emisión de CO₂ 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 estos en los vehículos.

En el 2015, el parque vehicular en circulación en Costa Rica tuvo un consumo similar de diésel y gasolina, produciéndose emisiones de CO₂ similares para ambos combustibles.

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

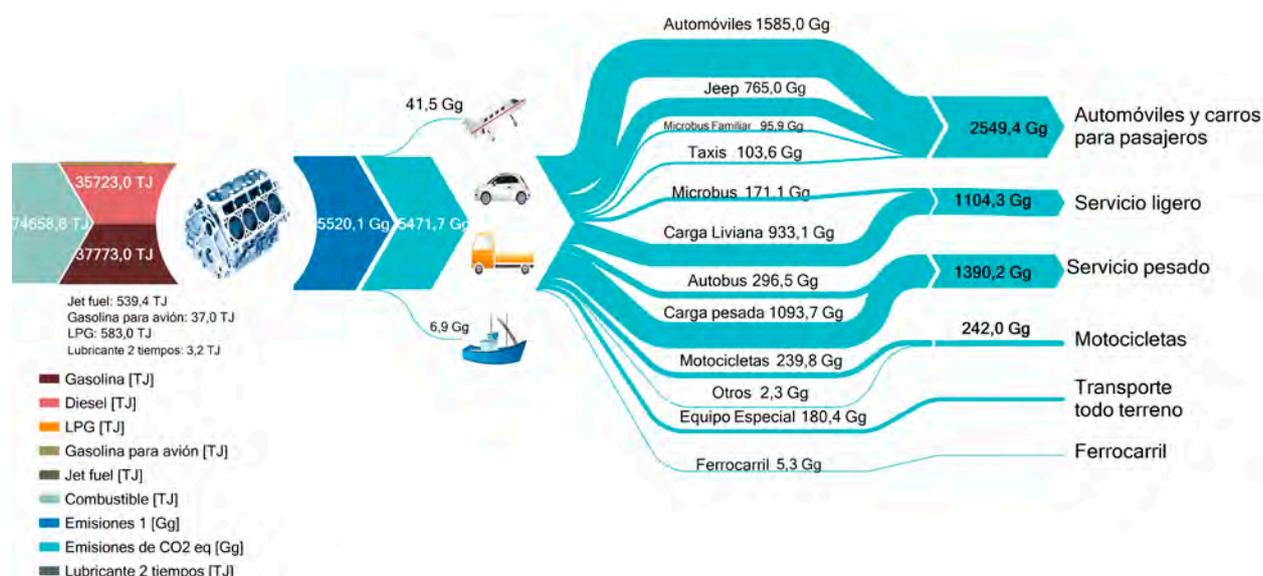


Figura 2.1. Emisión de GEI expresadas como CO₂e en el sector transporte en el 2015

2.1.4 Otros sectores

2.1.4.1 Sector residencial

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

Cabe aclarar que las emisiones netas de CO₂ a partir de la leña y el carbón vegetal son consideradas nulas debido a que su uso se considera sostenible pues proviene de podas del café o cercas vivas.

2.1.4.2 Sector comercial, institucional y servicios

En el sector comercial se utiliza gasolina y diésel para 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, y en la generación de fuerza motriz.

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 contabiliza 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 diésel se utiliza para generación de fuerza motriz y enfriamiento y la gasolina exclusivamente en generación de fuerza motriz.

En el cuadro 2.4 se muestran las emisiones por gas para cada uno de los otros sectores.

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 2015 no hubo importación de petróleo crudo por lo que no existen emisiones de este rubro.

2.2.2 Producción de energía geotérmica

Para calcular las emisiones por la producción de energía geotérmica, se determinó que un 71,5% de la generación geotérmica en el

Cuadro 2.4. Emisión de gases en otros sectores durante el 2015

Sector	Emisión de CO ₂ Gg	Emisión de CH ₄ Gg	Emisión de N ₂ O Gg
Residencial	163,91	1,57	0,021
Comercial, Público y servicios	98,20	0,33	0,005
Agropecuario	148,48	0,02	0,001
Total	410,59	1,92	0,027

año 2015 se realizaba en plantas flash y un 28,5% en plantas binarias, las cuales tienen 0 emisiones.

La generación total por plantas geotérmicas fue de 1326 GWh, correspondiendo a plantas flash un valor de 948 GWh.

El factor de emisión fue tomado de la literatura y cuyo valor es de 90 ton CO₂/GWh. La emisión de CO₂ es 86,8 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 pues 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 2.5 se presentan las emisiones por transporte aéreo y marítimo internacional.

Cuadro 2.5. Emisión de gases con efecto invernadero asociadas al transporte internacional en el 2015

Tipo	Gas (Gg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Aéreo	578,51	0,005	0,017
Marítimo	27,01	0,002	0,001
Total	605,52	0,007	0,018

2.4 Emisiones de CO₂ 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 CO₂ corresponde a 2.647,7 Gg, los cuáles no suman al total de emisiones por su origen biogénico.

2.5 Comparación del método de referencia con el método sectorial

Las emisiones de CO₂ por consumo de combustibles de la categoría de Energía estimadas con los métodos de Referencia y Sectorial difieren en 1,85% entre ambos métodos en el año 2015. 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 2.6).

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

Método sectorial	Método de referencia	Diferencia
6.993,88	6.864,40	1,85%

2.6 Emisión total del sector energético

En el cuadro 2.7 se observan los resultados obtenidos en el 2015.

Cuadro 2.7. Emisión de gases por sector para el 2015

Subsector	Gas emitido (Gg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Industrias de la energía	103,20	0,05	0,01
Industria de manufactura y construcción	1.085,96	0,56	0,08
Transporte	5.394,13	1,44	0,31
Otros sectores	410,59	1,92	0,03
Emisiones fugitivas	86,76	0	0
TOTAL	7.080,64	3,97	0,43

La figura 2.2 muestra la distribución porcentual de las emisiones del sector energético en el año 2015.

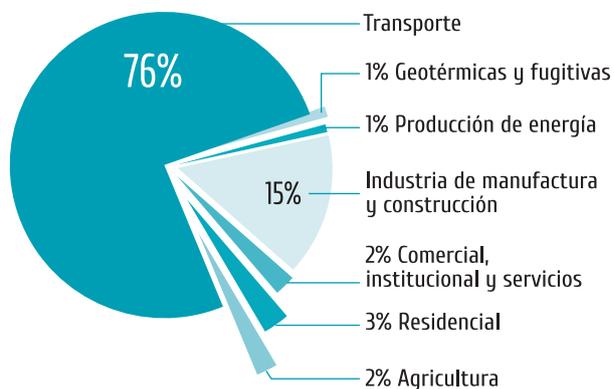


Figura 2.2. Emisiones del sector energético en el 2015

3.

Procesos Industriales y uso de productos

En este sector se contabilizan las emisiones de GEI en la atmósfera debidas a transformaciones químicas y físicas en el sector de procesos industriales y uso de productos (IPPU) en Costa Rica.

Las categorías y subcategorías estimadas, así como los gases emitidos se muestran en el cuadro 3.1 a continuación; se han identificado categorías no estimadas, pero estas serán abordadas más adelante.

Cuadro 3.1. Categorías estimadas en el sector procesos industriales y uso de productos

Categorías de fuentes de gases de efecto invernadero	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃
2.A. Industria de los Minerales							
2.A.1. Producción de cemento	X						
2.A.2. Producción de cal	X						
2.A.3. Producción de vidrio	X						
2.A.4. Otros usos de carbonatos 2.A.4b Otros usos de carbonatos de sodio	X						
2.B. Industria Química							
2.B.5. Producción de carburo	X						
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes							
2.D.1. Uso de lubricantes	X						
2.D.2. Uso de ceras de parafina	X						
2.F. Emisiones de los sustitutos fluorados para las ODS							
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado				X			
2.F.3. Protección contra incendios				X			
2.F.4. Aerosoles				X			
2.G. Manufactura y utilización de otros productos							
2.G.1. Equipos eléctricos						X	

Adicionalmente existen otras fuentes como la fabricación de alimentos que incluyen bebidas alcohólicas, el procesamiento de carnes, elaboración de azúcar y pan, entre otros en las que se producen gases precursores de gases de efecto invernadero.

Para el cálculo de las emisiones se consideraron las *Directrices del IPCC de 2006* solicitando la información de datos de actividad directamente al personal encargado en cada empresa, y 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) y se emite CO_2 como subproducto, el CaO reacciona posteriormente con otros minerales para formar el clínker. Por esta razón, es una práctica recomendable calcular las emisiones de CO_2 a partir de los datos de clínker procesado y no de cemento.

Considerando lo anterior, se siguió el método de nivel 2 de las *Directrices del IPCC de 2006*, calculando las emisiones de CO_2 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 de 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 3.2 se presenta la emisión de CO_2 en el proceso de producción de cemento.

Cuadro 3.2. Emisión de CO_2 en el proceso de producción de cemento

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2015	675,19

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 el factor de emisión nacional.

En el cuadro 3.3 se presenta la emisión de CO_2 en el proceso de producción de cal para el 2015.

Cuadro 3.3. Emisión de CO_2 en el proceso de producción de cal

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2015	2,47

3.1.3 Producción de vidrio

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

En el cuadro 3.4 se presenta la emisión de CO_2 en el proceso de producción de vidrio durante el 2015.

Cuadro 3.4. Emisión de CO_2 en el proceso de producción de vidrio

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2015	16,93

3.1.4 Otros usos de carbonatos: Uso de carbonato de sodio

De acuerdo con las *Directrices del IPCC de 2006* existen procesos en los que se utiliza carbonato de sodio (Na_2CO_3) que resultan en la liberación de CO_2 , entre estos procesos se encuentra incluidos la producción de vidrio, de jabones y de detergentes, la desulfuración de gases de combustión por vía húmeda; los productos químicos; la pulpa y el papel y otros productos de consumo común. Tanto su producción como consumo producen la liberación de CO_2 .

En el cuadro 3.5 se presenta la emisión de CO_2 por uso de carbonato de sodio durante el año 2015.

Cuadro 3.5. Emisión de CO_2 por uso de carbonato de sodio

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2015	3,43

3.2 Industria química

3.2.1 Producción de carburo

En Costa Rica no hay producción de carburo de calcio, sin embargo, es utilizado como materia prima en la fabricación de acetileno el cual es posteriormente empleado en aplicaciones de soldadura produciendo CO_2 .

El dato de actividad utilizado son las importaciones de carburo de calcio menos las exportaciones, por lo que se considera que todo lo que permanece en el país se utiliza para producir acetileno y que este es utilizado en el mismo año de producción.

En el cuadro 3.6 se presenta la emisión de CO_2 por uso de carburo de calcio durante el año 2015.

Cuadro 3.6. Emisión de CO_2 por uso de carburo de calcio

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2015	0,34

3.3 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente

3.3.1 Uso de lubricantes

Durante su uso en aplicaciones tanto en la industria como en el transporte, parte de los lubricantes se oxidan, generando emisiones de dióxido de carbono. En esta categoría se incluyen únicamente estas emisiones, por lo que se excluyen las emisiones de lubricantes utilizados con fines energéticos como por ejemplo los utilizados en motores de dos tiempos y los utilizados como combustible en quemadores industriales. En este inventario estas emisiones se encuentran desagregadas en lubricantes y grasas

Los datos se obtienen de las importaciones y exportaciones de lubricantes, por tipo. Se encuentran excluidos de los datos de actividad todos los lubricantes de dos tiempos, cuya combustión se reporta en el sector energía del inventario nacional de emisiones.

En el cuadro 3.7 se presenta la emisión de CO_2 por uso de lubricantes y grasas durante el año 2015.

Cuadro 3.7. Emisión de CO_2 por uso de lubricantes

Año	Emisión de CO_2 (Gg)
2015	13,73

3.3.2 Uso de ceras de parafina

Durante el uso de materiales que contienen parafina se da una oxidación parcial de esta, resultando en emisiones de CO₂. Según las *Directrices del IPCC de 2006* las ceras de parafina se utilizan en velas, como recubrimiento de cajas, recubrimiento de papel, producción de alimentos, entre otros. Las emisiones resultantes para esta categoría en Costa Rica para el año 2015 fueron 1,73 Gg de CO₂.

Los datos de actividad se basan en las importaciones y exportaciones de parafinas, específicamente importaciones de velas, o materia prima para preparación de velas.

En el cuadro 3.8 se presenta la emisión de CO₂ por uso de ceras de parafina durante el año 2015.

Cuadro 3.8. Emisión de CO₂ por uso de ceras de parafina

Año	Emisión de CO ₂ (Gg)
2015	1,73

3.4 Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono

Esta es una de las categorías más importantes del sector IPPU de Costa Rica y abarca las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFCs) en diferentes aplicaciones que se describirán a continuación con mayor detalle para las tres subcategorías estimadas en este inventario: refrigeración y aire acondicionado, aerosoles y protección contra incendios.

Es importante indicar que en el caso de las mezclas de refrigerantes como el R404a, R410b, R401b, R402b, R407, R407c, R422D,

R507 entre otras han sido desagregadas y contabilizadas en sus componentes.

3.4.1 Refrigeración y aire acondicionado

Las emisiones debidas a gases del tipo HFC en aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado se dividieron en tres categorías: refrigeración, refrigeración móvil y aire acondicionado (en esta se encuentran agregado estacionario y móvil) debido a la disponibilidad de la información. Se observa que las emisiones por refrigeración (443,3 Gg de CO₂ eq) fueron más de 3 veces mayores a las de aires acondicionados (145,3 Gg de CO₂ eq) para el 2015. En cuanto a las emisiones totales por tipo de gas, el gas que se emitió más por unidad de masa es el 134a con más de 200 000 kg, seguido por el HFC-125 con 64 450 kg.

Los datos de actividad se obtienen de los gases contenidos en equipos y en cilindros para recargas importados al país. Los datos de actividad se encuentran desagregados por detalle de equipo importado o tipo de gas en cilindro importado para el período 2012-2015, para los años desde 1999 que fue cuando se reportó el primer ingreso de estos gases a 2011 se tiene el total por tipo de gas importado por lo que a ese período se le aplicó el promedio de distribución por subaplicación del 2012-2015.

Se toma, además, un valor de vida útil por defecto de 15 años y se considera que todo el gas remanente al final de ese período es liberado, sin ninguna fracción de recuperación ni de destrucción.

En el cuadro 3.9 se presenta la emisión de gas refrigerante durante el año 2015.

Cuadro 3.9. Emisiones debidas a la refrigeración y aire acondicionado en el 2015

Aplicación	Gas (kg)	2015
Refrigeración	HFC-32	926,7
	HFC-125	24.259,7
	HFC-134a	193.262,4
	HFC-143a	31.760,9
	HFC-152a	20.113,0
	HFC-23	1,2
	Total (kg)	270.323,9
	Total Gg CO ₂ eq.	443,3
Refrigeración móvil	HFC-32	0,1
	HFC-125	1.735,4
	HFC-134a	252,4
	HFC-143a	2.577,1
	Total (kg)	4.564,9
	Total Gg CO ₂ eq.	15,0
Aire acondicionado	HFC-32	33.893,3
	HFC-125	38.455,1
	HFC-134a	6.514,7
	HFC-143a	1.875,7
	Total (kg)	80.738,8
	Total Gg CO ₂ eq.	145,3
Total	Total (kg)	35.5627,7
	Total Gg CO₂ eq.	603,6

3.5.2 Protección contra incendios

Existen sistemas de protección contra incendio que utilizan gases HFC's y PFC's, en esta categoría se contabilizan las emisiones debidas

a las fugas, uso y durante la disposición final de equipos que contienen estos gases. En el caso de Costa Rica se han contabilizado aplicaciones que utilizan HFC-125 para estos propósitos.

Los datos de actividad se obtienen de los gases contenidos en sistemas y en cilindros para recargas importados al país, se encuentran desagregados por detalle de equipo importado o tipo de gas en cilindro importado para el año 2015.

El factor de emisión utilizado es de 4% para todos los sistemas de protección contra incendios, valor por defecto de las *Directrices del IPCC de 2006*.

Las emisiones en el año 2015 fueron de 0,62 Gg de CO₂ equivalente.

3.4.3 Aerosoles

En algunas ocasiones los HFC's y PFC's son utilizados en aerosoles, tal como lo indican las *Directrices del IPCC de 2006*, estas emisiones ocurren en períodos cortos de tiempo después de la producción.

Los datos de actividad se obtienen de las importaciones de aerosoles que contengan HFC, las identificadas consistieron en aerosoles fabricados con 100% de HFC-152a, se tiene registro completo de las importaciones para el período 2012-2015.

Se utilizó un factor por defecto de 50% de la carga inicial, por lo que se supone que la mitad se libera el primer año y la otra mitad el segundo año.

Para este inventario se logró rastrear el HFC-152a utilizado en aerosoles, las emisiones se encuentran en el cuadro 3.10, en donde alcanzaron 2338,71 kg de gas o 0,327 Gg de CO₂ eq.

3.5. Manufactura y utilización de otros productos

3.5.1 Emisiones de SF₆ procedentes de los equipos eléctricos

De acuerdo con las *Directrices de IPCC de 2006*, el hexafluoruro de azufre (SF₆) se emplea como aislante eléctrico y para interrumpir la corriente en los equipos utilizados en la transmisión y distribución de electricidad. La mayor parte del SF₆ utilizado en los equipos eléctricos se emplea en conmutadores y subestaciones con aislación de gas (GIS, del inglés, Gas-Insulated Substations) y en los disyuntores a gas (GCB, del inglés, Gas Circuit Breakers), aunque parte del SF₆ se emplea en líneas de alta tensión con aislación de gas (GIL, del inglés, Gas Insulated Lines), en transformadores para aparatos de medida externos con aislación de gas y en otros equipos.

En Costa Rica, el hexafluoruro de azufre se utiliza en equipos eléctrico como aislante

eléctrico en cajas de interruptores en sistemas de transmisión y distribución eléctrica.

Las fugas de SF₆ en los sistemas de transmisión y distribución se estiman directamente, ya que el Instituto Costarricense de Electricidad contabiliza la reposición de SF₆ de los sistemas, toda esta reposición se considera como fuga ya que no existe recuperación y reciclado del gas.

Los datos de reposición se tienen para el período comprendido entre 2010-2015, en el año 2014 se empezó a controlar el uso de SF₆ y sus fugas por lo que las condiciones cambiaron.

En el año 2015 se reportan las emisiones debidas al SF₆, que corresponden a 81 kg de SF₆ o 1,936 Gg de CO₂ equivalente.

3.6 Emisión total

En el cuadro 3.10 se presenta la emisión total en los Procesos Industriales en el 2015 expresados en Gg de gas.

Cuadro 3.10. Emisión total por proceso industrial en el 2015

Subsector	Gas (Gg)						
	CO ₂	R-32	R-125	R-134a	R-143a	R-152	SF ₆
Producción de cemento	675,19						
Producción de cal	2,47						
Producción de vidrio	16,93						
Uso de carbonato de sodio	3,43						
Producción de carburo	0,34						
Uso de lubricantes	13,73						
Uso de ceras de parafina	1,73						
Refrigeración y AC		0,0348	0,0644	0,2000	0,0362	0,0201	
Protección contra incendios			0,0002				
Aerosoles						0,0023	
Equipo eléctrico							0,000081

4.

Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra

Las actividades agropecuarias y forestales 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, generan emisiones de GEI o absorción de CO₂.

4.1 Ganado doméstico

4.1.1 Fermentación entérica

4.1.1.1 Fermentación entérica en bovinos

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 2015 (cuadro 4.1).

La emisión de metano entérico estimada para el 2015, fue mayor para el sistema de

Cuadro 4.1. Categorías estimadas en el sector Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra

Categorías de fuentes de gases de efecto invernadero	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3.A. Ganado			
3.A.1. Fermentación entérica		X	
3.A.2. Gestión del estiércol		X	
3.B. Tierra			
3.B.1. Tierras forestales	X		
3.B.2. Tierras de cultivo	X		
3.B.3. Pastizales	X		
3.B.4. Humedales		X	
3.B.5. Asentamientos			
3.B.6. Otras tierras			
3.C. Fuentes agregadas y fuentes no CO₂ de la tierra			
3.C.1. Emisiones de GHG por quemado de biomasa		X	X
3.C.2. Encalado	X		
3.C.4. Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados			X
3.C.7. Cultivo de arroz		X	
3.D.1. Productos de madera recolectada	X		

producción de carne y cría, la cual representó el 42% del total; en segundo lugar en magnitud de emisión se ubicó el doble propósito con 32%. La menor emisión (26%) se estimó para el sistema de producción de leche (cuadro 4.1).

La magnitud de la emisión de metano es el resultado de la población animal en combinación con el manejo ofrecido en cada sistema de producción, siendo la nutrición un aspecto clave y que incide directamente en la cantidad de metano emitido al ambiente.

Cuadro 4.1. Emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino durante el 2015

Sistema de producción	Población (cabezas)	Emisión de metano (Gg)
Leche	330.277	19,81
Carne	540.920	32,08
Doble propósito	442.674	24,58
Total	1.313.871	76,47

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 población 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 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.

En el 2015, la emisión de metano entérico en otros animales domésticos, que incluye caballos, mulas, búfalos, cerdos, cabras y ovejas, proviene mayoritariamente (71%) de los caballos (cuadro 4.2), lo cual es consecuencia de la combinación de la población de esta especie animal y el factor de emisión sugerido por el IPCC. En segundo lugar con 14% de la emisión se ubican los cerdos, seguidos por los búfalos de agua (8%) cuya población se ha incrementado sensiblemente en los últimos años. La emisión proveniente de las restantes especies representó aproximadamente el 7% del total de esta categoría.

Cuadro 4.2. Emisión de metano por fermentación entérica en otros animales domésticos durante el 2015

Especie	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de metano (Gg)
Cerdos	451.004	1,0	0,451
Cabras	10.158	3,5 – 5,0	0,051
Ovejas	26.071	3,5 – 5,0	0,13
Búfalos de agua	4.796	55,0	0,264
Caballos	126.114	18,0	2,27
Mulas	5.277	10,0	0,053
Total	623.420	---	3,22

4.1.2 Manejo de estiércol

4.1.2.1 Manejo de estiércol en ganado bovino

En términos generales, y con la excepción del sistema de producción de leche donde un bajo porcentaje de los productores realiza la distribución manual de las mismas en el campo,

no se proporciona ningún tratamiento al estiércol bovino, ya que el mismo queda distribuido en los campos de pastoreo. Además, hay que anotar que en los últimos años entre los productores de leche se ha incrementado la práctica de distribuir los purines mediante riego en las pasturas.

Debido que hasta el momento no se dispone de factores de emisión nacionales para las excretas de los bovinos, y por lo tanto se utiliza el factor de emisión sugerido por el IPCC, la relación de la emisión es directamente proporcional a la población animal en cada sistema de producción.

La magnitud de la emisión de metano que se deriva del estiércol depositado en el suelo por los bovinos varía con el sistema de producción, y ello está directamente relacionado con la población animal. Por lo anterior, debido a que el sistema de producción de carne y cría tiene la mayor población (INEC, 2014) la mayor emisión de metano proviene de este sistema productivo. Caso contrario se determinó para la emisión de este gas en el sistema de producción de leche

donde la población animal es la más baja de los tres sistemas productivos; la magnitud estimada de la emisión de metano de las excretas fue intermedio para el doble propósito (cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Emisión de metano por manejo del estiércol de ganado bovino durante el 2015

Especie	Población (cabezas)	Factor de emisión kg/cabeza/año	Emisión de metano (Gg)
Leche	330.277	1,0	0,330
Carne	540.920	1,0	0,541
Doble propósito	442.674	1,0	0,443
Total	1.313.871	---	1,314

4.1.2.2 Manejo de estiércol en otros animales domésticos

Para el 2015, los mayores valores de metano se estimaron para las excretas producidas por cerdos (67%) y caballos (31%) (cuadro 4.4). Con respecto al óxido nitroso, de igual manera que para el metano, caballos (52%) y cerdos (34%) representaron las fuentes de

Cuadro 4.4. Emisiones de metano y óxido nitroso por manejo del estiércol de otros animales domésticos durante el 2015

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	451.004	1,0	0,451	0,18	0,174
Cabras	10.158	0,17	0,002	0,37	0,009
Ovejas	26.071	0,15	0,005	0,26	0,020
Búfalos de agua	4.796	1,0	0,005	0,90	0,009
Caballos	126.114	1,64	0,207	0,79	0,266
Mulas	5.277	0,90	0,005	0,66	0,007
Aves de corral		NA	NA	0,002	0,031
Total	623.420	--	0,675	---	0,516

mayor emisión; las aves de corral generaron el 6% de este gas y se ubicaron como tercer fuente en importancia.

4.2 Tierras

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

En la figura 4.1 se presenta el mapa de cobertura y uso de la tierra de Costa Rica para el año 2015.

4.2.1 Tierras forestales

4.2.1.1. Tierras forestales que permanecen como tales: Plantaciones forestales

Para el análisis de absorción de CO₂ en las plantaciones forestales, se consideró el área determinada en el mapa de cobertura de la tierra 2015. Para calcular el área plantada por especie se utilizaron los resultados del *Censo Agropecuario 2014* y el área en crecimiento en esta misma fuente.

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.

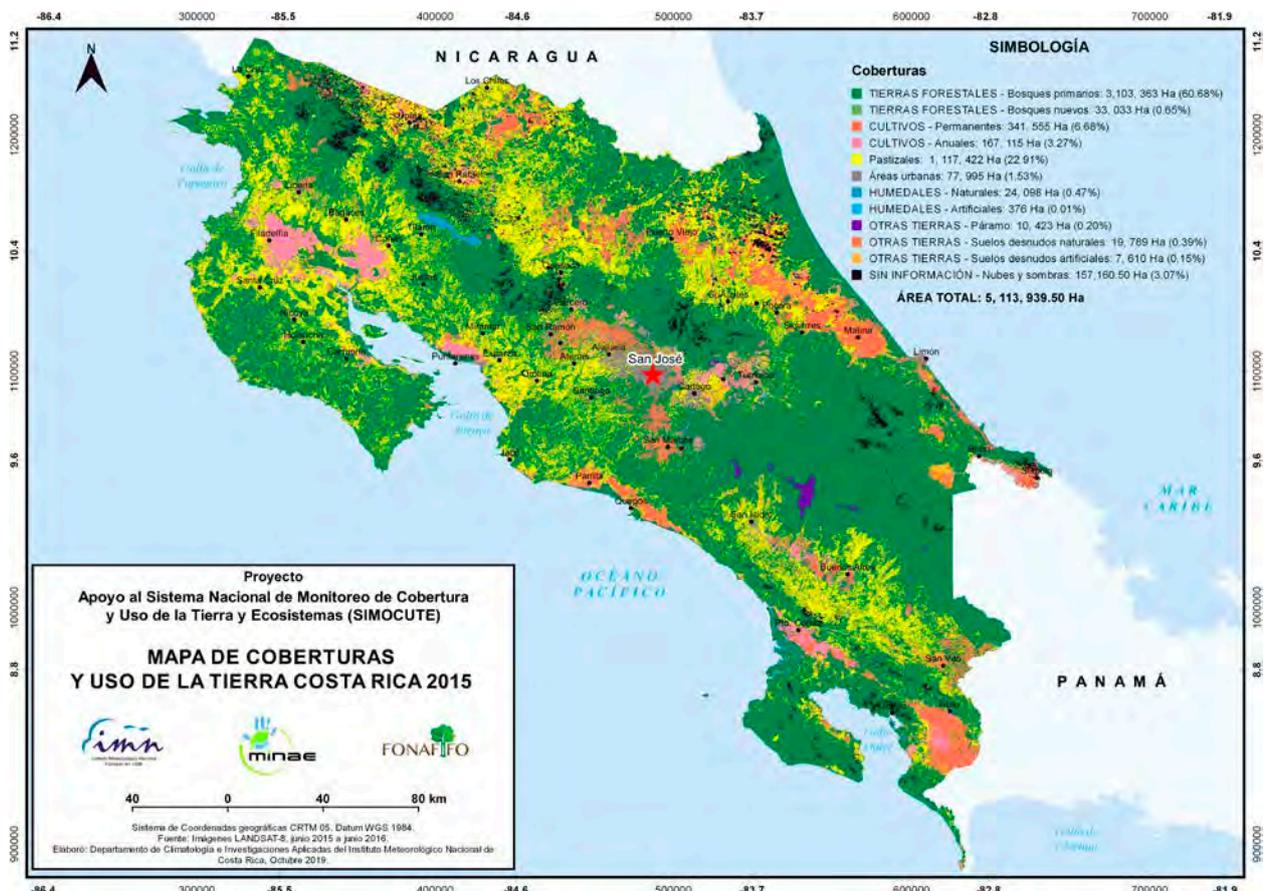


Figura 4.1. Mapa de cobertura y uso de la tierra de Costa Rica Año 2015.

Con la información anterior se procedió a determinar el carbono total absorbido, el carbono emitido por cosecha y la absorción neta de CO₂.

Los valores de dióxido de carbono absorbido por las plantaciones forestales en el 2015 se presentan en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Absorción de CO₂ por las plantaciones forestales en el 2015

Especie	Área Ha	Absorción de CO ₂ (Gg)
Ciprés	2.227	-10,8
Eucalipto	1.621	-12,8
Laurel	2.572	-7,02
Melina	18.246	-132,88
Pino	1.791	-15,82
Pochote	4.298	-14,92
Teca	47.196	-242,88
Otras	10.996	-85,02
Subtotal	88947	-522,13

4.2.1.2 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.

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 2015

	Área Ha	Absorción de CO ₂ (Gg)
Bosque muy húmedo	259.301	-3.085,0
Bosque húmedo	366.800	-5.316,9
Bosque seco	20.167	-99,9
Manglar	11.548	-130,2
Yolillal	23.822	-312,0
Subtotal	681.638	-8.944,6

El balance de emisiones en tierras forestales contempló la pérdida de carbono por cosecha de madera y la pérdida de carbono por perturbaciones.

En el cuadro 4.7 se presentan los resultados en tierras forestales.

Cuadro 4.7. Balance de CO₂ en tierras forestales durante el 2015

	Balance de CO ₂ Gg
Plantaciones	-522,13
Crecimiento de bosque secundario	-8.944,6
Pérdidas por remoción de madera	496,6
Pérdidas por perturbaciones	2.857,2
Total	-6.112,93

4.3 Tierras de cultivo

4.3.1 Tierras de cultivo que permanecen como tales

De acuerdo al mapa de cobertura de la tierra 2015, las áreas de cultivo corresponden a 167.115 ha de cultivos estacionales, que

comprenden granos básicos, hortalizas, piña, legumbres.

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

En el caso de los cultivos permanentes corresponden a 341.555 ha, corresponden 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 las pérdidas de carbono debidas a la conversión de bosque maduro y bosque secundario a tierras de cultivo. Para el análisis de pérdidas de carbono 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 4.8.

Cuadro 4.8. Emisión de CO₂ por la conversión de bosques a tierras de cultivo

Tipo de bosque	Área Ha	Emisión de CO ₂ (Gg)
Bosque maduro	1.141	855,37
Bosque secundario	3.176	420,91
TOTAL		1.276,28

4.4 Pastizales

4.4.1 Pastizales que permanecen como tales

El área de pastos en el 2015 corresponde a 1.117.422 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 abarca la pérdida de carbono debida a la conversión de bosques a tierras de pastos permanentes. Para el análisis se utilizó la serie de mapas elaborados para determinar el nivel de referencia de REDD.

Con relación a la biomasa después de la conversión se consideró el valor recomendado en las *Directrices del IPCC de 2006*.

La estimación del dióxido de carbono liberado por la conversión de bosques se presenta en el cuadro 4.9.

Cuadro 4.9. Emisión de CO₂ por la conversión de bosques a pastizales en Costa Rica en el 2015

Tipo de bosque	Área Ha	Emisión de CO ₂ Gg
Bosque maduro	2.999	1.299,66
Bosque secundario	7.479	1.063,42
TOTAL		2.363,08

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 con el mapa de cobertura de la tierra 2015 es de 24.474 ha.

4.5.2 Tierras inundadas

4.5.2.1 Emisiones de CH₄ provenientes de tierras inundadas

Se consideraron las emisiones de CH₄ correspondientes a los embalses destinados a la generación hidroeléctrica.

Considerando los mecanismos por medio de los cuales los embalses liberan CH₄ a la atmósfera:

- Difusión en la 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 CH₄ 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 pues no existe a nivel nacional un factor de emisión que tenga la validez científica aún 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 CH₄ en tierras inundadas.

4.6 Asentamientos

4.6.1 Asentamientos que permanecen como asentamientos

En el caso de los asentamientos que permanecen como tales, no se consideran las emisiones debidas a las pérdidas de biomasa

las ramas que se quitan durante la poda o los recortes del césped pues éstas son eliminadas como residuos sólidos que van a vertederos, por lo que las emisiones se contabilizan en el sector Residuos.

El área de asentamientos en el 2015 corresponde a 77.995 ha, de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra.

4.6.2 Tierras convertidas en asentamientos

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

4.7 Otras tierras

En lo que se refiere a otras tierras se incluye el páramo y el terreno descubierto. En ambos casos, no se presentan emisiones en otras tierras que permanecen como tales y de acuerdo al mapa de cobertura de la tierra no se presentan tierras que se conviertan en otras tierras. Las áreas de páramo y terreno descubierto corresponden a 37.823 ha.

4.8 Fuentes agregadas y fuentes no CO₂ de la tierra

4.8.1 Emisiones de GHG por quemado de biomasa

4.8.1.1 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 2015 corresponde a 10.404,81 ha.

En el cuadro 4.10 se detallan las emisiones de metano y óxido nitroso emitidas por la quema en bosque y plantaciones.

Cuadro 4.10. Emisión de gases por quema de biomasa en bosques en el 2015

Tipo de bosque	Área quemada ha	Gas (Gg)	
		CH ₄	N ₂ O
Bosque secundario	10.260,81	2,95	0,087
Plantaciones	144	0,052	0,0015
Total	10.404,81	3,00	0,088

4.8.1.2 Emisiones de la quema de biomasa en cultivos

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

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

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 INGEI, sólo 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 4.11) se realizó basada en la metodología sugerida por el IPCC del 2006 para la preparación de inventarios.

Cuadro 4.11. Emisión de gases por quema en el campo de residuos agrícolas en el 2015

Residuos	Gas	
	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)
Agrícola	--	--
Charral, tacotal	0,142	0,002
Total	0,142	0,002

4.8.1.3 Emisiones de la quema de biomasa en pastizales

La región del Pacífico Norte de Costa Rica presenta una estación seca durante un periodo aproximado de 5 meses (de diciembre a abril), los pastos tienden a secarse y se registra un aumento en los incendios en pasturas.

En el 2015, de acuerdo con la información de la Comisión Nacional de Incendios, se estimó que se quemaron 10.710 hectáreas de pasto. Para el cálculo de la cantidad de gas generado se utilizaron los valores sugeridos por el IPCC (2006).

Cuadro 4.12. Liberación de gases por quema de pasturas durante el 2015

Gas	Emisión (Gg)
CH ₄	0,004
N ₂ O	0,062

4.8.2 Encalado

En Costa Rica se practica el encalado en algunos cultivos para mejorar el crecimiento de los mismos. Para la determinación de esta fuente de emisión se consideró la cantidad de carbonato de calcio agregado al suelo, cuyo valor es de 158.978 toneladas en el año 2015, resultando en una emisión de 73,13 Gg de CO₂. No se utiliza dolomita en esta práctica de cultivo.

4.8.3 Emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados

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 utiliza 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 4.13). 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 4.13. Emisión de óxido nitroso en diferentes cultivos durante el 2015

Cultivo ¹	Área sembrada Ha	Factor de emisión kg/ha/año	Emisión de N ₂ O Gg
Café con sombra	54.686	4,95	0,425
Café sin sombra	29.447	1,86	0,086
Caña de azúcar	64.676	3,60	0,366
Banano	43.024	2,92	0,197
Plátano	10.000	2,92	0,046
Frutas ²	37.393	3,13	0,117
Palma africana	69.426	2,06	0,143
Palmito	4.716	3,25	0,015
Granos básicos	55.925	1,4	0,078
Hortalizas	9.866	2,23	0,022
Otros	2.879	0,83	0,002
Total	382.038	---	1,497

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.

4.8.3.1 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 (cuadro 4.14).

Cuadro 4.14. Emisión de óxido nítrico del suelo cubierto con diferentes tipos de pasto durante el 2015

Pasto	Área estimada Ha	Factor de emisión kg/ha/año	Emisión de N ₂ O Gg
Brachiarias y otros mejorados ¹	577.659	0,961	0,555
Naturales ²	458.684	0,54	0,248
Total	1.036.343	---	0,803

1. Incluye estrella, kikuyo y varias especies de Brachiaria

2. Incluye pasto natural, ratana, jaragua

4.8.4 Cultivo de arroz

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.

El área cultivada de arroz es fluctuante y responde a variaciones en el precio de este grano, factores climáticos y disponibilidad de semilla, entre otros. 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, en el 2015 se sembraron 20.415 ha bajo este sistema, lo cual representó una emisión de 12,10 Gg de metano.

En el cuadro 4.15 se presentan las emisiones de metano por este rubro.

Cuadro 4.15. Emisión de metano en la producción de arroz anegado durante el 2012

Régimen de manejo de agua	Área cosechada (ha)	Factor de emisión kg/ha/día	Emisión de metano Gg
Continuamente inundado	20.415	4,94	12,1

4.8.6 Productos de madera

Para la evaluación de productos de madera se consideró el capítulo 12 del volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de GEI* sobre PMR (IPCC, 2006), consistentes con las que utiliza el país para medir y reportar sus emisiones. A pesar de esto, algunas decisiones metodológicas tomaron como base las *Directrices del 2013 de Buenas Prácticas y Métodos Complementarios que surgen del Protocolo de Kioto* (IPCC, 2014).

Acorde al método de producción que fue seleccionado para el cálculo del aporte de PMR, las *Directrices del IPCC de 2006* consideran que el depósito de PMR está relacionado con las actividades del bosque y, por lo tanto, no supone la oxidación instantánea de la madera en el año de la recolección.

Para la evaluación se utilizaron estadísticas específicas del país para la producción y uso de la madera, fue posible identificar las tendencias de diferentes fuentes de abastecimiento de

madera (e.g. bosques, plantaciones forestales y terrenos de uso agropecuario) y el carbono almacenado para el año 2015.

Se determinó que los PMR almacenaron 422,39 Gg CO₂ en el 2015.

4.9 Emisión total

Durante el 2015 las emisiones de gases de efecto invernadero y absorción de CO₂ producidos en el sector AFOLU se presentan en el cuadro 4.16.

Cuadro 4.16. Absorción de carbono y emisión de gases con efecto invernadero en el sector AFOLU durante el 2015

Actividad	Gas emitido Gg		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Fermentación entérica	NA	79,69	NA
Manejo de estiércol	NA	1,99	0,516
Tierras forestales	-6.112,93	NA	NA
Tierras de cultivo	1.276,28	NA	NA
Pastizales	2.363,08	NA	NA
Humedales	NA	2,19	NA
Asentamientos humanos	NE	NA	NA
Otras tierras	NO	NA	NA
Productos de madera recolectada	-422,39	NA	NA
Quema de biomasa en bosque	NA	3,0	0,088
Quema de pasturas	NA	0,004	0,062
Quema de residuos agrícolas	NA	0,142	0,002
Suelos agrícolas	73,13	NA	2,30
Cultivo de arroz	NA	12,10	NA
Total	-2.822,83	99,12	2,97

5.

Manejo de residuos

En esta sección se estimaron las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico, debidas a las categorías que se muestran en el cuadro 5.1.

El volumen 5 de las *Directrices del IPCC de 2006* para los inventarios de gases de efecto invernadero, corresponde al sector de residuos, documento que fue tomado como base para la elaboración del inventario que se presenta. Las estimaciones metodológicas propuestas requieren de información local que es complementada con índices establecidos por defecto por el IPCC. Los actores y gestores relacionados con la generación de residuos sólidos y aguas residuales son diversos, por lo que la recolección de la información país está sujeta a la respuesta de los operadores de servicios y ministerios relacionados, pues no existe un sistema centralizado de información en residuos que permita actualizar en forma permanente los datos.

5.1 Eliminación de residuos sólidos

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 CH₄ provenientes de los sitios de eliminación de residuos sólidos (SEDS) se

Cuadro 5.1. Categorías estimadas en el sector manejo de residuos

Categorías de fuentes de gases de efecto invernadero	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
4.A. Eliminación de residuos sólidos			
4.A.1. Sitios gestionados de eliminación de desechos		X	
4.A.2. Sitios no gestionados de eliminación de desechos		X	
4.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de desechos		X	
4.B. Tratamiento biológico de los residuos sólidos			
4.C. Incineración e incineración abierta de			
4.C.1. Incineración de residuos	X		
4.C.2. Incineración abierta de residuos	X	X	X
4.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales			
4.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		X	X
4.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		X	

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, dados los esfuerzos que en Costa Rica se han realizado para caracterizar la composición de los residuos sólidos. La información se recopiló a través de 3 fuentes principales: municipalidades, entes rectores (Ministerio de Salud) y administradores y operadores de sitios de disposición final de residuos sólidos.

La cantidad de residuos considerada en el año 2015 se muestra en el cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Residuos que han ingresado en los sitios de disposición de residuos en el año 2015

Año	Total (t/año)
2015	1.220.326

Es importante señalar que la cantidad de residuos señalado en el cuadro 5.1, corresponde tanto a residuos domiciliarios como a los residuos comerciales e industriales que ingresan a los sitios de disposición de residuos sólidos en el país.

En lo referente a la segregación de residuos; en el cuadro 5.3 se muestra la segregación de los residuos ordinarios obtenida en estudios de 14 municipalidades.

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 2006 de IPCC* pues no existe en el país información específica para cada uno de los tipos de residuos.

Para la fracción de metano en el gas de vertedero generado (F) se utilizó el valor de 50%

Cuadro 5.3. Segregación de residuos sólidos municipales

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

de metano y como factor de oxidación se utilizó el valor de 0.

Al realizar la simulación en el modelo, se obtuvo que las emisiones de metano generadas para el año 2015 corresponden a 69 Gg, de los cuales se logra recuperar un total de 15 Gg, de acuerdo a los operadores de los sitios. Por lo tanto, la emisión de metano en sitios de disposición final, para el año 2015, es de 54 Gg.

5.2 Tratamiento biológico de los residuos sólidos

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 en el año del inventario 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	0,001508
N ₂ O	0,0001

Cuadro 5.5. Emisiones de gases por incineración abierta de residuos

Gas	Emisión (Gg)
CO ₂	111,61
CH ₄	0,976
N ₂ O	0,01498

5.3 Incineración e incineración abierta de residuos

El Ministerio de Salud no cuenta con un listado de incineradores industriales en el país, sólo posee de forma no oficial un listado de 3 incineradores en funcionamiento. No obstante, la información de estos incineradores no se encuentra disponible.

5.3.1 Incineración abierta de residuos

Esta práctica no es permitida en los sitios de disposición final, sin embargo, aún se realiza a nivel domiciliario, especialmente en zonas rurales. De acuerdo a las estadísticas nacionales, el 10,26% de los residuos domiciliarios generados son quemados, lo que corresponde a 150.200 ton/año.

Los valores de porcentaje de masa seca, porcentaje de carbono orgánico disuelto, el contenido total del carbono y la fracción de carbono fósil se tomaron de cuadro 2.4 del volumen 5 de las *Directrices del IPCC de 2006*. El factor de oxidación utilizado es 58% por defecto.

En el cuadro 5.5 se presentan las emisiones de este rubro.

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 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

La metodología de IPCC describe un solo método para el cálculo de las emisiones de metano procedentes del tratamiento de las aguas residuales domésticas. Se establece que las emisiones están en función del volumen de 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 aplica el “método de examen” para la determinación de las emisiones de metano debidas a las aguas residuales domésticas.

La cobertura de saneamiento en Costa Rica es alta, y consiste principalmente del tanque séptico como solución individual, tal y como se

observa en el cuadro 5.6. Las plantas de tratamiento centralizadas se encuentran en segundo lugar, y el alcantarillado sanitario sin planta de tratamiento en tercer lugar.

Con base en la población y los parámetros determinados por defecto en la *Directrices del IPCC de 2006* para el componente orgánico degradable, Bo y MCF para cada uno de los tipos de sistemas de tratamiento, obteniendo 34,43 Gg CH₄ proveniente de aguas residuales domésticas.

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

El IPCC establece como factor de proteínas no consumidas 1,1, y un factor de proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en el sistema de alcantarillado 1,25.

Con estos datos se determinó que la emisión de N₂O fue 0,1890 Gg N₂O en el 2015.

Cuadro 5.6. Disposición de las aguas residuales domésticas en Costa Rica. Año 2015.

Tipo	Porcentaje (%)
Tanque séptico	70
Sistema centralizado con planta de tratamiento (privada ú operada por AyA)	14,4
Alcantarillado sin planta de tratamiento (descarga en río)	13,4
Letrina	1,6

Fuente: Política Nacional de Saneamiento en aguas residuales (2015). (AyA, MINAE, Ministerio de Salud, 2016)

5.4.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

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.

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

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

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, pues para ellos se estima que la generación de aguas residuales se realiza por 4 meses al año, durante 24 horas.

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, pues este lo producen algunos ingenios azucareros.

Además, en el país no se producen hules, ni químicos orgánicos, en la mayoría de las industrias de producción de tela, emplean sistemas aeróbicos en el tratamiento de sus aguas residuales.

El aporte total del sector de granjas porcinas y ganado intensivo, se encuentra contemplado en el aporte del sector agrícola a los gases de efecto de invernadero, por lo que no se consideran en este apartado.

Se consideró un valor de Bo de 0,25 kg CH₄ / kg DQO y un factor de corrección del metano (MFC) establecido por defecto para Latinoamérica por el IPCC de un 90%. Por último, la fracción de agua residual tratada se estima en un 20% para Latinoamérica (cuadro 6.8, volumen 5, *Directrices del IPCC de 2006*).

La cantidad de metano generada por las aguas residuales industriales corresponde a 1,589 Gg de CH₄ en el 2015.

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 5.7 se presentan las emisiones totales del sector Residuos.

Cuadro 5.7. Emisiones totales del sector residuos en el año 2015

Actividad	Gas emitido (Gg)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Sitios de disposición de residuos sólidos	NO	54	NO
Tratamiento biológico de los residuos sólidos	NO	0,001508	0,0001
Incineración e incineración abierta de residuos sólidos	111,61	0,976	0,01498
Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	NO	34,43	0,1890
Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	NO	1,589	NO
Total	111,61	91	0,20

6.

Resultados totales

6.1 Emisiones totales por gas

En el cuadro 6.1 se presentan las emisiones totales nacionales de gases de efecto invernadero para el año 2015. Adicionalmente se presentan las emisiones de los otros gases (CO, NO_x, NMVOC, SO₂) y de carbono negro que se presentan en algunos sectores, para la obtención de las mismas tal y como se menciona al inicio de este capítulo se utilizó la información para declarar los precursores sugerida en las *Directrices del IPCC de 2006*.

En el anexo A se incluyen los resultados detallados del INGEI 2015 en el formato de reporte de acuerdo a las *Directrices del IPCC de 2006*.

6.2 Emisión total expresada en CO₂ equivalente

Con el fin de determinar las emisiones relativas de los gases, se expresa la emisión de los gases con efecto invernadero en términos de CO₂ equivalente. Los resultados se determinaron para un horizonte de 100 años utilizando el potencial de calentamiento global del Segundo Informe de Evaluación (SAR) del IPCC.

Los valores para cada sector se muestran en el cuadro 6.2.

Cuadro 6.1. Emisión total de gases de efecto invernadero año 2015

Sector	Emisión total (Gg)									
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC*	SF ₆	CO	NO _x	NMVOC	SO ₂	C Negro
Energía	7.080,64	3,97	0,43			377,85	59,40	73,9	4,09	1,72
Procesos industriales y uso de productos	713,82	NO	NO	0,358	0,000081	NO	NO	32,65	0,522	NO
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	-2.822,76	99,12	2,97	NO	NO	109,09	3,10	NO	NO	0,669
Residuos	111,61	91,00	0,20	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,048
Total por gas	5.083,31	194,09	3,60	0,358	0,000081	486,94	62,5	106,55	4,61	2,44

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

Cuadro 6.2. Emisión de gases con efecto invernadero como CO₂ equivalente para el 2015

Fuente de emisión	Emisiones expresadas en CO ₂ equivalente Gg
Energía	7.297,36
Procesos industriales y uso de productos	1.320,30
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	179,41
Residuos	2.084,61
Total	10.881,68

6.3 Incertidumbre

En el caso del Inventario 2015, las incertidumbres están asociadas tanto a los factores de emisión elegidos para cada fuente así 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 2015

	Porcentaje de incertidumbre del inventario total	Porcentaje de incertidumbre de la tendencia
Incluyendo sector forestal	27,43	29,20
Excluyendo sector forestal	6,44	6,30

6.4 Indicadores asociados

A continuación se presentan algunos indicadores asociados a las emisiones de gases de efecto invernadero, con el fin de realizar consideraciones en el contexto nacional e internacional.

Cuadro 6.4. Indicadores relacionados a las emisiones GEI

Indicador	2015
Toneladas de CO ₂ equivalente por habitante	2,25
Toneladas de CO ₂ equivalente por km ²	213
Toneladas de CO ₂ equivalente por millón de dólares*	199

* PIB nominal

6.5 Inventarios de emisiones de GEI

En el cuadro 6.5 y figura 6.1 se muestran los resultados del INGEI para los años 2005,

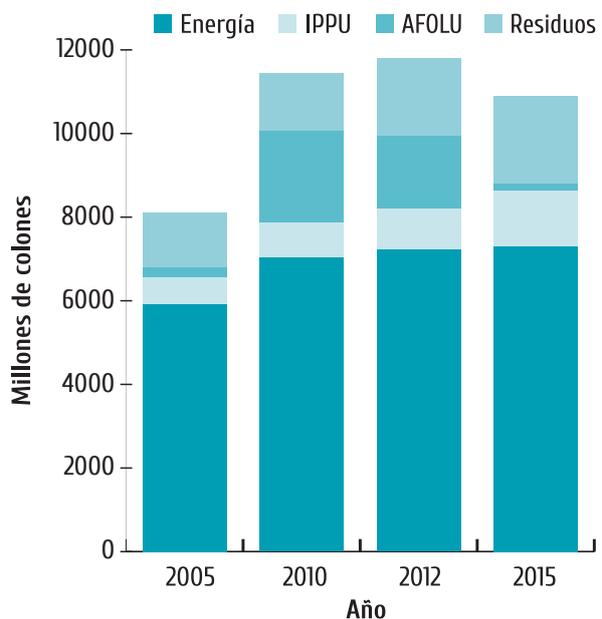


Figura 6.1. Emisiones de gases de efecto invernadero expresadas como CO₂e para los años 2005, 2010, 2012 y 2015

2010, 2012 y 2015, recalculados utilizando las *Directrices del IPCC de 2006*.

La serie completa desde el año 1990 se incluirá en la próxima Comunicación Nacional.

Cuadro 6.5. Emisión de gases con efecto invernadero expresados como CO₂ equivalente para los años 2005, 2010, 2012 y 2015

Fuente de emisión	Emisiones expresadas en CO ₂ equivalente (Gg)			
	Año			
Sector	2005	2010	2012	2015
Energía	5.918,01	7.027,96	7.214,63	7.297,36
Procesos industriales y uso de productos	628,21	836,97	1.000,51	1.320,30
Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra	+247,97	2.197,74	1.727,79	179,41
Residuos	1.320,90	1.378,21	1.864,31	2.084,61
Total	8.115,09	11.440,87	11.807,24	10.881,68

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.
- AyA, MINAE, Ministerio de Salud. (2016). Política Nacional de Saneamiento en Aguas Residuales 2016-2045.
- Barrantes, A., Ugalde, S. (2013). *Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2015*. 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.
- 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., 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., 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, A.R.; Montenegro, J., Sasa, J. (2015). *Inventario Nacional de gases con efecto invernadero y absorción de carbono en Costa Rica en el 2012*. MINAE-IMN. San José, Costa Rica.
- Chacón, P. Leblanc, H., Russo, R. (2007) Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. Publicado en *Tierra Tropical* vol 3 No. 1 pag 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.
- FONAFIFO (2015). Aumentando los acervos de carbono en productos de madera y derivados en Costa Rica. Informe final. San José, Costa Rica.
- Fonseca, W.; Alice, F. y Rey, JM. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Revista Bosque*. 30 (1).
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (1997). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Manual de Referencia*. (Vol.3). Londres, Reino Unido: IPCC.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. (Vol.2). Kanagawa, Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios*

nacionales de gases de efecto invernadero. (Vol.3). Kanagawa, Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (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 (2019). *Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José, Costa Rica.*

Instituto Meteorológico Nacional (2019). *Mapa de cobertura y uso de la tierra de Costa Rica para el año 2015. San José, Costa Rica.*

INEC (2015). VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados generales. San José, Costa Rica.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Clasificación de Actividades Económicas de Costa Rica (CAECR-2011) (VERSIÓN PRELIMINAR) (2011) Estructura y notas explicativas. COSTA RICA Volumen I

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

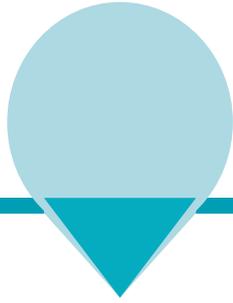
Instituto Nacional de Estadística y Censos (2015). C1. Población total proyectada por sexo, según provincia, cantón y distrito 2000 – 2015

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 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.

- Laboratorio de Gestión de Desechos (2019). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero Aporte del sector Desechos para el período 2014-2016*. Informe de consultoría IMN. San José, Costa Rica.
- Madrigal J., 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>.
- Ministerio de Salud. (2016). Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos. 2016-2021. San José, Costa Rica.
- Mokany, k. Raison, J. Prokushkin, A. (2006) Critical analysis of root : shoot ratios in terrestrial biomes publicado en *Global Change Biology* (2006) 12, 84–96
- Montero, J. (2016). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del sistema eléctrico nacional Año 2015. Instituto Costarricense de Electricidad. San José, Costa Rica.
- Orozco Madrigal, D.R. (2011) Trabajo final de graduación. Dimensionamiento y costeo de un digestor anaerobio para el tratamiento de aguas residuales de una granja porcina.
- PROCOMER (2015). Estadísticas de Comercio Exterior Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Programa Estado de la Nación. (2016) Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 22. San José, Costa Rica.
- Quesada, G. (2000). Tecnología de la palma aceitera. MAG. Costa Rica.
- Ramírez, J.M. (2011). Informe Anual 2011. Resultados sobre calidad de aguas residuales en los sistemas de tratamiento operados y administrados po AyA y estudios especiales. Instituto Costarricense de Acueductos y alcantarillados.

- Refinadora Costarricense de Petróleo (2014). Informe anual de ventas 2015. San José, Costa Rica.
- 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.
- SEPSA (2019). Boletín estadístico agropecuario. No. 27. San José, Costa Rica.
- Secretaría de Planificación del Subsector Energía (2019). *Balance Energético Nacional de Costa Rica 2015*. San José, Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía. SEPSE. Costa Rica.
- 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.
- Ugalde, S, Alice, F. y Rodríguez, R. (2019). *Aporte de los productos de madera recolectada dentro del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Costa Rica*. Informe de consultoría. Oficina Nacional Forestal. San José, Costa Rica
- 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 ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Carbono Negro
	Gg			Equivalente de CO ₂ (Gg)			Gg			ton	
Total de emisiones y absorciones nacionales	5.083,24	194,08	3,59	604,52		1,94	62,50	486,94	106,58	4,61	2.437,38
1 ENERGÍA	7.080,64	3,98	0,42				59,40	377,85	73,93	4,09	1.719,88
1A Actividades de la quema de combustibles	6.993,88	3,98	0,42				59,40	377,85	73,93	4,09	1.719,88
1A1 Industrias de la energía	103,20	0,05	0,01				0,28	0,16	0,01	0,48	7,00
1A2 Industrias manufactureras y de construcción	1.085,96	0,56	0,08				6,35	13,47	5,74	3,46	802,18
1A3 Transporte	5.394,13	1,44	0,31				51,59	342,57	64,68	NE	579,93
1A4 Otros sectores	410,59	1,92	0,03				1,18	21,65	3,49	0,15	330,77
1A5 No especificado	NA	NA	NA				NA	NA	NA	NA	NA
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	86,76	0,00	0,00				NO	NO	NO	NE	NO
1B1 Combustibles sólidos	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
1B2 Petróleo y gas natural	NO	0,00	NO				NO	NO	NO	NO	NO
1B3 Otras emisiones provenientes de la producción de energía	86,76	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
1C Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono	NO						NO	NO	NO	NO	NO
1C1 Transporte de CO ₂	NO						NO	NO	NO	NO	NO
1C2 Inyección y almacenamiento	NO						NO	NO	NO	NO	NO

Cuadro A. Cuadro de resumen (2 de 6)

Categorías	CO ₂ neto	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂
	Gg		Equivalente de CO ₂ (Gg)				Gg			
2 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	713,82	NO		604,52		1,94			32,65	0,522
2A Industria de los minerales	698,02	NO	NO				NO	NO	NO	0,522
2A1 Producción de cemento	675,19	NO					NO	NO	NO	0,522
2A2 Producción de cal	2,47	NO					NO	NO	NO	NO
2A3 Producción de vidrio	16,93	NO					NO	NO	NO	NO
2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos: cerámicas	3,43	NO					NO	NO	NO	NO
2A5 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B Industria química	0,34	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B1 Producción de amoníaco	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B2 Producción de ácido nítrico	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B3 Producción de ácido adípico	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B4 Producción de caprolactama, glyoxal y ácido glyoxílico	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B5 Producción de carburo	0,34	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B6 Producción de dióxido de titanio	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B7 Producción de ceniza de sosa	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B8 Producción petroquímica y de negro de humo	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2B9 Producción fluoroquímica				NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2B10 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Cuadro A. Cuadro de resumen (3 de 6)

Categorías	CO ₂ neto	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂
	Gg		Equivalente de CO ₂ (Gg)				Gg			
2C Industria de los metales	NO, NE	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2C1 Producción de hierro y acero	NE	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2C2 Producción de ferroaleaciones	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2C3 Producción de aluminio	NO	NO			NO		NO	NO	NO	NO
2C4 Producción de magnesio	NO			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2C5 Producción de plomo	NO						NO	NO	NO	NO
2C6 Producción de zinc	NO						NO	NO	NO	NO
2C7 Otros (sírvese especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	15,46	NO	NO				NO	NO	27,31	NO
2D1 Uso de lubricante	13,73						NO	NO	NO	NO
2D2 Uso de la cera de parafina	1,73						NO	NO	NO	NO
2D3 Uso de solvente							NO	NO	NO	NO
2D4 Otros (Usos de asfalto)	NO	NO	NO				NO	NO	27,31	NO
2E Industria electrónica										
2E1 Circuito integrado o semiconductor	NE		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2E2 Pantalla plana tipo TFT				NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2E3 Productos fotovoltaicos				NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2E4 Fluido de transporte y transferencia térmica							NO	NO	NO	NO
2E5 Otros (sírvese 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 ₂ O	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				604,52	0		NO	NO	NO	NO
2F1 Refrigeración y aire acondicionado	NA			603,57	NO		NO	NO	NO	NO
2F2 Agentes espumantes	NA			NE	NO		NO	NO	NO	NO
2F3 Productos contra incendios	NA			0,62	NO		NO	NO	NO	NO
2F4 Aerosoles				0,33	NO		NO	NO	NO	NO
2F5 Solventes				NE	NO		NO	NO	NO	NO
2F6 Otras aplicaciones				NE	NO		NO	NO	NO	NO
2G Manufactura y utilización de otros productos						1,94	NO	NO	NO	NO
2G1 Equipos eléctricos					NO	1,94	NO	NO	NO	NO
2G2 SF ₆ y PFC del uso de otros productos					NO	NO	NO	NO	NO	NO
2G3 N ₂ O del uso de productos			NE				NO	NO	NO	NO
2G4 Otros (sírvase especificar)	NO	NO		NO			NO	NO	NO	NO
2H Otros (sírvase especificar)	NA	NA	NA				NO	NO	5,34	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	5,34	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 ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Carbono Negro
	Gg			Equivalente de CO ₂ (Gg)			Gg			ton	
3 AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	-2822,83	99,1023	2,97				3,1	109,09			669,07
3A Ganado		81,67	0,52								
3A1 Fermentación entérica							NO	NO	NO	NO	NO
3A2 Gestión del estiércol		2	0,52				NO	NO	NO	NO	NO
3B Tierra	-2473,57	2,19	0				NO	NO	NO	NO	NO
3B1 Tierras forestales	-6112,93	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
3B2 Tierras de cultivo	1276,28	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
3B3 Pastizales	2363,08	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
3B4 Humedales	NO	2,19	NO				NO	NO	NO	NO	NO
3B5 Asentamientos	NE	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
3B6 Otras tierras	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra	73,13	15,2423	2,45				3,1	109,09	NE	NO	669,07
3C1 Quemado de biomasa	IE	3,1423	0,15				3,1	109,09	NE	NO	669,07
3C2 Encalado	73,13						NO	NO	NO	NO	NO
3C3 Aplicación de urea	IE						NO	NO	NO	NO	NO
3C4 Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados			2,3				NO	NO	NO	NO	NO
3C5 Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados			IE				NO	NO	NO	NO	NO
3C6 Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol			IE				NO	NO	NO	NO	NO
3C7 Cultivo del arroz		12,1	NO				NO	NO	NO	NO	NO
3C8 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3D Otros	-422,39										
3D1 Productos de madera recolectada	-422,39						NO	NO	NO	NO	NO
3D2 Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO

Cuadro A. Cuadro de resumen (6 de 6)

Categorías	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Carbono Negro
	neto										
	Gg			Equivalente de CO ₂ (Gg)			Gg			ton	
4 RESIDUOS	111,61	91,00	0,20								48,43
4A Eliminación de residuos sólidos	NO	54					NO	NO	NO	NO	
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos		0,0015	0,0001				NO	NO	NO	NO	
4C Incineración e incineración abierta de residuos	111,61	0,976	0,015				NO	NO	NO	NO	48,43
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	NA	36,02	0,189				NO	NO	NO	NO	
4E Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO	
5 Otros											
5A Emisiones indirectas de N ₂ O de la deposición atmosférica de nitrógeno en NO _x y NH ₃			IE				NO	NO	NO	NO	NO
5B Otros (sírvase especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Elementos recordatorios (5)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Tanques de combustible internacional	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
Aviación internacional (Tanques de combustible internacional)	577,56	0,005	0,017				2,745	0,531	0,053	NE	NE
Transporte marítimo y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	27,01	0,002	0,001				0,0007	0,0001	2,39E-05	NE	NE
Operaciones multilaterales	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO

Cuadro B. Cuadro de resumen

Categorías	CO ₂ neto	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Carbono negro
	Gg	Equivalente de CO ₂ (Gg)					Gg			ton	
Total de emisiones y absorciones nacionales	5.083,24	194,08	3,59	604,52		1,94	62,11	413,31	106,58	4,61	2437,38
1 ENERGÍA	7.080,64	3,98	0,42				59,40	377,85	73,93	4,09	1.719,88
1A Actividades de quema de combustible	6.993,88	3,98	0,42				59,40	377,85	73,93	4,09	1.719,88
1B Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	86,76	NO	NO				NO	NO	NE	NO	NO
1C Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono	NO						NO	NO	NO	NO	NO
2 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	713,82	NO	NO	604,52		1,94	NO	NO	32,65	0,522	NO
2A Industria de los minerales	698,02	NO	NO				NO	NO	NO	0,522	NO
2B Industria química	0,34	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2C Industria de los metales	NO, NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	15,46	NO	NO				NO	NO	27,31	NO	NO
2E Industria electrónica	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2F Usos de productos como sustitutos para las sustancias que agotan la capa de ozono	NO	NO	NO	604,52	NO		NO	NO	NO	NO	NO
2G Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	1,94	NO	NO	NO	NO	NO
2H Otros	NO	NO	NO				NO	NO	5,34	NO	NO
3 AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	-2822,83	99,1023	2,97				2,71	35,46	NE	NO	669,07
3A Ganado		81,67	0,52				NO	NO	NO	NO	NO
3B Tierra	-2473,57	2,19	0				NO	NO	NO	NO	NO
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra	73,13	15,2423	2,45				3,1	109,09	NO	NO	669,07

Categorías	CO ₂ neto	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂	Carbono negro
	Gg	Equivalente de CO ₂ (Gg)				Gg				ton	
3D Otros	-422,39	0	0				NO	NO	NO	NO	NO
4 RESIDUOS	111,61	91,00	0,20				NO	NO	NO	NO	48,43
4A Eliminación de residuos sólidos		54					NO	NO	NO	NO	NO
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos		0,0015	0,0001				NO	NO	NO	NO	NO
4C Incineración e incineración abierta de residuos	111,61	0,976	0,015				NO	NO	NO	NO	48,43
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales		36,02	0,189				NO	NO	NO	NO	NO
4E Otros (sírvase especificar)		NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
5 OTROS		NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
5A Emisiones indirectas de N ₂ O de la deposición atmosférica de nitrógeno en NO _x y NH ₃		NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
5B Otros (sírvase especificar)		NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
Elementos recordatorios (5)		NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
Tanques de combustible internacional		NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO
Aviación internacional (Tanques de combustible internacional)	577,56	0,005	0,017				2,745	0,531	0,053	NE	NE
Transporte marítimo y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	27,01	0,002	0,001				0,001	6,56E-05	2,39E-05	NE	NE
Operaciones multilaterales		NO	NO				NO	NO	NO	NO	NO

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.

CACO₃: Carbonato de calcio.

CaO: Oxido de calcio.

Ca(OH)₂: Hidróxido de calcio.

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

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

CH₄: Metano.

CO₂: Dióxido de carbono.

Combustibles 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.

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno con prueba de cinco días, expresada en miligramos por litro.

DOO: 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.

HI: hectolitro.

HFC: Hidrofluorocarbono.

HNO₃: ácido nítrico.

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

kha: kilohectáreas, miles de hectáreas.

kt, kton: kilotoneladas, miles de toneladas.

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

MI: megalitros, un millón de litros.

NH₃: amoníaco.

NH₄⁺: amonio.

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

N₂O: óxido nitroso.

NO_x: Oxidos de nitrógeno.

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

PCG: Potencial de calentamiento global.

PMR: Productos de madera recolectada.

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

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

SO₂: dióxido de azufre.

Tasas de emisiones de otros gases: Las tasas de los compuestos de carbono son la masa de carbono liberada como CH₄ o CO (en unidades de C) con respecto a la masa total de carbono liberado por combustión (en unidades de C). Las de compuestos de nitrógeno se expresan como las tasas de nitrógeno liberado como N₂O y NO_x en relación con el contenido de nitrógeno del combustible (en unidades de N)

TJ: unidad de energía, significa terajulios.

Ministerio de Ambiente y Energía
Instituto Meteorológico Nacional

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

Tel. +506 2222-5616
Apartado postal: 5583-1000
San José, Costa Rica

